

РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Металлургия»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

к выполнению лабораторных работ по курсу
«Общая металлургия»



Навои - 2011

Методическое пособие к выполнению лабораторных работ по курсу «Общая металлургия», Д.Б. Холикулов, Р.Б.Хамраев, НГГИ, Навои, 2011, 25 с.

Методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата 5520400 «Металлургия».

Составители:

к.т.н. Д.Б. Холикулов,
асс. Р.Б. Хамраев.

Утверждено на заседании Учебно-методического Совета Навоийского государственного горного института.

Рецензент:

Главный металлург ПО «НМЗ»

Доцент кафедры «Металлургия» НГГИ

У.Ж. Рахманов

Э. Абдурахмонов

ВВЕДЕНИЕ

Курс «Общая металлургия» считается одним из необходимых курсов для студентов, обучающихся по направлению 5520400 «Металлургия».

В курсе «Общая металлургия» рассматриваются организация металлургического производства, классификация и характеристика металлургических процессов, сырья и применяемого оборудования, дается представление о продуктах и полупродуктах металлургического производства, технологии черных и цветных металлов, а также основах самых разнообразных процессов переработки и обогащения в металлургии.

Курс «Общая металлургия» базируется на ранее пройденных курсах «Введение в специальность», «Химия», «Физика» и др.

По курсу «Общая металлургия» согласно по учебному плану предусмотрены лабораторные работы в объеме 18 часов. В связи с этим составителями разработано методическое пособие к выполнению лабораторных работ для студентов-металлургов.

Лабораторная работа №1.
Изучение продуктов и полупродуктов металлургического производства.
(2 часа)

Цель работы: научиться различать и давать оценку продуктам и полупродуктам металлургического производства.

Краткое теоретическое описание работы

Производство цветных металлов представляет собой ряд последовательных операций (металлургических процессов), который называется технологической схемой. Технологическая схема может представлять работу всего металлургического комбината, одного цеха или даже одного передела. Основное условие технологической схемы - соблюдение порядка операций, в результате которых получают продукты, отвечающие требованиям ГОСТ или полупродукты, отвечающие СОР и техническим условиям.

Продукты и полупродукты металлургического производства.

Производство меди

Штейн - сплав сульфидов.

Шлак отвальный - сплав оксидов, может быть кислым или основным.

Шлак конвертерный - характеризуется повышенным содержанием меди.

Медь черновая - металл, подлежащий рафинированию.

Медь катодная - готовая продукция.

Производство никеля из окисленных руд.

Агломерат - спеченная, полуплавленная руда.

Штейн - металлизированный сплав сульфидов.

Шлак - отвальный - кислый.

Фанштейн - сульфид никеля.

Шлак конвертерный - характеризуется повышенным содержанием никеля и кобальта.

Закись никеля - продукт переработки фанштейна.

Никель гранулированный - конечный продукт переработки окисленных никелевых руд.

Производство никеля из сульфидных медно-никелевых руд.

Штейн - сплав сульфидов меди и никеля.

Шлак отвальный - кислый.

Фанштейн медно-никелевый - сплав сульфидов меди и никеля.

Шлак конвертерный - характеризуется повышенным содержанием меди и никеля.

Никелевый концентрат ЦРФ - продукт разделения фанштейна.

Медный концентрат ЦРФ - продукт разделения фанштейна.

Никель катодный - готовая продукция.

Производство свинца.

Агломерат - продукт окисления и спекания свинцовых концентратов. Черновой свинец - металл, подлежащий рафинированию.

Полиметаллический штейн - сплав сульфидов меди, свинца, железа. Шлак - сплав оксидов, содержащий оксид цинка.

Производство цинка.

Цинковый огарок - продукт окисления цинковых концентратов.

Цинковый кок - продукт выщелачивания цинковых огарков.

Цинк катодный - готовая продукция.

Производство алюминия.

Красный шлам - продукт выщелачивания бокситов.

Глинозем - сырье для производства алюминия.

Алюминий сырец - готовая продукция электролиза криолито-глиноземных расплавов.

Алюминий рафинированный - готовая продукция.

Производство титана.

Титановые шлаки - продукт переработки ильменитовых концентратов.

Тетрахлорид титана - промпродукт для производства титана.

Титановая губка - продукт основного металлургического производства титана.

Титан рафинированный - металл высокой чистоты.

Производство молибдена.

Молибденовый огарок - продукт окисления молибденовых концентратов. Трехокись молибдена - продукт гидрометаллургической технологии. Молибден порошковый - продукт восстановления трехокиси.

Молибден спеченный - компактный металл.

Молибден плавленный - вид конечной продукции.

Производство золота.

Золотосодержащий огарок - продукт окисления золотосульфидных концентратов.

Цианированный комплекс золота - продукт гидрометаллургической технологии.

Теомочевина золота - продукт регенерации.

Осажденное золото - продукт цементации.

Рафинированное золото – металл высокой чистоты.

Производство серебра.

Серебросодержащий огарок - продукт окисления серебросульфидных концентратов.

Цианированный комплекс серебра - продукт гидрометаллургической технологии.

Теомочевина серебра - продукт регенерации.

Осажденное серебро - продукт цементации.

Рафинированное серебро - металл высокой чистоты.

Необходимые материалы и оборудование

В данной работе используют продукты и полупродукты металлургического производства.

Методика выполнения работы

Студент получает 3-5 образцов продуктов и полупродуктов различного металлургического производства. После тщательного визуального изучения образца делается описание его внешнего вида – агрегатное состояние, цвет, кристаллическая структура и т.п.

Анализ результатов эксперимента

Используя учебную литературу, изучается технологическая схема и тот передел, где получается данный продукт. Оценивается возможный химический и минералогический состав данного продукта.

Указания по составлению отчета

Отчет должен содержать:

- 1 - описание внешнего вида образца.
- 2 - краткую характеристику технологической схемы и передела продукта.
- 3 - химический и минералогический состав продукта.
- 4 - ГОСТ, ОСТ, технические условия для данного продукта.

Контрольные вопросы:

1. Классификация металлургических процессов.
2. Что такое технологическая схема?
3. Какие требования лежат в основе выбора технологической схемы?

4. Что такое штейн?
5. Что такое шлак?
6. Что такое извлечение металла?
7. Какие продукты называются отвальными и почему?
8. Что такое черновой металл?
9. Какие способы рафинирования возможны для данного металла?

Литература.

1. Севрюков Н.Н., Кузьмин Б.Н., Челищев Е.В. Общая металлургия. - М.: Металлургия, 1976.
2. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - М.: Металлургия, 1988.
3. Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. - М.: Металлургия, 1985,
4. Беляев А.И. Металлургия алюминия. - М.: Металлургия, 1962.
5. Зеликман А.Н. Металлургия редких металлов. - М.: Металлургия, 1976.

Лабораторная работа №2

Исследование физических свойств железосодержащих руд и концентратов.

(2 часа)

Цель работы: Приобретение навыков в изучении физических свойств минералов, концентратов и руд.

Краткое теоретическое описание работы

Удельная масса минералов является основной характеристикой, определяющей порядок, их разделения в гравитационном поле.

В обогащательной практике определение удельной массы производят путем взвешивания на аналитических весах отдельных кусков минералов (монокристаллов) в воздухе и в воде с точностью до 0,01-0,02 г или навески порошков минералов с помощью пикнометра или небольшой мерной колбы (10-15 мл).

Зная вес монокристалла в воздухе и в воде, удельный вес монокристалла интересующего нас минерала рассчитывают по формуле:

$$\delta = (\text{вес минерала в воздухе}) / (\text{разница весов в воздухе и в воде}) = q / (q - q_1) \quad (1)$$

Так как отбор монокристаллов минералов в исследуемой пробе руды не всегда представляется возможным, то для определения удельного веса минералов используют порошки крупностью 1-2 мм.

Кусочки исследуемых минералов тщательно отделяются под лупой от сростков с пустой породой или другими полезными минералами.

Таким методом можно определить удельные массы любого материала (руды, концентрата и т.д.).

Необходимые материалы и оборудование

1. Пикнометр – 3 шт.
2. Минералы, материалы - измельченные до крупности зерен 1-2 мм (5 г).
3. Дистиллированная вода - 1 л.
4. Бюретки - 1 и 5 мл.
5. Аналитические весы с разновесами – 1 шт.
6. Сушильная печь – 1 шт.
7. Вакуум-эксихатор – 3 шт.

Методика выполнения работы

Перед опытом пикнометр емкостью 10 мл промывают сначала горячей хромовой смесью, затем последовательно водопроводной и дистиллированной водой, высушивают в сушильном шкафу и взвешивают. После определения веса пикнометра находят вес пикнометра с водой, для чего пикнометр из бюретки заполняют до отметки дистиллированной водой. Далее пикнометр вновь высушивают, высыпают в него навеску минерала около 5-10 г и определяют вес пикнометра с материалом. Затем пикнометр с порошком минерала заливают примерно на две трети дистиллированной водой. Для удаления пузырьков воздуха из порошков пикнометр продолжительное время переворачивают и встряхивают или помещают в вакуум-эксихатор на 2 часа (для точного определения).

Если минерал полностью смочен водой, то выделения пузырьков не наблюдается и в пикнометр можно долить дистиллированной воды до метки. Определив вес пикнометра с водой и минералом, по формуле определяют удельную массу:

$$\delta = (A - B) / [(A + C) - (D + B)], \text{ г/см}^3 \quad (2)$$

где: А - вес пикнометра с материалом, г,

В - вес пикнометра, г.

С - вес пикнометра с водой, г.

Д – вес пикнометра с водой и материалом, г.

Анализ результатов эксперимента

Полученные результаты взвешивания пикнометра (значение А, В, С, Д) подставляют в формулу (2) и вычисляют удельную массу минералов. Результаты опытов сводятся в таблицу 1. Из справочника находят значение удельной массы данного минерала, сравнивают и определяют расхождения в процентах определенного значения удельной массы минерала.

Таблица 1 – Определенные опытом удельные массы минералов

№ опыта	Наименование минерала (материала)	Удельная масса, г/см ³		Разница, %
		определенная опытом	по справочнику	
1.	Галенит Первое измерение			
2.	Второе измерение			
3.	Третье измерение			
Средне-арифметическая величина				

Контрольные вопросы.

- 1.Необходимость определения удельных масс минералов (материалов).
- 2.Необходимые приборы для определения удельной масон минералов.
- 3.Порядок выполнения работы.
4. Единицы измерения величины удельной массы.

Литература.

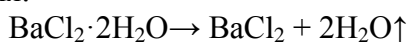
1. Севрюков Н.Н., Кузьмин Б.Н., Челищев Е.В. Общая металлургия. - М.: Металлургия, 1976.
2. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - М.: Металлургия, 1988.
3. Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. - М.: Металлургия, 1985.

Лабораторная работа №3
Гравиметрическое определение количества кристаллизационной воды в продуктах
металлургической промышленности.
(2 часа)

Цель работы: приобретение навыков в гравиметрическом определении количества кристаллизационной воды в металлических солях.

Краткое теоретическое описание работы

Гравиметрический анализ считается одним из старейших и точных методов. Гравиметрический метод основан на определении массы вещества и является основным фактором при измерении степени тяжести. При гравиметрическом анализе определяемое вещество или выгоняется в виде какого-либо летучего соединения, или выделяется в виде какого-либо осадка после растворения. Этот метод один из самых универсальных. Он может быть использован для определения почти любого элемента. Определение кристаллизационной воды в продуктах основан на сушке воды, т.е. на нагреве до постоянной массы взятого образца при определённой температуре. Например, для удаления воды $2\text{H}_2\text{O}$ из соли $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ образец нагревают до температуры $105-125^\circ\text{C}$, при этом протекает следующая реакция:



Разница массы образца до и после сушки показывает вес кристаллизационной воды в составе образца.

Необходимые материалы и оборудование

1. Технические весы.
2. Аналитические весы.
3. Соль барий хлора (BaCl_2).
4. Набор гирек для весов.
5. Эксикатор.
6. Чашки (3 шт).

Методика выполнения работы

Измеряют вес предварительно вымытых и высушенных чашек. После этого в чашку кладут 10 гр BaCl_2 , которая помещается в сушильный шкаф на 60 минут при температуре примерно $105-125^\circ\text{C}$. Затем образец охлаждается до комнатной температуры в эксикаторе. Охлажденный образец взвешивается на весах. Данный процесс повторяется 3 раза и результаты записываются в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментов.

Результат взвешивания	№1	№2	№3
Вес пустой чашки, грамм			
Вес чашки вместе с образцом, грамм			
Вес после сушки, грамм			

Анализ результатов эксперимента

1. Определение числа молей воды в соли:

$H - 100$

$$a - x \quad x = (a/H) \cdot 100\% = A\% \text{H}_2\text{O},$$

где H – масса взятого образца,

a – уменьшение массы образца после сушки.

$$100 - A = B\% \text{BaCl}_2$$

$$\frac{B}{M(\text{BaCl}_2)} \div \frac{A}{M(\text{H}_2\text{O})} \equiv \alpha \div \beta \quad (3)$$

$\alpha : \beta = 1 : (\alpha / \beta) = 1 : 2$ H_2O количество молей

2. Определение погрешности эксперимента: рассчитывают количество воды в образце согласно нижеприведенному теоретическому расчету

$$\begin{array}{ccc} \text{M}(\text{BaCl}_2) & - & 2 \text{M}(\text{H}_2\text{O}) \\ \text{Н} & & \text{х} \end{array} \quad \frac{2M(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{BaCl}_2)} \cdot P \equiv C(\text{H}_2\text{O}) \quad (4)$$

3. Рассчитывают абсолютную погрешность эксперимента согласно нижеприведенному теоретическому расчету:

$$C - a = \Delta, \text{ г}$$

Относительная погрешность определяется согласно нижеприведенному порядку:

$$\frac{C - a}{C} \cdot 100 \equiv E, \% \quad (5)$$

Контрольные вопросы.

1. Какова цель работы?
2. Каков порядок выполнения работы?
3. Методика определения влажности продукта.
4. Для чего определяется влажность продукта?

Литература.

1. Севрюков Н.Н., Кузьмин Б.Н., Челищев Е.В. Общая металлургия. - М.: Металлургия, 1976.
2. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - М.: Металлургия, 1988.
3. Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. - М.: Металлургия, 1985.

Лабораторная работа №4
Определение влажности в концентратах и рудах с помощью гравиметрического метода.
(4 часа)

Цель работы: Приобретение навыков в определении влажности в необходимых для работы металлургических предприятий полупродуктов, концентратах и рудах.

Краткое теоретическое описание работы

Гравиметрический анализ считается одним из старейших и точных методов. Гравиметрический метод основан на определении массы вещества и является основным фактором при измерении степени тяжести. При гравиметрическом анализе определяемое вещество или выгоняется в виде какого-либо летучего соединения, или выделяется в виде какого-либо осадка после растворения. Этот метод один из самых универсальных. Он может быть использован для определения почти любого элемента.

Необходимые материалы и оборудование

1. Сушильная печь.
2. Весы.
3. Набор гирек для весов.
4. Щипцы.
5. Эксикатор.
6. Тигель или чашка.

Методика выполнения работы

Отбирают определённое количество (от 50 до 100 грамм) проверяемой руды или концентрата и измельчают до размера 0,5 – 1 мм. Измельчаемый продукт помещают в ступу. После измельчения от продукта отбирается образец массой 1-5 грамм с помощью весов с точностью до 0,0005. Взятый образец помещается в специальные чашки (бюксы) и снова взвешиваются. Используемый в лабораторной работе бюкс должен быть хорошо вымыт, высушен и взвешен для определения собственной массы. Бюкс с открытой крышкой помещается в сушильную печь. Температура в сушильной печи должна находиться в диапазоне 105-125°C. Процесс сушки должен поэтапно пройти в течении 0,5-1 часа. Исушаемый продукт сушится до постоянной массы. Результаты эксперимента записываются в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты экспериментов.

Результат взвешивания	№1	№2	№3
Вес пустой чашки, грамм			
Вес чашки вместе с образцом, грамм			
Вес после сушки, грамм			

Анализ результатов эксперимента

Влажность в изучаемом первичном продукте определяется в виде процентов и рассчитывается с помощью нижеприведенной формулы:

$$W = \left(\frac{a-b}{a} \right) \cdot 100\%, \quad (6)$$

где W – содержание влаги в изучаемом продукте, %;
a – первоначальная масса продукта, г;
b – количество постоянной массы, г.

Как и в других опытах, в данном опыте образец для сушки берется в количестве, превышающем в 2 и больше раз.

Контрольные вопросы.

- 1.Какова цель работы?
- 2.Каков порядок выполнения работы?
- 3.Методика определения влажности продукта.
4. Для чего определяется влажность продукта?

Литература.

1. Севрюков Н.Н., Кузьмин Б.Н., Челищев Е.В. Общая металлургия. - М.: Металлургия, 1976.
2. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - М.: Металлургия, 1988.
3. Зайцев В.Я., Маргулис Е.В. Металлургия свинца и цинка. - М.: Металлургия, 1985.

Цель работы: исследование процесса плавки рудного сырья по стадиям, а также изучение форм потерь цветных металлов со шлаками и причин их возникновения.

Краткое теоретическое описание работы

В металлургии меди и никеля плавка является основным пирометаллургическим процессом, состоящим из ряда одновременно или последовательно протекающих стадий. Суммарная скорость процесса, и как следствие производительность металлургического агрегата, определяется в конечном счете скоростью завершения самой медленной стадии.

При плавке рудного сырья обязательными стадиями являются:

- расплавление компонентов перерабатываемой шихты;
- растворение тугоплавких компонентов в первичном расплаве;
- разделение (отстаивание) жидких продуктов плавки.

В процессе первых двух стадий происходит штейно- и шлакообразования. Кроме перечисленных стадий, в зависимости от вида перерабатываемого сырья и характера применяемого типа плавки, имеют место процессы термической диссоциации неустойчивых соединений, окисления сульфидов, восстановления оксидов и т.п.

Скорость процессов шлако- и штейнообразования в первую очередь определяется максимально достижимыми температурами в плавильном агрегате, температурами плавления отдельных компонентов сырья и другими физико-химическими параметрами. Кроме этого, на скорость процессов существенное влияние оказывает крупность частиц шихты и условия тепло- и массообмена в рабочем пространстве печи.

Наиболее легкоплавкими компонентами сульфидного сырья являются сульфиды железа и многих тяжелых цветных металлов и особенно их эвтектики. По этой причине процесс штейнообразования, как правило, идет быстро. Сульфиды, выплавляясь из шихты, взаимодействуют с ней и шлаковым расплавом, растворяют в себе другие сернистые соединения и свободные металлы (Ni, Fe, Au, Ag и др.)

Шлакообразование начинается позднее и идет значительно медленнее, чем штейнообразование, вследствие тугоплавкости отдельных оксидов и оксидных эвтектик.

В условиях реальной плавки, даже при ограниченных температурах в зоне плавления, расплавление наиболее легкоплавких компонентов шихты не лимитирует скорость плавки в целом. Все соединения, имеющие температуру плавления ниже максимальной температуры в плавильном пространстве, безусловно, перейдут в жидкое состояние.

Процесс растворения тугоплавких компонентов шихты в первичном шлаковом расплаве идет значительно медленнее, так как скорость растворения определяется законами диффузии. Ускорению процесса растворения будут способствовать выравнивание концентрации вблизи поверхности раздела твердое - жидкое и увеличение поверхности взаимодействия. При плавке это может быть достигнуто переработкой мелких шихтовых материалов и организацией интенсивного массообмена в расплаве (например, перемешиванием).

Как показывает практика работы металлургических предприятий, при соблюдении технологических режимов плавки (необходимой температуры, качества подготовки шихты, режима загрузки и т.д.) процессы шлакообразования успевают полностью завершиться и не лимитируют конечную производительность плавильных агрегатов.

Металлосодержащие продукты плавки (штейны, черновые металлы) по плотности минимум на 1-2 единицы тяжелее шлака, т.е. во всех случаях они располагаются в нижней части ванны. Полнота разделения жидких продуктов плавки будет определяться скоростью оседания мельчайших капель штейна или чернового металла в шлаке.

Скорость оседания штейновых частиц в шлаковом расплаве рассчитывают по формуле Стокса с поправкой Адамара и Рябчинского:

$$V_s = \frac{2(\rho_{шт} - \rho_{шл}) \cdot r^2}{9 \cdot \eta_{шл}} \cdot g \cdot \frac{3 \cdot (v_{шт} + v_{шл})}{(3v_{шт} - 2v_{шл})}, \quad (7)$$

где r - радиус штейновых включений, см;

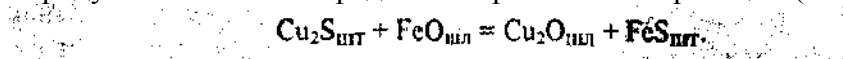
$\rho_{шт}$, $\rho_{шл}$ - плотности штейна и шлака, г/см³;
 $\nu_{шт}$, $\nu_{шл}$ - вязкости штейна и шлака, П;
 g - ускорение силы тяжести, см/с².

Ускорению и полноте отстаивания взвешенных в шлаке частиц способствует также высокое межфазное натяжение на границе их раздела, понижающее их взаимную смачиваемость, и интенсивный массообмен. Чем спокойнее будет среда, тем медленнее идет выделение взвешенных частиц. Интенсификация массообмена перемешиванием приводит к ускорению процесса отстаивания за счет укрупнения (коалесценции) мелких частиц в результате их слипания при столкновении. Наибольший эффект достигается при принудительном перемешивании расплава газовыми пузырями.

Большая длительность завершения процесса разделения жидких продуктов плавки по сравнению с процессами плавления и шлакообразования подтверждается практикой и экспериментальными исследованиями. По этой причине именно скорость отстаивания жидких продуктов определяет скорость плавки в целом, а также величину потерь металлов со шлаками.

Потери металлов со шлаками подразделяют на два вида: электрохимические (растворенные) и механические.

Электрохимические потери обусловлены частичным растворением сульфидов металлов в шлаковом расплаве и переходом в шлак оксидов металлов. Величина этих потерь зависит от составов жидких продуктов плавки и определяется равновесием реакции (например для меди):



Оксидные потери меди со шлаком равны:

$$[Cu_2O_{шл}] = k_c \cdot [Cu_2S_{шт}] \cdot [FeO_{шл}] / [FeS_{шт}].$$

Механические потери металлов со шлаками в виде сульфидных включений связаны с неполным отстаиванием частиц штейна. На величину и форму потерь металлов со шлаками помимо чисто технологических факторов (температуры, качества подготовки шихты и т.п.) существенное влияние оказывают физико-химические свойства расплавов (главным образом шлака), зависящие от их состава.

К числу важнейших свойств, определяющих полноту разделения продуктов плавки и величину потерь металлов со шлаками, относятся: вязкость жидких шлаков, разность плотностей контактирующих фаз, их поверхностные свойства и растворимость металлосодержащего продукта в шлаке.

Для ускорения процесса разделения жидких продуктов плавки необходимо работать при максимально возможных температурах, правильно выбирать составы продуктов плавки с целью придания им оптимальных физико-химических свойств, обеспечивать интенсивный массообмен в присутствии извлекающей фазы.

Необходимые материалы и оборудование

Установка для изучения кинетики раствора, электрическая плитка, набор водорастворимых органических или неорганических солей, секундомер, заводские шлифы шлаков, минералогический микроскоп, дистиллированная вода.

Методика выполнения работы

Работа состоит из трех частей, выполняемых последовательно. При проведении работы несколькими студентами, каждый из них получает один из факторов (по заданию преподавателя).

Изучение кинетики растворения

В лабораторных условиях изучение кинетики растворения твердых веществ в расплавах связано с определенными трудностями (создание высоких температур, большая продолжительность анализов и т.п.). Вместе с тем кинетические закономерности растворения твердых веществ в расплавах и в водной среде качественно остаются одинаковыми. Поэтому данная лабораторная работа проводится на холодной водной модели.

Исходными веществами для растворения служат водорастворимые органические или неорганические соли, дающие при растворении окрашенные растворы. Растворителем служит вода.

Образец в виде таблетки запрессовывают в специальную оправу, что обеспечивает его контакт с растворителем только открытой поверхностью определенной величины (площади).

Опыты проводятся в специальном стакане вместимостью 250 мл, в который заливают 200 мл воды. Эскиз лабораторной установки приведен на рисунке.

При изучении зависимости скорости растворения от заданного фактора (температуры, времени, интенсивности перемешивания и т.п.) в раствор на определенную глубину помещают оправу с образцом и выдерживают его в растворе в течение 5...10 мин. Момент загрузки образца и окончания опыта фиксируют секундомером. После удаления из раствора образца отбирают пробу объемом 5 мл. В опытах без перемешивания отбор пробы проводят после того, как раствор перемешают стеклянной палочкой для выравнивания состава по всему объему жидкости.

При изучении температурной зависимости скорости растворения стакан с раствором помещают на электрическую плитку и нагревают до заданной температуры ($\pm 5^\circ\text{C}$). Истинную температуру измеряют термометром.

При изучении влияние перемешивания на кинетику растворения в раствор погружают стеклянную трубку, через которую подают барботажный газ. Расход газа регулируют по реометру. Перемешивание можно осуществлять механически при помощи магнитной мешалки. В этом случае интенсивность перемешивания регулируется скоростью вращения магнита. Растворяемый образец и в том и в другом случае помещают в стакан только после того, как будет установлено (отрегулировано) равномерное заданное перемешивание.

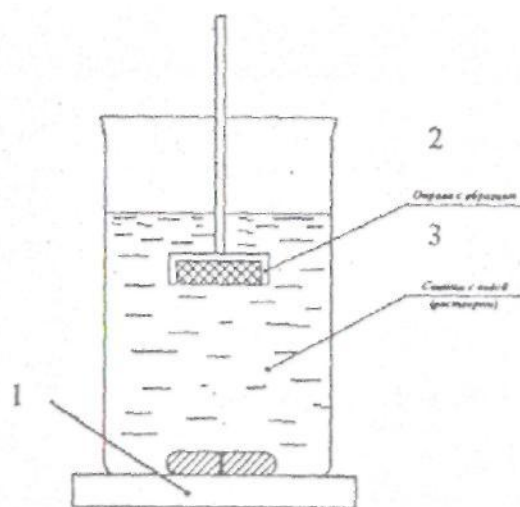


Рисунок 1 – Установка для изучения кинетики растворения: 1 - электрическая плитка; 2 - оправа с образцом; 3 - стакан с водой

После проведения 3...4 опытов отобранные пробы анализируют на содержание вещества (либо с помощью фотокалориметра, либо-полуавтоматического лабораторного титрометра).

Скорость растворения рассчитывают по формуле:

$$W = (C_{\text{пр}} - C_{\text{исх}}) \cdot (V_{\text{исх}} - V_{\text{пр}}) / (S \cdot \tau), \quad (8)$$

где $C_{\text{исх}}$, $C_{\text{пр}}$ - концентрации вещества в исходном растворе и отобранной пробе, мг/мл;

$V_{\text{исх}}$, $V_{\text{пр}}$ - объемы раствора перед началом опыта и проб предыдущих опытов, мл; S - реакционная поверхность образца, см^2 ; τ - время опыта, с.

Результаты экспериментов заносят в табл.4. По полученным данным строят графики.

Таблица 4 – Изучение кинетики растворения.

№ опыта	Время рас- творения, с	Условия переме- шивания	Темпера- тура рас- твора, °С	Концен- трация вещества, мг/л	Скорость расворе- ния, мг/с · см

Изучение скорости отстаивания

Данная серия опытов также проводится на холодных моделях.

Перед началом работы студент получает у учебного мастера 2... 4 стеклянных цилиндра, заполненных жидкостями с различной вязкостью. На стенках цилиндра через определенные промежутки нанесены риски. Кроме цилиндров студент получает шарики, отличающиеся друг от друга размером и плотностью (материал шариков может быть различен: стекло, эбонит, металлы и сплавы).

Измерив размеры и массу шариков, определяют плотность материала, из которого они изготовлены. Затем поочередно опускают их в каждый цилиндр. Шарик падает вниз со скоростью, которая зависит от параметров среды и самого шарика. С помощью секундомера фиксируют время прохождения шариком расстояния между верхней и нижней рисками. По результатам опытов определяют действительную скорость оседания шарика.

Зная размеры и плотности шариков, а также измерив плотности жидкостей, рассчитывают вязкости по формуле Стокса. Все результаты заносятся в табл. 5.

Таблица 5 – Оседание твердых частиц в жидкой среде

№ опыта	Радиус шарика, см	Плотность материала шарика, г/см ³	Плотность жидкости г/см ³	Рассто- яние меж- ду риска- ми, см	Время падения, с	Скорость падения, см/с	Вязкость жидкости, П

Изучение штейновых включений в застывших шлаках

Изучают 3, 4 полированных шлифа, изготовленных из застывших заводских шлаков различного состава. Состав образцов выдается преподавателем вместе со шлифами. Исследование шлифов проводится с помощью минералогического микроскопа (МИН-9), увеличение 200.

При рассмотрении шлифов в поле зрения микроскопа можно наблюдать следующие основные фазы:

удлиненные серые кристаллы фаялита ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$), имеющие часто скелетную форму;

более темные, обычно однородные, включения стекла (кварцевая фаза), заполняющие промежутки между кристаллами фаялита;

светлые граненые кристаллы магнетита, чаще всего расположенные внутри или около кристаллов фаялита;

светлые включения округлой формы (корольки) сульфидной фазы, расположенные по всему объему шлифа. Наиболее крупные из них часто деформированы и ассоциированы с кристаллами магнетита и фаялита. Они представляют собой штейновые включения, присутствующие и в жидком шлаке.

Помимо этого, особенно в железистых шлаках, встречаются многочисленные очень мелкие круглые сульфидные корольки правильной формы. В основном эти корольки вторичного происхождения и образовались при кристаллизации шлака. В расплавленных шлаках эти сульфиды находились в растворенном состоянии и выпали из раствора при охлаждении вследствие уменьшения растворимости. С увеличением в шлаках содержания оксидов железа (уменьшением кислотности) количество сульфидных включений вторичного происхождения возрастает.

Результаты изучения шлифов шлаков различного состава сравнивают и анализируют. Особое внимание следует обратить на количественное соотношение сульфидных включений различной крупности в изученных образцах.

В отчете по данному разделу работы необходимо дать общую характеристику шлифов с указанием относительного соотношения между обнаруженными фазами и объяснить установленные закономерности различием основных физико-химических свойств шлаковых расплавов (поверхностных свойств, вязкости и растворимости сульфидов).

Анализ результатов эксперимента

На основании проведенных опытов:

- a) рассчитать скорости растворения образцов;
- b) построить графики зависимости скорости растворения от различных факторов;
- c) рассчитать вязкости сред;
- d) построить график зависимости скорости отстаивания от вязкости.

Указания по составлению отчета

Отчет должен содержать:

1. цель работы;
2. краткую характеристику основных физических стадий плавки;
3. описание форм потерь металлов со шлаками и влияние различных факторов на их величину;
4. описание методик проведения экспериментов с эскизами лабораторного оборудования;
5. описание изученных под микроскопом образцов;
6. результаты (таблицы, графики);
7. выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется металлургической плавкой?
2. Какие элементарные стадии включает рудная плавка?
3. Чем определяется конечная производительность процессов плавки?
4. От чего зависит скорость растворения тугоплавких компонентов?
5. От чего зависит скорость отстаивания жидких продуктов плавки?
6. Как можно интенсифицировать процесс отстаивания?
7. В какой форме извлекаемый металл теряется в шлаках?
8. От чего зависит величина потерь металлов в шлаках?
9. Как влияет вязкость шлаков и межфазное натяжение на механические потери?

Литература

1. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - Челябинск:Металлургия, 1988. - 432 с.
2. Ванюков А.В., Зайцев В.Я. Теория пирометаллургических процессов. -М.:Металлургия, 1993. - 384 с.

Лабораторная работа №6.
Получение медного штейна из медных концентратов методом плавки.
(4 часа)

Цель работы: провести плавку на штейн и проанализировать полученные результаты.

Краткое теоретическое описание работы

Одним из способов переработки сульфидных медных концентратов является плавка в отражательных печах на штейн. Плавка может проводиться с предварительным обжигом и без него, что определяется, главным образом, экономическими соображениями.

Обжиг концентрата, который проводится для удаления части серы, связанной главным образом с железом, дает возможность регулировать степень десульфуризации при плавке. Обжиг целесообразно проводить при переработке высокосернистых концентратов с низким содержанием меди или повышенным содержанием цинка, мышьяка и сурьмы.

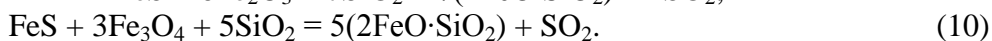
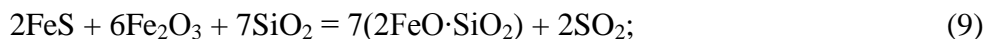
Назначение плавки - перевод меди в штейн и отделение компонентов пустой породы и части железа в шлак. Медный штейн представляет сложный расплав, состоящий в основном из сульфидов меди и железа, других металлов (в небольшом количестве), магнетита и шлаковых включений. Шлаки медной плавки являются сплавами силикатов оксидов железа (FeO) и кальция и некоторых других оснований, а также небольшим содержанием магнетита и сульфидов. Эти два главных продукта плавки имеют различный удельный вес и практически взаимно нерастворимы друг в друге. Они образуют в печи два жидких слоя, благодаря чему шлак отделяется от штейна.

В состав шихты отражательной плавки входят: сырой концентрат или огарок, флюсы и конвертерный шлак. В качестве флюсов, необходимых для получения требуемого состава отвальных шлаков, используют кварц и известняк. Конвертерный шлак заливают в печи с целью частичного извлечения из него меди и использования в качестве железосодержащего флюса.

Основными химическими соединениями, присутствующими в шихте медной плавки, являются сульфиды и оксиды, многочисленные физико-химические превращения и взаимодействия которых при нагреве и определяют ход процесса. При температурах около 950-1000°C из шихт выплавляются легкоплавкие сульфиды. Сплавляясь друг с другом, они образуют штейновую фазу, в виде капель пронизывают слой расплава и спускаются в нижнюю часть расплава.

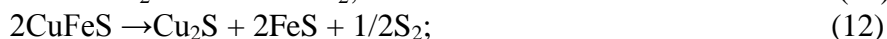
Образование шлака начинается позднее. Сначала плавятся наиболее легкоплавкие оксидные соединения - эвтектики, образуя первичный шлаковый расплав. Этот расплав, взаимодействуя с более тугоплавкими оксидами (SiO₂, CaO, и др.), растворяет их, что ведет к завершению процесса шлакообразования.

Химическое взаимодействие при плавке огарка сводится к реакциям между штейновой и шлаковой фазами, т.е. между сульфидами и оксидами:



Высшие оксиды железа поступают в печь либо с огарком, либо с конверторным пивком. Эти реакции определяют степень десульфуризации при плавке огарка, которая составляет 20-25 %.

Плавка сырого (необожженного) концентрата включает процессы диссоциации высших сульфидов:



а также процессы взаимодействия сульфида и оксида железа, как при плавке огарка. Таким образом, степень десульфуризации при плавке сырого концентрата определяется процессами диссоциации и взаимодействия сульфидов и оксидов, и составляет при этом 40-50 %.

Шлак - отвальный или побочный продукт. Выход шлака и состав его, т.е. его физико-химические свойства (вязкость, плотность, поверхностное натяжение, температура плавления) определяют потери меди со шлаками.

Потери металлов со шлаками подразделяют на два вида: электрохимические и механические.

Электрохимические потери обусловлены ошлакованием оксида меди (Cu_2O) и частичным растворением ее сульфида в шлаковом расплаве. Размер их будет зависеть от состава жидких продуктов плавки и определяется равновесием реакции:



константа равновесия которой

$$K = \frac{[\text{Cu}_2\text{S}] \cdot (\text{FeO})}{(\text{Cu}_2\text{O}) \cdot [\text{FeS}]}, \quad (15)$$

откуда потери меди со шлаком равны:

$$(\text{Cu}_2\text{O}) = \frac{1}{K} \cdot \frac{[\text{Cu}_2\text{S}] \cdot (\text{FeO})}{[\text{FeS}]}. \quad (16)$$

Из последнего выражения видно, что содержание меди в шлаке возрастает с увеличением ее содержания в штейнах и с увеличением FeO в шлаке. С учетом этого стараются не получать штейны, содержащие более 30 % меди. Получение же очень бедных штейнов экономически невыгодно в связи с высокой стоимостью их дальнейшей переработки методом конвертирования.

Механические потери меди в шлаках в виде взвеси сульфидных включений связаны с неполным отстаиванием мельчайших частиц штейна. Размер потерь зависит от физико-химических свойств штейна и главным образом шлака от продолжительности отстаивания и от состояния расплавленной ванны.

Четкая зависимость потерь меди от физико-химических свойств шлаков определяет требования, предъявляемые к ним:

- 1 - шлак должен иметь достаточно низкую температуру плавления, чтобы при температуре печи переходить в расплавленное состояние и быть достаточно перегретым;
- 2 - шлак должен обладать небольшой вязкостью для лучшего отделения от штейна;
- 3 - плотность шлака должна быть небольшой; для хорошего расслаивания разница плотностей штейна и шлака должна быть больше единицы;
- 4 - шлак должен обладать наименьшей способностью к растворению сульфидов меди;
- 5 - шлак и штейн должны плохо смачивать друг друга;
- 6 - шлак должен быть дешевым, т.е. получаться при минимальном расходе флюсов.

Получение шлаков оптимального состава, удовлетворяющих с учетом экономических факторов требованиям данного металлургического процесса, достигается добавлением в шихту флюсов.

В практике современной отражательной плавки чаще всего получают шлаки с содержанием 36-42 % SiO_2 , 45-50 % FeO, 3-10 % CaO.

Необходимые материалы и оборудование

В лабораторных условиях плавку медного концентрата проводят в электропечи с силитовыми нагревателями. Для работы используют термостойкие графито-шамотные или алундовые тигли. Регулирование температуры производят претензионным регулятором типа ВРТ - 2 (датчиком температуры является термопара типа ПР). Схема установки представлена на рис. 1.

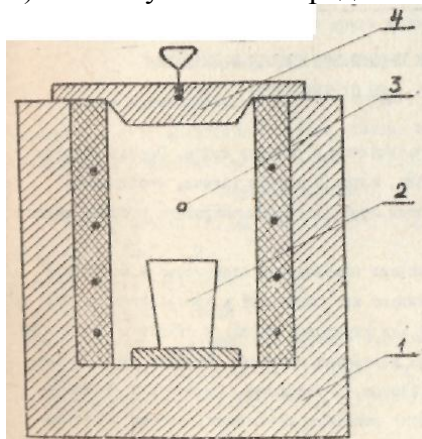


Рисунок 1 - Печь для плавки руд и концентратов: 1 - электропечь; 2 - тигель с шихтой; 3 - ввод термопары; 4 - крышка

Шихта для плавки (в зависимости от задания) состоит из огарка или концентрата (таблица 6), флюсов и конвертерного шлака. Количество флюсов в конвертерном шлаке определяют расчетом.

Таблица 6 - Состав медных концентратов.

Номер концентрата	Cu	Fe	S	SiO ₂	CaO
1	13.5	36.5	29.0	2.7	0.5
2	36.5	7.1	17.0	25.5	2.5
3	15.7	31.6	30.4	0.7	0.2
4	24.7	34.9	22.6	1.7	0.7
5	17.0	25.0	19.5	15.0	1.5
6	11.2	24.0	20.0	19.0	3.5
7	21.3	28.2	25.4	9.4	0.1

Методика выполнения работы и указания по охране труда

Проведение работы начинается с расчета шихты. Состав концентрата, конвертерного шлака, флюса и другие данные, необходимые для расчета шихты, задаются преподавателем. Методика расчета шихты приведена в приложении 1. После расчета взвешивают необходимое количество компонентов шихты, тщательно перемешивают их, загружают в предварительно прокаленный графито-шамотный или алундовый тигель и ставят в разогретой до 1300°C печь (пользуясь железными щипцами). По мере нагрева шихты можно наблюдать за процессом ее плавления. Смотреть в раскаленную печь можно только через защитные синие очки, работа около печи ведется в спецодежде. Вести плавку необходимо в исправном тигле без дефектов и трещин, ставить тигель в печь и вынимать из печи специальными щипцами, соблюдая осторожность, добавлять в расплав дополнительные порции шихты можно только после тщательной сушки и хорошего подогрева. После расплавления всей массы шихты тигель выдерживают в печи еще в течение 10 мин для лучшего расслаивания штейна и шлака. Затем тигель осторожно извлекают из печи и охлаждают. Следует познакомиться с некоторыми свойствами шлака в расплавленном состоянии. По ним можно приблизительно судить о составе шлака. Если шлак кислый, содержит много кремнезема, то он обладает способностью вытягиваться в длинные нити, что объясняется значительной его вязкостью. Основной, сильножелезистый или известковистый, короткий, шлак не обладает способностью вытягиваться в нити. Это можно наблюдать при осторожном прикосновении железным прутом к поверхности расплавленного языка. После охлаждения продукты плавки выбивают из тигля. Штейн и шлак тщательно отделяют друг от друга и взвешивают.

Анализ результатов эксперимента

Вес штейна к шлака сравнивают с расчетным количеством продуктов плавки. Дают оценку выхода штейна и шлака и объясняют расхождение.

Указания по составлению отчета

Отчет по работе должен содержать:

- теоретическую сущность процесса страдательной плавки;
- характеристику шихты и продуктов плавки;
- эскиз отражательной печи;
- методику проведения работы;
- результаты лабораторной работы и качественную оценку полученных продуктов плавки.

Контрольные вопросы

1. Характеристика шихты отражательной плавки.
2. Химизм и механизм отражательной плавки.
3. Отличие плавки сырого концентрата и плавки огарка.
4. Сравнение технико-экономических показателей плавки сырого концентрата и плавки огарка.

Литература.

1. Севрюков Н.П., Кузьмин Е.Д., Челищев Е.В. Общая металлургия, М.: Металлургия, 1976, С.74-78, 67-98.
2. Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - М.: Металлургия, 1988.

НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Металлургия»

ОТЧЕТ

о выполнении лабораторной работы

по курсу: «Общая металлургия»

Выполнил: студент гр.

Навои

2011

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Введение	3
1. Лабораторная работа №1 – Изучение продуктов и полупродуктов металлургического производства.....	4
2 Лабораторная работа №2 – Исследование физических свойств железосодержащих руд и концентратов.....	7
3. Лабораторная работа №3 – Гравиметрическое определение количества кристаллизационной воды в продуктах металлургической промышленности.....	9
4. Лабораторная работа №4 – Определение влажности в концентратах и рудах с помощью гравиметрического метода.....	11
5. Лабораторная работа №5 – Основные физические стадии металлургической плавки и потери металлов со шлаками.....	13
6. Лабораторная работа №6 – Получение медного штейна из медных концентратов методом плавки.....	18
7. Приложение 1.....	21