

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Игнатенко Виталий Иванович

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 23.12.2024 11:40:56

Уникальный программный ключ:

a49ae343af5448d45d7e3e1e499659da8109ba78

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Запорожский государственный университет им. Н. М. Федоровского»  
ЗГУ

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ<sup>1</sup>**  
**по дисциплине**

**«Пирометаллургические процессы»**

**Факультет:** Горно-технологический (ГТФ)

**Направление подготовки:** 22.04.02 «Металлургия»

**Направленность (профиль):** Металлургия цветных металлов

**Уровень образования:** магистратура

**Кафедра** «Металлургии цветных металлов»

наименование кафедры

Разработчик ФОС:

Доцент, к.с-х.н., доцент

(должность, степень, ученое звание)

(подпись)

О.В. Носова

(ФИО)

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № 9 от «20» 05 2024 г.

Заведующий кафедрой

Н.Д. Ванюкова

<sup>1</sup> В данном документе представлены типовые оценочные средства. Полный комплект оценочных средств, включающий все варианты заданий (тестов, контрольных работ и др.), предлагаемых обучающемуся, хранится на кафедре в бумажном и электронном виде.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),  
соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
<b>Универсальные компетенции</b>	
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Определяет приоритеты собственной деятельности, личностного развития и профессионального роста в условиях трудовой деятельности на производстве
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК-2 Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	ОПК-2.1 Знает производственную документацию и на ее основе анализирует технологический процесс

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

<b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>	<b>Формируемая компетенция</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Показатели оценки</b>
Технологии производства цветных металлов на предприятиях ЗФ	УК-6, ОПК-2	Собеседование по вопросам	Раскрытие темы
Электроплавка	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания, практическая работа	Решение теста и практической работы
Автогенная плавка	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания, практическая работа	Решение теста и практической работы
Взвешенная плавка	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания, практическая работа	Решение теста и практической работы
Конвертирование	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания	Решение теста
Обеднение шлаков	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания	Решение теста
Разделение фанштейна	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания	Решение теста

Обжиг	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания	Решение теста
Анодная плавка	УК-6, ОПК-2	Тестовые задания	Решение теста
Экзамен	УК-6, ОПК-2	Итоговое собеседование и тестирование	Раскрытие темы и решение теста

**1 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций**

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в форме «Экзамен»</i>				
	Итоговое собеседование и тестирование	Выполнение в течении обучения по дисциплине и защита после окончания обучения по дисциплине	от 2 до 5	Раскрытие темы и решение теста
	ИТОГО:	-	___ баллов	-
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);  75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

**2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы**

**2.1 Задания для текущего контроля успеваемости**

**Тема «Технологии производства цветных металлов на предприятиях ЗФ»**

**Контрольные вопросы для собеседования**

1. Какой вид обжига концентрата применяется на Никелевом заводе? В чем его сущность? Сырье и продукты обжига.

2. Принцип работы РТП. Для каких целей она используется на Никелевом заводе? Сырье и продукты плавки.
3. Для каких целей используют конвертирование на Никелевом заводе? Какое оборудование используется? Сырье и продукты плавки.
4. Чем отличается процесс обжига концентрата на агломашинах, печах КС и трубчатых печах?
5. Назначение анодной плавки, в каких агрегатах она производится?
6. Какое сырье перерабатывается на медном заводе и на каком оборудовании?
7. Принцип работы ПВ, конструкция, сырье и продукты плавки.
8. Что общего и в чем отличия процесса конвертирования медных и никелевых штейнов (МЗ и НЗ)?
9. Что общего и в чем отличия производства медных и никелевых анодов?
10. Сырье и продукты НМЗ.
11. Привести схему переработки сырья на НМЗ.

### Тема: Электроплавка

#### Тестовые задания

1. По способу преобразования электроэнергии в тепловую руднотермическая электропечь относится:
  - 1) Печи сопротивления
  - 2) Печи смешанного действия
  - 3) Дуговые электропечи
  - 4) Индукционные печи
  
2. Разделение расплава на 2 фазы – сульфидной и оксидной происходит за счет различия в плотности шлака к штейну:
  - 1) 1:1,5
  - 2) 1:0,5
  - 3) 2:1
  - 4) 2:1,5
  
3. Какая реакция не протекает при штейнообразовании в РТП:
  - 1)  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{FeS} = \text{Cu}_2\text{S} + \text{FeO}$
  - 2)  $\text{MeSO}_4 = \text{MeO} + \text{SO}_3$
  - 3)  $3\text{NiO} + 3\text{FeS} = \text{Ni}_3\text{S}_2 + 3\text{FeO} + 1/2 \text{S}_2$
  - 4)  $\text{CoO} + \text{FeS} = \text{CoS} + \text{FeO}$
  
4. Какая реакция не протекает при шлакообразовании в РТП:
  - 1)  $10 \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeS} = 7\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{SO}_2$
  - 2)  $3 \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeS} + \text{SiO}_2 = 5 (\text{FeO})_2 \cdot \text{SiO}_2 + \text{SO}_2$
  - 3)  $2\text{FeO} + \text{SiO}_2 = 2 \text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$
  - 4)  $\text{CuO} \cdot \text{FeO} + (\text{Cu}_2\text{S} + \text{FeS}) = 3\text{Cu} + \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{S}_2$
  
5. В шлаке РТП не содержится:
  - 1)  $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$
  - 2)  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$

- 3) FeS
- 4) Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>

## Тема Автогенные процессы

### Тестовые задания

#### 1. Главная особенность процесса Ванюкова

1. Нагрев шихты и диссоциация высших сульфидов начинается во время ее вертикального движения к поверхности расплава и завершается в барбатируемой области ванны
2. В процессе Ванюкова элементарные стадии процесса плавления (нагрев, диссоциация, окисление и т.д.) совмещены
3. Образующаяся сера частично окисляется кислородом дутья по реакции
4. Образующийся диоксид серы может выступать в качестве окислителя с выделением элементарной серы

#### 2. Реакция $\text{FeS} + 3/2\text{O}_2 = \text{FeO} + \text{SO}_2$ протекает:

1. только в штейновой фазе
2. только в шлаковой фазе
3. и в шлаковой и штейновой фазе
4. в газовой фазе

#### 3. Что происходит с магнетитом в интенсивно барбатируемой ванне?

1. Восстанавливается до FeO
2. Восстанавливается до Fe<sup>2+</sup>. Переходит в силикат (FeO)<sub>2</sub>·SiO<sub>2</sub>
3. Окисляется до Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
4. Остается без изменения

#### 4. При плавке на силикатный шлак образуется расплав, близкий по составу к:

1. ферриту 2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
2. фаялиту 2FeO·SiO<sub>2</sub>
3. силикату кальция 2CaO·SiO<sub>2</sub>
4. силикату никеля Ni<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>

#### 5. Растворимые (химические потери), составляющие более \_\_\_\_\_% от всех потерь, обусловлены окислением и растворением в шлаке цветных металлов

1. 60
2. 70
3. 80
4. 90

## Тема Взвешенная плавка

### Тестовые задания

#### 1. Для получения обожженных частиц с развитой поверхностью не используются:

1. Печи Кипящего слоя
2. Многоподовые печи

3. Агломерационные машины
4. Трубчатые печи

**2. Недостатком обжига концентратов в печи кипящего слоя является:**

1. Низкий к.п.д.
2. Высокий пылевынос
3. Низкая концентрация диоксида серы в отходящих газах
4. образование при обжиге большого количества комков

**3. Температура обжига цинкового концентрата в печи кипящего слоя находится в интервале температур (°C)**

1. 500-600
2. 700-800
3. 900-1000
4. 1100-1200

**4. Почему протекание побочных реакций с образованием сульфата при обжиге цинкового концентрата в печи кипящего слоя нежелательно?**

1. Сульфат цинка мешает протеканию процесса в последующих операциях
2. Приводит к потерям цинка
3. Снижает технико-экономические показатели
4. Снижает температуру обжига

**5. Изменение какого технологического параметра при обжиге цинкового концентрата в печи КС может привести к тому, что в огарке будет присутствовать сульфид цинка?**

1. Увеличение дутья
2. увеличение давления
3. Увеличение загрузки
4. Увеличение температуры

### **Тема Конвертирование**

#### **Тестовые задания**

**1. В первом периоде конвертирования в первую очередь протекают реакции**

1. окисления сульфида железа с образованием магнетита
2. образовывание вюстита
3. взаимодействия сульфида никеля с металлической медью
4. окисления никеля до образования закиси

**2. Высокое отрицательное значение  $\Delta G$  не обеспечивает возможность**

1. обратного перехода цветных металлов в сульфидную форму
2. обменного взаимодействия оксида никеля и сульфида железа
3. обменного взаимодействия оксида кобальта и сульфида железа
4. образование вюстита

- 3. Наиболее подверженным необратимому окислению из сульфидов цветных металлов оказывает**
1. сульфид кобальта
  2. Сульфид железа
  3. Оксид меди
  4. Вюстит
- 4. Показатели первого периода конвертирования по величине убыли  $\Delta G$  реакций окисления сульфидов и с учетом их активности в сульфидной фазе, металлы можно распределить в ряд**
1. Fe – Co -Ni- Cu
  2. Cu – Co -Ni- Fe
  3. Co--Ni- Cu- Fe
  4. Ni-- Co - Cu -Fe
- 5. Увеличению соотношения Cu/Ni в сухом свернутом шлаке способствует:**
1. Повышение температуры до 1350<sup>0</sup>C
  2. Понижение температуры до 1150<sup>0</sup>C
  3. Введение диоксида кремния
  4. Увеличение содержания железа

### **Тема Обеднение шлаков**

#### **Тестовые задания**

- 1. Основное назначение обеднительной электроплавки-**
1. Доизвлечение цветных металлов из конвертерных шлаков и снижение их потерь с отвальными шлаками;
  2. Удаление избыточного количества серы и получение окускованного продукта;
  3. Максимальное извлечение цветных металлов в штейн
  4. Получение продукта, освобожденного от основной части железа
- 2. Для создания объема извлекающей фазы в обеднительную печь загружают:**
1. Шлак электроплавки
  2. Песчаник
  3. Кусковую сульфидную руду
  4. Уголь
- 3. Уголь загружается в обеднительную печь с целью:**
1. создания восстановительной атмосферы
  2. создания объема извлекающей фазы
  3. улучшения технико-экономических показателей
  4. удаления железа
- 4. Межфазное натяжение характеризует:**

- 1.теплосодержание шлака
- 2.вязкость шлака
3. энергию взаимодействия на границе двух несмешивающихся фаз
- 4.свободную поверхностную энергию шлака
5. В каком случае извлечение металла в процессе обеднения при прочих равных условиях будет выше, если коэффициент распределения равен:
  1. 100 : 40
  2. 33:4
  3. 14:4
  4. 22 :4

### **Тема Разделение фанштейна Тестовые задания**

**1. Побочный продукт в цветной металлургии, сплав сульфидов железа и цветных металлов переменного химического состава – это**

1. фанштейн
2. шлак
3. штейн
4. чугуна

**2. Хорошему разделению штейна и шлака *не способствует*:**

1. малая растворимость сульфидов цветных металлов в расплавах оксидов
2. относительно низкая температура плавления (ниже 1100 °С) штейна
3. большая плотность (более 4 г/см<sup>3</sup>)
4. присутствие оксидов железа

**3. Медным штейном называют штейн, состоящий из:**

- 1.сульфидов меди и железа
- 2.сульфидов железа и никеля
- 3.сульфидов железа, меди и свинца
4. сульфидов меди, никеля, железа

**4. Основное отличие *никелевых штейнов от медных и медноникелевых*:**

1. Они являются хорошими коллекторами благородных и сопутствующих металлов
2. Они содержат сульфиды других металлов, часто в значительных количествах, а также кислород
3. Они при соответствующей температуре находятся в виде однородного расплава
4. Они содержат сульфиды цветных металлов в больших концентрациях и FeS в малых концентрациях

**5. Штейн, состоящий из сульфида никеля и с содержанием железа менее 3%, называется:**

1. белым штейном
2. белым маттом
3. медно – никелевым файнштейном
4. файнштейном

**6. Металлический никель в файнштейне ухудшает последующие операции его измельчения перед окислительным обжигом. Для предотвращения образования никеля в файнштейне *не делают* следующего:**

1. Не поднимают температуру в конверторе выше 1300 °С
2. Сохраняют в расплаве серу
3. Поднимают температуру до 1500 °С

### **По теме Обжиг Тестовые задания**

1. Процессы, проходящие между *твердыми* и *газообразными* фазами при температурах 500 – 1200 °С называются:

1. Обжигом
2. Плавкой
3. Электролизом

2. Основные реакции – реакции диссоциации характерны для обжига:

1. Окислительного
2. Агломерирующего
3. Кальцинирующего
4. Восстановительного

3. Целью какого обжига является перевод сульфидов металлов в оксиды или сульфаты:

1. Окислительного
2. Агломерирующего
3. Кальцинирующего
4. Восстановительного

4. Целью какого обжига является перевод слабо магнитных соединений в сильно магнитные

1. Окислительного
2. Агломерирующего

3. Кальцинирующего
4. Восстановительного

5. Целью какого обжига является удаление серы и перевод порошкового материала в кусковой

1. Окислительного
2. Агломерирующего
3. Кальцинирующего
4. Восстановительного

### **По теме Анодная плавка Тестовые задания**

1. Примеси, образующие химические соединения с медью, растворимые в ней, это:
  1. Никель
  2. Селен
  3. Газовые
  4. Шлаковые включения
2. Примеси, удаляемые частично это:
  1. Железо
  2. Золото
  3. Никель
  4. Сера
3. Какая примесь, содержащаяся в меди, может быть удалена ликвацией?
  1. Железо
  2. Никель
  3. Серебро
  4. Кислород
4. Какой критерий эффективности рафинирования зависит от соотношения упругостей диссоциации оксидов примесей?
  1. Глубина удаления примесей
  2. Скорость окисления примесей
  3. Порядок удаления примесей
  4. Предел удаления примесей
5. Упругость диссоциации оксидов примеси увеличивается
  1. С повышением температуры
  2. С повышением ее концентрации в ванне
  3. С уменьшением концентрации этой примеси в меди
  4. С увеличением интенсивности перемешивания

## **Электроплавка** **Практическая работа**

Рассчитать материальный баланс плавки на штейн медно-никелевого агломерата и богатой руды в рудно-термической печи.

Исходные данные для расчёта:

На плавку направляется шихта, содержащая 90 % агломерата, 20 % богатой медно-никелевой руды, 35 % конвертерного шлака.

□ Химический состав агломерата, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
4,95	2,5	0,18	43,2	11,7	15,8	5,3	3,9	3,35	остальное

□ Химический состав богатой медно-никелевой руды, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Проч.
2,73	3,15	0,12	32,5-38,4	28,6	14,2	4,9	3,6	4,7	Остал.

Химический состав конвертерного шлака, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
1,53	1,53	0,5	53,1	3,3	20,1	0,2	0,5	0,9	остальное

Минералогический состав агломерата: хизлевудит- Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>; халькозин- Cu<sub>2</sub>S, джайпурит-CoS; троилит- FeS; фаялит- (FeO)<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>; магнетит- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; кроме того, содержатся оксиды пустой породы: SiO<sub>2</sub>; MgO; CaO ; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> , и прочие.

Влажность агломерата 1,5 %.

Минералогический состав руды: медь содержится в виде халькопирита- CuFeS<sub>2</sub> и кубанита- CuFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>; никель в виде пентландита – (NiFe)<sub>9</sub>S<sub>8</sub>; кобальт в виде сульфида-CoS; железо в виде пирротина- Fe<sub>7</sub>S<sub>8</sub> и пирита FeS<sub>2</sub>; кроме того, содержатся оксиды пустой породы: SiO<sub>2</sub>; CaO; MgO; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и прочие. Из практики известно, что ¼ часть меди руды содержится в кубаните, а содержание железа в пирротине равно содержанию его в пирите.

Влажность руды 3,5 %.

Минералогический состав конвертерного шлака: хизлевудит- Ni<sub>3</sub>S<sub>2</sub>; халькозин-Cu<sub>2</sub>S; джайпурит-CoS; троилит- FeS; фаялит- (FeO)<sub>2</sub>SiO<sub>2</sub>; магнетит- Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>; кроме того, содержатся оксиды пустой породы: SiO<sub>2</sub>; CaO; MgO; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и прочие.

Десульфуризация 9 %.

Безвозвратные потери 0,4 %.

Коэффициент извлечения цветных металлов в штейн: никеля-97 %; меди-95 %; кобальта-81 %.

Содержание в штейне:  $\Sigma$  (Ni +Cu) - 22%; серы-25 %; Железа металлического-11 %; прочие-1,95 %.

Считаем, что вся сера содержится в газовой фазе в виде диоксида серы  $SO_2$ , небольшим содержанием триоксида серы  $SO_3$  в технологических газах пренебрегаем.

Плавка ведется на шлак с содержанием 39 % кремнезема  $SiO_2$ . Все железо в шлаке содержится в виде  $FeO$ .

Для корректировки состава шлака используется песчаник флюсовый, следующего состава, %

$SiO_2$	CaO	MgO	$Fe_2O_3$	$Al_2O_3$	прочие
81,5	0,75	0, 23	0,7	9,75	остальное

Влажность песчаника флюсового 4,5 %.

Содержание угля в шихте 5 % от массы шихты.

Химический состав угля,%: углерод - 62,0; летучие: азот -2,4; кислород-5,9; водород-4,1; прочие – зола. Влажность угля 8 %.

Расход электродной массы составляет 0,2 кг на 100 кг сухого агломерата. Принимаем, что электродная масса состоит из углерода, небольшим содержанием примесей пренебрегаем. Считаем, что горение электродной массы протекает до образования  $CO_2$ .

### **Автогенная плавка Практическая работа**

Рассчитать материальный баланс плавки на штейн медного никельсодержащего сырья в печи Ванюкова.

Исходные данные для расчёта:

На плавку направляется шихта, содержащая 80 % концентрата, 5 % бедных оборотов и 15 % богатой селективной руды.

□ Химический состав концентрата, %

Cu	Ni	Fe	S	$SiO_2$	CaO	MgO	$Al_2O_3$	Прочие
25,19	1,38	35,14	33,41	1,59	0,45	0,36	0,48	остальное

□ Химический состав богатой селективной руды, %

Cu	Ni	Fe	S	$SiO_2$	CaO	MgO	$Al_2O_3$	Прочие
19,85	2,6	35,5	28,5	4,48	1,34	0,68	1,3	остальное

Химический состав бедных оборотов, %

Cu	Ni	Fe	S	$SiO_2$	CaO	MgO	$Al_2O_3$	Прочие
7,29	1,3	45,1	4,5	22,25	0,7	0,7	1,1	остальное

Минералогический состав концентрата и богатой селективной руды идентичен. В них медь содержится в виде халькопирита-  $\text{CuFeS}_2$  и кубанита-  $\text{CuFe}_2\text{S}_3$ ; никель в виде пентландита -  $\text{NiFeS}_2$ ; железо в виде пирротина-  $\text{Fe}_7\text{S}_8$  и магнетита -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; кроме того, содержатся оксиды пустой породы:  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и прочие.

Из данных практики известно, что в халькопирите содержится 75% всей меди концентрата, а остальные 25 % меди находятся в кубаните.

Влажность концентрата 7 %.

Влажность руды 3 %.

Минералогический состав бедных оборотов:

Медь содержится в виде халькозина-  $\text{Cu}_2\text{S}$ , никель в виде хизлевудита-  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ , железо в виде троилита-  $\text{FeS}$ , магнетита-  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , и вюститита -  $\text{FeO}$ , кроме того, содержатся оксиды пустой породы:  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и прочие. Содержание магнетита в бедных оборотах 24 %.

Влажность бедных оборотов 3 %.

Десульфуризация 65 %.

Извлечение в штейн из шихты:  $\text{Cu}$  – 98%,  $\text{Ni}$  – 93 %.

Содержание в штейне:  $\text{Cu}$  – 45 %,  $\text{S}$ - 24,5 %, прочих - 2,5 %.

Безвозвратные потери 1 %.

Считаем, что вся сера содержится в газовой фазе в виде диоксида серы  $\text{SO}_2$ , небольшим содержанием триоксида серы  $\text{SO}_3$  в технологических газах пренебрегаем.

Плавка ведется на шлак с содержанием 29 % кремнезема  $\text{SiO}_2$ . Принимаем для расчета содержание  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в шлаке 5 %.

Для корректировки состава шлака используется песчаник флюсовый, следующего состава, %

$\text{SiO}_2$	$\text{CaO}$	$\text{MgO}$	$\text{Fe}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	прочие
79,84	1,3	0,36	1,73	2,2	7,6	остальное

Влажность песчаника 4,2 %.

Обогащение кислородом КВС 75 %.

Содержание кислорода в технологическом кислороде, используемом для получения КВС 95 %.

### **Взвешенная плавка Практическая работа**

Рассчитать материальный баланс плавки на штейн медно-никелевого сырья в печи взвешенной плавки.

Исходные данные для расчёта:

На плавку направляется шихта, содержащая 70 % концентрата Талнахской обогатительной фабрики (ТОФ), 20 % концентрата Норильской обогатительной фабрики (НОФ) и 10 % сульфидного концентрата.

□ Химический состав концентрата ТОФ, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
8,0	4,0	0,3	45,0	31,0	1,9	1,91	0,71	0,80	остальное

□ Химический состав концентрата НОФ, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
5,7	2,5	0,31	46,57	34,01	2,5	0,3	0,44	0,1	остальное

□ Химический состав сульфидного концентрата, %

Ni	Cu	Co	Fe	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Прочие
11,0	3,66	0,39	33,2	27,5	2,7	4,2	0,45	1,0	остальное

Минералогический состав концентратов ТОФ и НОФ идентичен. В них медь содержится в виде халькопирита-  $\text{CuFeS}_2$ ; никель в виде пентландита -  $\text{NiFeS}_2$ ; кобальт в виде сульфида-  $\text{CoS}$ ; железо в виде пирротина-  $\text{Fe}_7\text{S}_8$  и магнетита -  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ; кроме того, содержатся оксиды пустой породы:  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и прочие.

Минералогический состав сульфидного концентрата: ковеллин- $\text{CuS}$ , миллерит -  $\text{NiS}$ , сульфида -  $\text{CoS}$ , троилит -  $\text{FeS}$ , гетит -  $\text{FeOOH}$ ,  $\text{S}_{\text{эл}}$ , кроме того, содержатся оксиды пустой породы:  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{CaO}$ ;  $\text{MgO}$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и прочие. Содержание  $\text{S}_{\text{эл}}$  в концентрате 5 %.

Влажность всех компонентов шихты 0,2 %.

Десульфуризация 70 %.

Безвозвратные потери 1 %.

Коэффициент извлечения цветных металлов в штейн: меди-97 %; никеля-95 %; кобальта-70 %.

Содержание в штейне:  $\Sigma (\text{Ni} + \text{Cu})$  - 40 %; серы-25 %.

Считаем, что вся сера содержится в газовой фазе в виде диоксида серы  $\text{SO}_2$ , небольшим содержанием триоксида серы  $\text{SO}_3$  в технологических газах пренебрегаем.

Плавка ведется на шлак с содержанием 34 % кремнезема  $\text{SiO}_2$ . Принимаем для расчета содержание  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  в шлаке 19 %.

Для корректировки состава шлака используется речной песок, содержащий 78 %  $\text{SiO}_2$  и прочие.

Влажность речного песка 0,2 %.

Из-за недостаточного смешивания компонентов шихты и воздуха в процессе плавки, требуется избыточное содержание кислорода в дутье. Принимаем избыток кислорода 5%.

Обогащение кислородом КВС 40 %. Содержание кислорода в технологическом кислороде, используемом для получения КВС заданного состава 95 %.

### **По теме Итоговое тестирование Тестовые вопросы**

**1. По классификации цветных металлов по плотности к легким металлам относят металлы с плотностью меньше 3,5 и это:**

1. Cr
2. Fe
3. Ti
4. Zn

**2. Для агломерирующего обжига основные реакции - это реакции диссоциации**

1. Да
2. Нет

**3. Рудная плавка, целью которой является не получение металла в свободном виде, а перевод его в обогащенный продукт – сплав сульфидов металлов это:**

- 1) Восстановительная
- 2) Окислительная концентрационная
- 3) Электролиз расплавленных солей
- 4) Реакционная плавка, основанная на взаимодействии сульфидов и оксидов при нагревании

**4. Для получения обожженных частиц с развитой поверхностью не используются:**

1. Печи Кипящего слоя
2. Многоподовые печи
3. Агломерационные машины
4. Трубчатые печи

**5. Хорошему разделению штейна и шлака не способствует:**

1. малая растворимость сульфидов цветных металлов в расплавах оксидов
2. относительно низкая температура плавления (ниже 1100 °С) штейна
3. большая плотность (более 4 г/см<sup>3</sup>)

4. присутствие оксидов железа

6. Интервал температур, при котором очень вязкий, неспособный течь шлак становится совершенно жидким, у основных шлаков меньше, чем у кислых:

1. в 10 раз
2. в 20 раз
3. в 50 раз
4. в 100 раз

7. Шлак рудных плавков собирает в себе *Минимальное количество извлекаемого металла (сплава)*:

1. Да
2. Нет

8. Какая реакция не протекает при штейнообразовании в РТП:

- 1)  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{FeS} = \text{Cu}_2\text{S} + \text{FeO}$
- 2)  $\text{MeSO}_4 = \text{MeO} + \text{SO}_3$
- 3)  $3\text{NiO} + 3\text{FeS} = \text{Ni}_3\text{S}_2 + 3\text{FeO} + 1/2 \text{S}_2$
- 4)  $\text{CoO} + \text{FeS} = \text{CoS} + \text{FeO}$

9. Вид теплообмена (теплопередачи), при котором внутренняя энергия передаётся струями и потоками самого вещества называется теплопроводностью:

1. Да
2. Нет

10. Продукт конвертирования медно-никелевых штейнов – сплав оксидов железа, кремния и цветных металлов с содержанием никеля  $\approx 1,5\%$  это:

1. Известняк
2. Никелевый шлак
3. Агломерат
4. Обратный шлак

11. Межфазное натяжение характеризует:

1. теплосодержание шлака
2. вязкость шлака
3. энергию взаимодействия на границе двух несмешивающихся фаз
4. свободную поверхностную энергию шлака

12. В печи Ванюкова реакция  $\text{FeS} + 3/2\text{O}_2 = \text{FeO} + \text{SO}_2$  протекает:

1. только в штейновой фазе
2. только в шлаковой фазе
3. и в шлаковой и штейновой фазе

4. в газовой фазе

**13. В первом периоде конвертирования медного штейна в первую очередь протекают реакции**

1. окисления сульфида железа с образованием магнетита
2. образование вюстита
3. взаимодействия сульфида никеля с металлической медью
4. окисления никеля до образования закиси

**14. Какая примесь, содержащаяся в меди, может быть удалена ликвацией?**

1. железо
2. никель
3. серебро
4. кислород

**15. Интенсивное поглощение водорода**

1. не препятствует доводке меди
2. при остывании меди не будет давать большое количество микропор в твердом слитке
3. при остывании меди будет давать большое количество макропор в твердом слитке
4. способствует образованию оксидной пленки на поверхности анода