

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра обогащения полезных ископаемых

ОСНОВЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 22.03.02*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2022

УДК 622.7(073)

ОСНОВЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: *В.Б. Кусков, А.О. Ромашев*. СПб, 2022. 37 с.

Лабораторные работы охватывают основные разделы курса «Основы обогащения руд». В каждой работе приведены основные понятия по данной теме, аппаратура и материалы, необходимые для выполнения работы, схема и методика проведения работы, таблицы результатов опытов.

Предназначены для студентов бакалавриата направления 22.03.02 «Металлургия», профиль подготовки: «Металлургия цветных металлов»

Научный редактор проф. *Т.Н. Александрова*

Рецензент к.т.н., *В.А. Таранов* (АО «Механобр инжиниринг»)

© Санкт-Петербургский
горный университет 2022.

ВВЕДЕНИЕ

Целью лабораторных работ является закрепление студентами материала лекционного курса, развитие навыков самостоятельной работы с приборами при проведении экспериментов и проведении расчетов, а также умению делать выводы на основании полученных результатов.

Лабораторные работы, выполняемые при прохождении курса «Основы обогащения руд», должны ознакомить студентов с принципами, используемыми в подготовительных и обогатительных процессах, а также с методами анализа результатов обогащения.

В начале семестра каждый студент заводит рабочий журнал, куда вносит все данные по лабораторным работам, дату выполнения соответствующей работы. В ходе выполнения работы в рабочий журнал вносятся записи, описывающие ход выполнения работы, параметры изучаемых процессов и полученные результаты. После завершения выполнения рабочий журнал передается преподавателю или лаборанту для проверки полученных результатов. После проверки, в случае корректного выполнения работы преподаватель ставит подпись, что подтверждает выполнение текущей работы. В общем случае в рабочем журнале должна быть отражена схема эксперимента, ход выполнения и вспомогательные таблицы для записи результатов. К выполнению работы допускаются студенты после ознакомления с правилами техники безопасности и с методическими указаниями к выполняемой работе. Допуск к выполнению студент получает от преподавателя в начале занятия.

Результаты работы оформляет каждый студент индивидуально в виде краткого отчета. Отчет должен быть подписан студентом – исполнителем и представлен в указанные сроки преподавателя на проверку.

В отчете должны быть отражены:

- цель работы;
- основные понятия;
- формулы для расчетов;
- характеристики и схемы используемого оборудования;
- характеристика исходного материала;
- расчет необходимых параметров;

- заполненные таблицы с результатами;
- графическое представление результатов;
- выводы.

Отчет должен быть подписан исполнителем и лаборантом (дежурным преподавателем). После проверки отчета преподавателем проводится его защита. Защита отчета состоит в демонстрации полученных после выполнения лабораторной работы знаний, умений и навыков. Обязательным условием для защиты является знание основных определений, расчетных формул и хода выполнения работы.

Если опыты выполняют параллельно несколько студентов при различных переменных условиях, то результаты опытов могут быть сведены в общую таблицу.

Каждая лабораторная работа рассчитана на определенное количество часов.

Перечень выполняемых работ и их трудоёмкость в академических часах:

- Опыты дробления – 4 часа;
- Опыты грохочения – 2 часа;
- Опыты измельчения – 3 часа;
- Магнитное обогащение – 2 часа;
- Концентрация на столах – 2 часа;
- Обогащение флотацией – 4 часа.

Конкретные условия проведения работы могут быть изменены по указанию преподавателя.

РАБОТА 1. ОПЫТЫ ДРОБЛЕНИЯ

Цель работы - изучение конструкции и принципа действия щековой и валковой дробилки, определение их производительностей, степени дробления и ознакомление с методикой определения гранулометрического состава представительной пробы анализируемого материала путем ее отсева на классы на ситах определенной крупности.

Основные понятия

Дробление — процесс уменьшения размеров кусков, т. е. разрушения твердого тела на части, при котором механическим путем преодолеваются внутренние силы сцепления частиц тела и образуются новые поверхности.

Дробление может быть основной операцией (как это имеет место на камнедробильных заводах, где щебень является конечным продуктом) или подготовительной — перед обогащением или гидрOMETALLургической переработкой полезного ископаемого. В зависимости от крупности исходного материала условно различают дробление:

крупное (от 1000 до 300 мм),
среднее (от 300 до 80 мм),
мелкое (от 100 до 15 мм).

Дробилка — аппарат (машина), в котором осуществляется процесс дробления.

Наиболее часто применяются дробилки:

щековые,
конусные (гирационные),
валковые,
ударные (молотковые, роторные, центробежные),
инерционные.

Применение дробилки той или иной конструкции определяется физико-механическими свойствами и крупностью дробимого материала, степенью дробления и экономическими соображениями.

Валковая дробилка — дробилка, в которой материал дробится двумя валками, вращающимися навстречу друг другу. Дробимый материал подается в пространство между валками сверху, затягива-

ется ими, дробится и выпадает из дробилки под действием силы тяжести.

Щековая дробилка — дробилка, в которой материал раздавливается между двумя щеками, расположенными под углом друг к другу, из которых одна неподвижная, а другая подвижная — качающаяся. Подвижная щека шарнирно подвешена на оси и попеременно то приближается к неподвижной щеке, то удаляется от нее.

Номинальный диаметр (крупность) — крупность продукта, соответствующая размеру сита, через которое проходит 95 % просеиваемого материала.

Ситовой анализ - один из способов определения содержания в сыпучем материале фракций (классов) частиц определенных размеров, осуществляемый просеиванием пробы через набор сит с различными размерами квадратных или круглых отверстий.

Представительная проба - проба, выделенная по определенным правилам, с составом по крупности, аналогичным всей массе материала.

Гранулометрический состав – характеристика крупности руды и продуктов обогащения, определяемая по содержанию в них классов (зерен) различной крупности.

Класс - часть представительной пробы, полученная после отсева на ситах, включающая зерна с ограниченными размерами.

Крупность класса - размеры отверстий сит, между которыми заключен класс.

Выход класса крупности γ – отношение массы некоторого класса крупности к массе исходной пробы. Выражается в процентах

$$\gamma_{-d_1+d_2} = \frac{Q_{-d_1+d_2}}{Q_{\text{пробы}}} \cdot 100 \quad (1.1)$$

где $Q_{-d_1+d_2}$ – масса класса $-d_1+d_2$ в пробе; $Q_{\text{пробы}}$ – масса отобранной пробы для ситового анализа.

Модуль набора сит - отношение размеров отверстий смежных сит в закономерной шкале, то есть постоянное отношение размеров смежных сит. Для мелких сит, применяемых для ситовых анализов небольших навесок, модуль набора сит чаще всего равен $\sqrt{2} = 1,41$ или $\sqrt[4]{2} = 1,19$. Безмодульным набором сит называется та-

кой набор, в котором отношение размеров смежных сит не является постоянной величиной.

Степень дробления (или измельчения) — отношение размеров кусков исходного материала к размеру кусков продукта дробления (измельчения).

В зависимости от того, как измеряют крупность кусков, различают номинальную степень дробления (см. 1.3), определяемую значениями номинальной крупности, среднюю степень дробления — отношение средневзвешенных диаметров (см. 1.4).

В общем случае, степень дробления можно определить, как отношение максимальных размеров кусков до дробления и после (формула 2.1):

$$S = \frac{D_{\max}^{\text{исх}}}{d_{\max}^{\text{дроб}}} \quad (1.2)$$

где S - степень дробления; $D_{\max}^{\text{исх}}$ - размер максимального куска до дробления, мм; $d_{\max}^{\text{дроб}}$ - размер максимального куска после дробления, мм.

Для определения $D_{\max}^{\text{исх}}$ и $d_{\max}^{\text{дроб}}$ из навески руды до и после опыта дробления выбирают по три визуально самых крупных куска и определяют их размер как среднеарифметическое из трех измерений во взаимно перпендикулярных направлениях. Находят

$$D_{\max 1}^{\text{исх}} = \frac{L_1 + B_1 + C_1}{3}; D_{\max 2}^{\text{исх}} = \frac{L_2 + B_2 + C_2}{3}; D_{\max 3}^{\text{исх}} = \frac{L_3 + B_3 + C_3}{3}, \text{ тогда}$$

$$D_{\max}^{\text{исх}} = \frac{D_{\max 1}^{\text{исх}} + D_{\max 2}^{\text{исх}} + D_{\max 3}^{\text{исх}}}{3},$$

где $L_1, L_2, L_3, B_1, B_2, B_3$ и C_1, C_2, C_3 - соответственно длина, ширина и толщина каждого из трех кусков, мм. Аналогично находят $d_{\max}^{\text{дроб}}$.

Степень дробления через номинальный диаметр определяют как:

$$S = \frac{D_{\text{ном}}^{\text{исх}}}{d_{\text{ном}}^{\text{дроб}}} \quad (1.3)$$

где $D_{\text{ном}}^{\text{исх}}$ – номинальный размер кусков до дробления, мм; $d_{\text{ном}}^{\text{дроб}}$ – номинальный размер кусков после дробления, мм. Номинальные размеры определяются с помощью гранулометрического анализа.

Среднюю степень дробления определяют как отношение средневзвешенных диаметров до и после дробления:

$$S = \frac{D_{\text{сп}}^{\text{исх}}}{d_{\text{сп}}^{\text{дроб}}} \quad (1.4)$$

где $D_{\text{сп}}^{\text{исх}}$ – средний диаметр кусков до дробления, мм; $d_{\text{сп}}^{\text{дроб}}$ – средний диаметр кусков после дробления, мм. Номинальные размеры определяются с помощью гранулометрического анализа. Средний диаметр рассчитывается по таблице результатов ситового анализа по различным формулам, выражение которых зависит от параметра усреднения. Обычно средний диаметр рассчитывают как средневзвешенную величину по формуле:

$$d_{\text{сп}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\gamma_i \cdot d_i)}{\sum_{i=1}^n \gamma_i}, \quad (1.5)$$

где γ – выход узкого класса крупности, %; n – число классов; d_i – среднеарифметический диаметр узкого класса крупности, мм, $d_i = (d_1 + d_2)/2$; d_1 и d_2 – размеры класса крупности.

Аппаратура. Дробилка щековая лабораторная; дробилка валковая; лабораторные весы; просеивающая машина; набор сит с диаметром обечайки 200 мм; секундомер. Дополнительно необходимы перчатки, лабораторный халат, респиратор, лабораторная посуда, кисти для очистки посуды.

Исходный материал и схема опыта. Навески или керны материала. Схема опыта приведена на рис. 1.1.

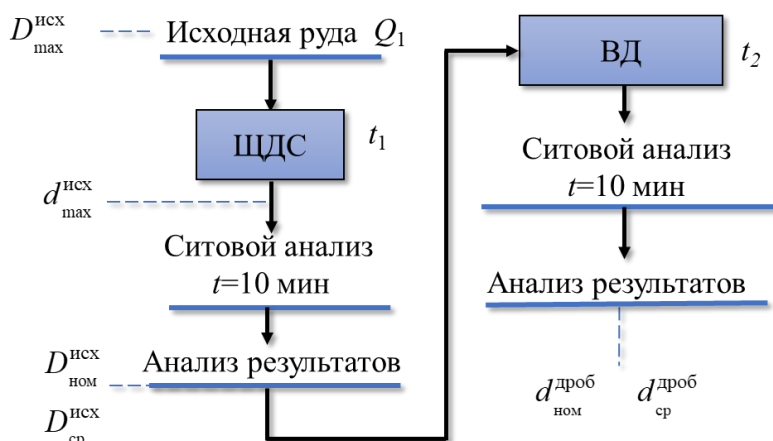


Рис. 1.1. Схема проведения опытов дробления

Порядок выполнения работы

1. Подготавливаются рабочие материалы (в тетради или на отдельном листе) для занесения в них данных, полученных в ходе проведения работы. Рабочие материалы в обязательном порядке должны содержать:

- ФИО и группу студента (с подписью);
- Дату и время выполнения работы;
- Название работы;
- Цель;
- Используемое оборудование;
- Схему выполнения опыта (рис. 1.1);
- Таблицы 1.1 и 1.2 для занесения данных (таблицы переносятся без заполнения граф).

2. Из исходного материала отбирают куски и определяют максимальный размер кусков исходного материала до дробления $D_{\max}^{\text{исх}}$ по методике, указанной выше.

3. Пропускают навеску исходного материала через щековую лабораторную дробилку, измеряя время дробления t_1 по секундомеру. Следует следить при этом, чтобы дробилка не работала вхолостую и в то же время не была перегружена.

Важно. Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории. Во время работы дробилки нельзя заглядывать в ее рабочее пространство. Загрузку дробилки удобно и безопасно контролировать на слух.

4. Определяют максимальный размер кусков дробленого продукта после дробления $d_{\max}^{\text{дроб}}$ так же, как и для исходного материала.

5. Взвешивают полученный продукт на лабораторных весах и определяют число сокращений пробы на струйчатом делителе для ее доведения до массы представительной пробы (100-150 г).

6. Пробу сокращают при помощи прободелителя и взвешивают с точностью до 0,1 г на лабораторных весах.

7. Составляют набор сит с последовательно уменьшающимися отверстиями, начиная с самого крупного (наверху). Нижнее сито вставляют в поддон. Записывают получившиеся классы крупности в графу 1 таблицы 1.2 в рабочих материалах.

8. Пробу, выделенную сокращением в прободелителе, высыплют на верхнее сито, закрывают крышкой, набор закрепляют в просеивающей машине и в течение установленного преподавателем времени t проводят операцию отсева.

Важно. Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории.

9. Через t мин. набор сит снимают, и полученные на ситах классы взвешивают при помощи лабораторных весов с точностью до 0,1 г. Полученные данные заносят в соответствующие графы таблицы 1.2.

10. Определяют суммарную массу полученных классов при помощи лабораторных весов.

11. Далее пропускают навеску дробленого материала через валковую дробилку, замеряя время дробления t_2 по секундомеру. Следует следить при этом, чтобы дробилка не работала вхолостую и в то же время не была перегружена.

12. Повторяют п. 5-10 для дробленного продукта валковой дробилки.

Анализ результатов

Результаты измерений параметров опытов дробления заносятся в табл. 1.1. Результаты ситовых анализов заносятся в табл. 1.2.

Таблица 1.1

Результаты опытов дробление

№ серии	№ опыта	Вид дробилки	t, с	Q _д , т/ч	Размер куска		S
					До дробления	После дробления	
1	1	ЩДС	t ₁	Q _{д1}	D _{мах} ^{исх}	d _{мах} ^{дроб}	S ₁
	2	ВД	t ₂	Q _{д2}	D _{ном} ^{исх}	d _{ном} ^{дроб}	S ₂
					D _{ср} ^{исх}	d _{ср} ^{дроб}	S ₃

Таблица 1.2

Результаты ситового анализа продуктов дробления

После дробления ЩДС (до дробления в ВД)							
Крупность класса d, мм	Масса класса Q _i , г	Выход класса γ _i , %	Суммарная характеристика				
			по плюсу		по минусу		
-d ₁ +d ₂	Q ₁	γ ₁	d ₁	Σγ, %	d ₁	Σγ, %	0
-d ₂ +d ₃	Q ₂	γ ₂	d ₂	γ _{+d} =γ ₁	d ₂	γ _{-d} =γ _{-d} -γ ₁	γ _{-d} =100
...	...	...	d ₃	γ _{+d} =γ _{+d} +γ ₂	...	...	...
-d _{i-1} +d _i	Q _{i-1}	γ _{i-1}	...	...	d _{i-1}	γ _{-d-i} =γ _{-d-i} -γ _{i-2}	...
-d _i +0	Q _i	γ _i	d _i	γ _{+d} =γ _{+d+i} +γ _{i+1}	d _i	γ _{-d} =γ _{-d-i} -γ _{i+1}	...
Итого:	ΣQ _i	Σγ _i =100	0	100=γ _{+d} +γ _i	0	0	0
После дробления в ВД							
Крупность класса d, мм	Масса класса Q _i , г	Выход класса γ _i , %	Суммарная характеристика				
			по плюсу		по минусу		
-d ₁ +d ₂	Q ₁	γ ₁	d ₁	Σγ, %	d ₁	Σγ, %	0
-d ₂ +d ₃	Q ₂	γ ₂	d ₂	γ _{+d} =γ ₁	d ₂	γ _{-d} =γ _{-d} -γ ₁	γ _{-d} =100
...	...	...	d ₃	γ _{+d} =γ _{+d} +γ ₂	...	...	...
-d _{i-1} +d _i	Q _{i-1}	γ _{i-1}	...	...	d _{i-1}	γ _{-d-i} =γ _{-d-i} -γ _{i-2}	...
-d _i +0	Q _i	γ _i	d _i	γ _{+d} =γ _{+d+i} +γ _{i+1}	d _i	γ _{-d} =γ _{-d-i} -γ _{i+1}	...
Итого:	ΣQ _i	Σγ _i =100	0	100=γ _{+d} +γ _i	0	0	0

1. По результатам взвешивания каждого класса определяют по формуле (1.1) их выходы с точностью до 0,01%, результаты записывают в табл. 1.2.

2. Определяют суммарный выход по плюсу, т.е. выход классов крупнее отверстий данного сита, и суммарный выход по минусу, т.е. выход классов мельче отверстий данного сита.

3. Строят 2 графика (один график по результатам заполнения таблицы «После дробления ЩДС (до дробления в ВД)», второй по данным таблицы «После дробления в ВД» см. табл 1.2), причем на одном графике отображают характеристики крупности по плюсу и по минусу в координатах: суммарный выход по плюсу или по минусу (по оси ординат) - размер отверстий сит (по оси абсцисс) (пример построения на рис. 1.2). По графикам определяют номинальные размеры для каждой серии.

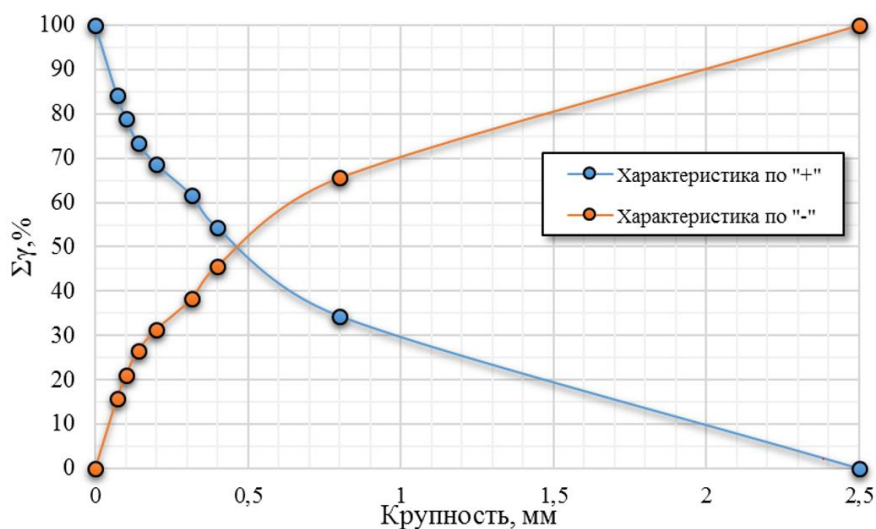


Рис. 1.2. Пример построения гранулометрических характеристик

2. По результатам измерения размера максимальных кусков до и после дробления и определения номинальных размеров рассчитывают степень дробления для каждого опыта, при чем для опыта на щековой дробилке степень дробления определяют по формуле 1.2, а для опытов на валковой по 1.3 и 1.4. Результаты записывают в графу 7 таблицы 1.1.

3. Рассчитывают производительность каждой дробилки Q_d в т/ч:

$$Q_d = 3,6Q_1 / t_{др} \quad (1.6)$$

где Q_1 - масса навески исходного материала, кг; $t_{др}$ - время дробления, с.

Результаты записывают в графу 4 таблицы 1.1.

4. Предъявляют рабочие материалы с заполненной таблицей и графиком для проверки дежурному преподавателю и представителю учебного центра для проверки. Корректное заполнение данных подтверждается преподавателем и представителем учебного центра подписью с расшифровкой и датой. **Важно:** в случае отсутствия подписей работа считается не выполненной.

Использование результатов опытов

Суммарные характеристики «по плюсу» бывают выпуклыми, вогнутыми и прямолинейными. Выпуклая кривая получается при преобладании в материале крупных зерен, вогнутая - при преобладании мелких зерен. Прямолинейная кривая свидетельствует о равномерном распределении в материале зерен по крупности.

По кривой суммарной характеристики можно определить выход любого класса крупности. Пример нахождения приведен на рисунке 1.3.

Для определения выхода узкого класса крупности $-d_{i-1}+d_i$ необходимо провести перпендикуляры из точек d_{i-1} и d_i на оси абсцисс до пересечения с графиком по плюсу или по минусу (рис. 1.4).

Из точек пересечения проводят прямые линии до пересечения с осью ординат получая соответствующие значения выходов. Разница между значениями полученных выходов и будет искомое значение выхода узкого класса крупности $-d_{i-1}+d_i$.

Аналогичным образом находится выход классов $-d_i$ или $+d_i$. Следует помнить, что график по «+» определяет суммарный остаток на сите (т.е расстояние от оси абсцисс до пересечения с графиком показывает выход класса $+d_i$), а график по «-» определяет суммарный проход через сито (т.е расстояние от оси абсцисс до пересечения с графиком показывает выход класса $-d_i$) (рис.1.4).

При защите данной работы необходимо будет определить выход заданного преподавателем класса крупности.

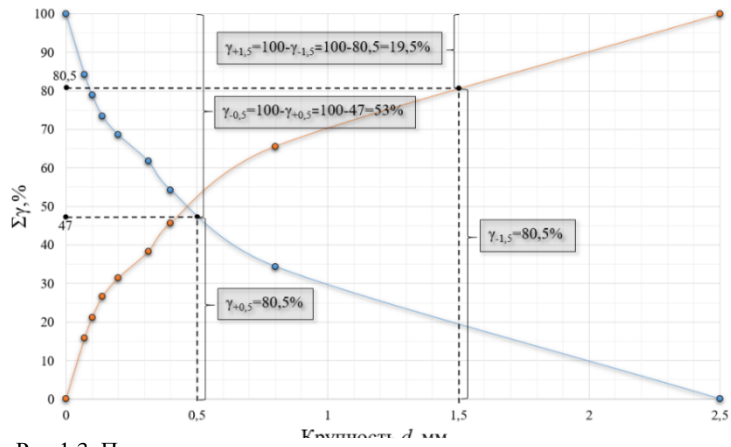


Рис.1.3. Пример нахождения выхода заданных классов крупности

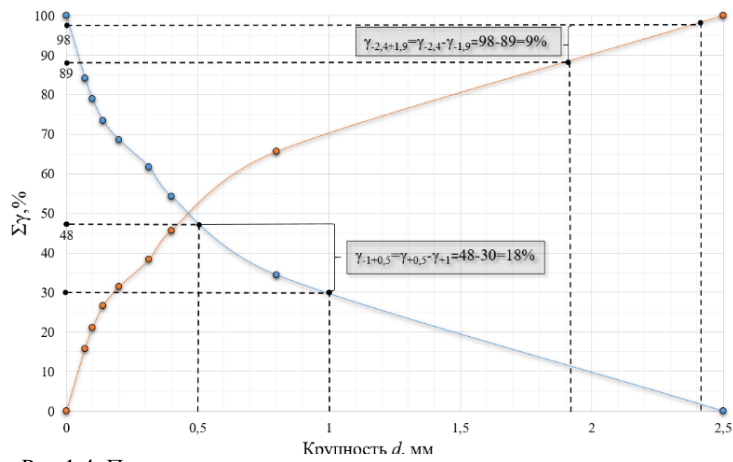


Рис.1.4. Пример нахождения выхода узких классов крупности

По расчетным данным сравнивают опыты между собой и делают выводы о том, как изменится степень дробления от способа ее определения, от вида дробилки и времени подачи материала.

РАБОТА 2. ОПЫТЫ ГРОХОЧЕНИЯ

Цель работы - ознакомление с принципом действия грохота и изучение влияния производительности грохота на эффективность грохочения.

Основные понятия

Грохочение — процесс разделения сыпучего кускового материала на классы крупности просеиванием его через одно или несколько сит или решет.

В результате каждой операции грохочения получают *верхний* (надрешетный) и *нижний* (подрешетный) продукты.

По технологическому назначению различают:

– *вспомогательное грохочение*, применяемое в схемах дробления материала, в т. ч. предварительное (перед дроблением); контрольное, или поверочное (после дробления); совмещенное, когда обе операции совмещаются в одну;

– *подготовительное грохочение* — для разделения материала на несколько классов крупности, предназначенных для последующей раздельной обработки;

– *самостоятельное грохочение* — для выделения классов, представляющих собой готовые, отправляемые потребителю продукты (сортировка);

– *обезвоживающее грохочение* — для удаления основной массы воды, содержащейся в руде

Рабочие органы грохотов — это просеивающие поверхности с калиброванными отверстиями (ячейками).

Эффективность грохочения - величина, характеризующая полноту удаления тонких зерен из продукта, подвергаемого грохочению, т.е. извлечение тонких классов в подрешетный продукт.

Эффективность грохочения в процентах по зерну с размером d рассчитывается по формуле

$$E = \frac{P_{\text{ниж}}^{-d}}{P_{\text{исх}}^{-d}} \times 100 = \frac{Q_{\text{ниж}}}{Q_{\text{ниж}} + Q_{\text{вер}} \beta_{\text{вер}}^{-d}} \times 100 = \frac{(\beta_{\text{исх}}^{-d} - \beta_{\text{вер}}^{-d}) 10^4}{(100 - \beta_{\text{вер}}^{-d}) \beta_{\text{исх}}^{-d}}, \quad (2.1)$$

где d - размер отверстий сита грохота, мм; $P_{\text{ниж}}^{-d}$ и $P_{\text{исх}}^{-d}$ - массы класса $-d$ соответственно в нижнем и верхнем продукте; $Q_{\text{ниж}}$ и $Q_{\text{вер}}$ $P_{\text{исх}}^{-d}$ -

массы нижнего и верхнего продукта соответственно; $\beta_{исх}^{-d}$ и $\beta_{вер}^{-d}$ - содержание расчетного класса (класса меньшего размера отверстия сита грохота) соответственно в исходном и надрешетном продукте, %.

Аппаратура. Грохот; прободелитель; лабораторные весы; просеивающая машина; набор сит с диаметром обечайки 200 мм. Дополнительно необходимы перчатки, лабораторный халат, респиратор, лабораторная посуда, кисти для очистки посуды.

Исходный материал и схема опыта. Дробленый продукт крупностью - $(10 \div 8)$ мм. Масса навески для одного опыта около 3 кг. Схема опыта приведена на рис.2.1.

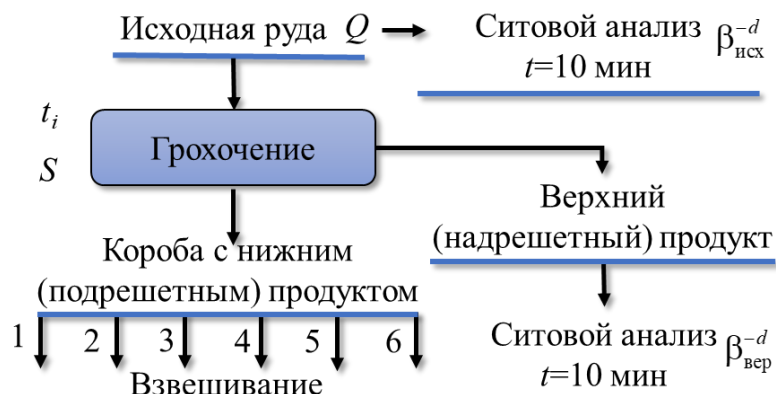


Рис. 2.1 Схема проведения опыта по определению эффективности грохочения

Порядок выполнения работы.

1. Подготавливаются рабочие материалы (в тетради или на отдельном листе) для занесения в них данных, полученных в ходе проведения работы. Рабочие материалы в обязательном порядке должны содержать:

- ФИО и группу студента (с подписью);
- Дату и время выполнения работы;
- Название работы;
- Цель;
- Используемое оборудование;
- Схему выполнения опыта (рис. 2.1);

- Таблицы 2.1 и 2.2 для занесения данных (таблицы переносятся без заполнения граф).

2. Навеску материала взвешивают на технических весах для определения массы исходного материала Q , поступающей на грохот.

3. Отбирают представительную пробу и осуществляют ситовой анализ в течение 10 мин для определения содержания класса $-d$ в исходном материале.

3. Навеску материала пропускают через грохот. Скорость подачи регулируется с помощью питающей воронки. При постановке опыта фиксируют время прохождения материала по грохоту t , отмечая начало и конец подачи питания из воронки на грохот по секундомеру. **Важно.** Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории.

4. Последовательно взвешивают каждый короб с подрешетным продуктом. Результаты взвешивания заносят в таблицу 2.1.

5. Надрешетный продукт подвергают ситовому анализу для определения содержания класса $-d$ в надрешетном продукте. Строится графическая зависимость «по минусу» и определяется содержание класса меньше размера отверстия сита грохота в надрешетном продукте. Для данной работы построение графика «по плюсу» не требуется.

6. На основе полученных данных подсчитывают эффективность грохочения по формуле (2.1).

7. Рассчитывают удельную нагрузку на грохот в тоннах в час на квадратный метр по формуле 3.2:

$$M_i = \frac{Q_i \cdot 3600}{t \cdot S}, \quad (2.2)$$

где Q - масса исходного материала, т; t - время загрузки материала на грохот, с; S - площадь рабочей поверхности грохота, м².

Анализ результатов

1. Массы продуктов с коробов 1-6 с подрешетным продуктом, для каждого опыта, заносят в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты взвешивания подрешетного продукта

№ опыта	Короб					
	1	2	3	4	5	6
1	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6

2. Строят гистограмму распределения подрешетных классов по коробам. Пример построения приведен на рис. 3.1.

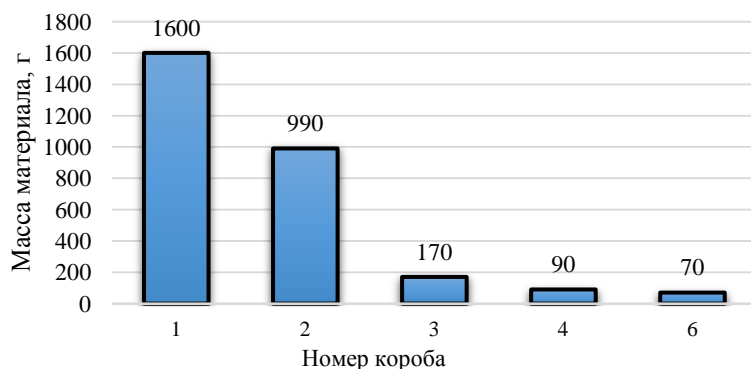


Рис. 2.2. Пример построения гистограммы распределения нижнего класса

3. Найденные данные записываются в таблицу 2.2 и определяется эффективность процесса грохочения.

Таблица 2.2

Результаты определения эффективности грохочения

№	Q , г	t , с	M , т/(ч·м ²)	$Q_{\text{ниж}}$, г	$Q_{\text{вер}}$, г	$\beta_{\text{вер}}^{-d}$, %	E , %
1.							

4. Предъявляют рабочие материалы с заполненной таблицей и графиком для проверки дежурному преподавателю и представителю учебного центра для проверки. Корректное заполнение данных подтверждается преподавателем и представителем учебного центра подписью с расшифровкой и датой. **Важно:** в случае отсутствия подписей работа считается не выполненной.

РАБОТА 3. ОПЫТЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Цель работы - ознакомление с принципом действия шаровой мельницы и влиянием переменных факторов на результаты измельчения.

Основные понятия

Измельчение — процесс уменьшения размеров кусков минерального сырья в результате ударного или других видов воздействия внешних механических сил с целью раскрытия сростков минералов и сокращения крупности зерен для обеспечения возможности проведения последующих технологических процессов.

Степень заполнения мельницы измельчающими телами — отношение объема, занятого измельчающей средой (по насыпной плотности), к рабочему объему мельницы:

$$\varphi = \frac{m_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}} V_{\text{м}}} \quad (3.1)$$

где $m_{\text{ш}}$ - масса измельчающей среды, кг; $\rho_{\text{ш}}$ - насыпная плотность измельчающей среды, кг/м³, для шаров; V - рабочий объем мельницы, м³.

Критическая частота вращения — частота вращения барабана мельницы, при котором измельчающая среда, находящаяся на внутренней поверхности мельницы, начинает центрифугировать, т.е. вращаться вместе с барабаном.

Критическая частота вращения в оборотах в минуту подсчитывается по формуле:

$$n_{\text{кр}} = \frac{42,3}{\sqrt{D}} \quad (3.2)$$

где D - внутренний диаметр мельницы, м.

Аппаратура. Рольганг с шаровой мельницей; прободитель; лабораторные весы; просеивающая машина; набор сит с диаметром обечайки 200 мм. Дополнительно необходимы перчатки, лабораторный халат, респиратор, лабораторная посуда, кисти для очистки посуды.

Исходный материал и схема опыта Дробленый материал крупностью -5 мм массой 600 г. Схема опыта приведена на рис.3.1.

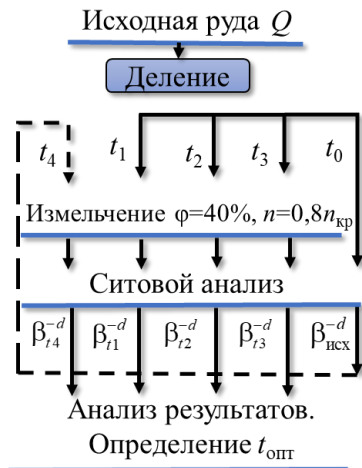


Рис. 3.1. Схема опытов по изучению влияния переменных факторов на работу шаровой мельницы

Порядок выполнения работы

1. Подготавливаются рабочие материалы (в тетради или на отдельном листе) для занесения в них данных, полученных в ходе проведения работы. Рабочие материалы в обязательном порядке должны содержать:

- ФИО и группу студента (с подписью);
- Дату и время выполнения работы;
- Название работы;
- Цель;
- Используемое оборудование;
- Схему выполнения опыта (рис. 3.1);
- Таблицу 3.1 для занесения данных (таблицы переносятся без заполнения граф).

2. Из исходного материала с помощью ротационного прободелителя получают 4 пробы массой около 150 гр каждая.

3. Составляют шаровую смесь из шаров различного диаметра. Общую массу шаровой загрузки подсчитывают, исходя из значения коэффициента заполнения мельницы, равного 40% от объема мельницы

4. Замеряют фактическую частоту вращения мельницы $n_{\text{факт}}$ и настраивают относительную частоту вращения мельницы так чтоб она составляла 80 % от критической частоты вращения.

Важно. Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории

5. Одну из выделенных проб подвергают ситовому анализу для определения исходной гранулометрической характеристики (время анализа 10 мин). Ситовой набор собирают аналогично работе 1. Полученные массы классов заносят в таблицу 3.1 (в графу $t=0$) и рассчитывают их выход по формуле 1.1. **Важно.** Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории.

Таблица 3.1

Результаты исследования кинетики измельчения

Класс крупности	Масса классов, г					Выход, %				
	$t=0$	$t=5$	$t=10$	$t=15$	$t=30$	$t=0$	$t=5$	$t=10$	$t=15$	$t=30$
$-d_1+d_2$										
$-d_2+d_3$										
...										
$-d_{n-1}+d_n$										
$-d_n+0$										
Итого:										

После проведения анализа проба направляется на один из опытов измельчения.

6. Параллельно с проведением ситового анализа исходного материала загружают в мельницу шары и одну из навесок руды и производят измельчение при t_i на рольганге с шаровой мельницей. Время измельчения 5, 10, 15, 30 мин. **Важно.** Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории.

7. Через заданное время останавливают мельницу и разгружают измельченный продукт в емкость.

8. Далее полученный продукт анализируют на содержание расчетного класса крупности с помощью ситового анализа (время анализа 10 мин). Результаты заносят в таблицу 4.1 в соответствующие графы и рассчитывают их выхода.

9. Опыты повторяют на других навесках, меняя время измельчения.

10. По результатам ситового анализа определяют суммарный выход расчетного класса крупности в измельченных продуктах. В качестве такого расчетного класса может быть принят один из следующих классов: -0,074; -0,15; -0,1 мм.

Анализ результатов

По результатам опытов строятся графические зависимости содержания расчетного класса (выбрать один или несколько мелких классов) в измельченном продукте в зависимости от значения переменного параметра.

Предъявляют рабочие материалы с заполненной таблицей и графиком для проверки дежурному преподавателю и представителю учебного центра для проверки. Корректное заполнение данных подтверждается преподавателем и представителем учебного центра подписью с расшифровкой и датой. **Важно:** в случае отсутствия подписей работа считается не выполненной.

РАБОТА 4. МАГНИТНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ

Цель работы — ознакомление с процессом магнитного обогащения, конструкцией магнитного сепаратора.

Основные понятия

Магнитная восприимчивость — безразмерная величина характеризующая связь намагниченности вещества \bar{J} с напряженностью магнитного поля \bar{H} в этом веществе: $\kappa = \bar{J} / \bar{H}$. Магнитная восприимчивость, рассчитанная на 1 кг вещества, называется удельной магнитной восприимчивостью: $\chi = \kappa / \rho$, где ρ — плотность вещества. Удельная магнитная восприимчивость χ является одним из основных факторов, влияющих на процесс магнитного обогащения, т. к. удельная магнитная сила f_M , действующая на единицу массы частицы, определяется выражением $f_M = \mu_0 \chi H \text{grad} H$, где $\text{grad} H$ — градиент напряженности магнитного поля; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнитная постоянная.

Магнитные свойства минералов — в практике магнитного обогащения применяют следующую классификацию минералов по их магнитным свойствам:

сильномагнитные минералы — минералы, извлекаемые на магнитных сепараторах с относительно слабым магнитным полем напряженностью до 120 кА/м. Эти минералы имеют удельную магнитную восприимчивость вещества $\chi > 4 \cdot 10^{-5}$ м³/кг. К ним относятся магнетит (искусственный и естественный), маггемит, титаномагнетит, франклинит и пирротин (встречаются, однако, и слабомагнитные разновидности пирротина).

слабомагнитные минералы — минералы, извлекаемые на магнитных сепараторах с сильным полем напряженностью 800-1500 кА/м и выше. Эта группа включает минералы с удельной магнитной восприимчивостью $\chi = (10 \div 750) \cdot 10^{-8}$ м³/кг: оксиды, гидроксиды и карбонаты железа и марганца, ильменит, вольфрамит, гранат, биотит и др. Нижний предел удельной магнитной восприимчивости минералов, извлекаемых на сепараторах с сильным полем, имеет тенденцию к понижению по мере совершенствования конструкций магнитных сепараторов.

немагнитные минералы — минералы, не извлекаемые при магнитном обогащении, удельная магнитная восприимчивость χ которых меньше $10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$. К ним относятся: кварц, кальцит, касситерит, апатит и др.

Сильное поле - неоднородное магнитное поле с индукцией поля в зазоре между полюсами 0,5-2 Тл, образующееся в замкнутых электромагнитных системах при прохождении электрического тока по катушкам системы. Напряженность такого поля равна 600-800 кА/м (10-20 тыс. Э) и выше.

Магнитная сепарация — сепарация, при которой используется действие магнитного поля на частицы, обладающие различной магнитной восприимчивостью.

Магнитный сепаратор — технологический аппарат, в котором разделение массопотока частиц осуществляется по магнитным свойствам составляющих компонентов путем изменения их траектории под действием магнитных и иных сил. Магнитный сепаратор имеет рабочий орган (в виде барабана, валка, диска и т. плотность), магнитную или электромагнитную систему, загрузочное и разгрузочное устройства, ванну с отделениями для магнитного и немагнитного продуктов, привод. Магнитные сепараторы разделяются по своему функциональному назначению, технологическим признакам, конструктивному исполнению: для обогащения кусковых, мелкодробленых, грубозернистых или тонкоизмельченных руд и материалов; для обогащения сильно- или слабомагнитных руд и материалов; для обогащения в воздушной или водной среде; использующие способы удерживания магнитных частиц на по-

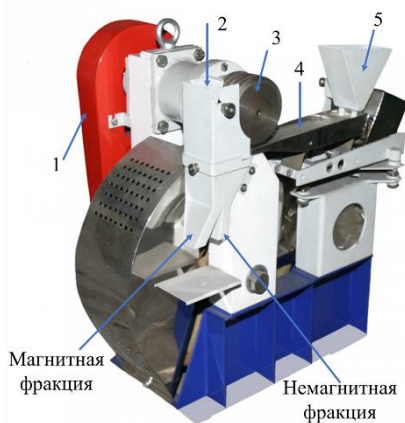


Рис. 4.1. Схема лабораторных валковых электромагнитных сепараторов с нижней подачей материала: 1 – привод; 2 – щетка для удаления магнитной фракции с валка; 3 - валок; 4 – вибрационный питатель; 5 – бункер

верхности рабочего органа под действием магнитных сил или извлечения (отклонения) их из рудного потока; реализующие принципы низко- или высокоградиентной сепарации и магнитные поля низкой (80-120 кА/м) или высокой (до 1500 кА/м) напряженности; по конструкции основного рабочего органа: барабанные, валковые, дисковые, ленточные, роторные; по конструкции магнитной системы: открытая, полужамкнутая, из постоянных магнитов или электромагнитная, с радиальным расположением полюсов или секторного типа; по конструкции ванны: прямоточная, противоточная или полу противоточная.

Аппаратура. Лабораторный барабанный магнитный сепаратор (рис. 4.1), рентгенофлуоресцентный анализатор Shimadzu EDX 7000, лабораторные весы. Дополнительно необходимы перчатки, лабораторный халат, респиратор, лабораторная посуда, кисти для очистки посуды и аппарата.

Исходный материал и схема опыта. Искусственная смесь слабомагнитного минерала (10 %) и немагнитного минерала (90 %). Масса навески опытов около 50 г. Схема опыта приведена на рис.4.2.

Порядок выполнения работы

1. Подготавливаются рабочие материалы (в тетради или на отдельном листе) для занесения в них данных, полученных в ходе проведения работы. Рабочие материалы в обязательном порядке должны содержать:

- ФИО и группу студента (с подписью);
- Дату и время выполнения работы;
- Название работы;
- Цель;
- Используемое оборудование и схему проведения опытов по магнитному обогащению (рис. 4.2).
- Таблицу 4.1 для занесения данных (таблицы переносятся без заполнения граф).

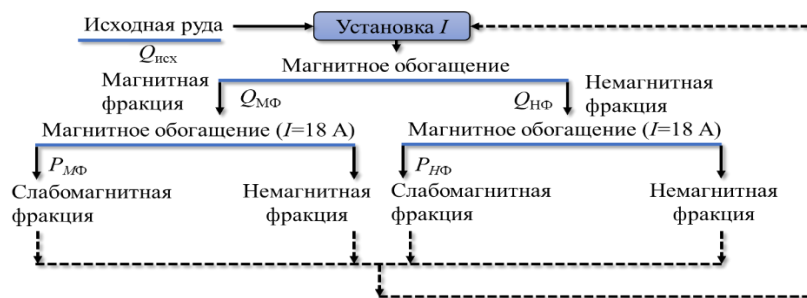


Рис. 4.2. Схема проведения опытов по магнитному обогащению

2. Приводят во вращение валок сепаратора. **Важно.** Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии со-трудника лаборатории.

3. Включают ток в катушках сепаратора и с помощью рео-стата устанавливают необходимую силу тока (в первом, втором и третьем опытах соответственно 2; 4 и 8 А).

4. Навеску исходного материала загружают в приёмную во-ронку сепаратора и производят магнитное обогащение.

5. После прекращения подачи исходного материала в рабо-чую зону сепаратора выключают ток, поступающий из катушек се-паратора, и останавливают валок и питатель сепаратора.

6. Получаемые при обогащении магнитные и немагнитные фракции взвешивают, массы их записывают в таблицу результатов опытов (табл. 4.1).

7. После взвешивания обеим фракциям (раздельно) проводят магнитное обогащение при $I=18$ А для выделения из каждой из них полезного слабомагнитного минерала.

8. Зная массу полученных при опытах магнитной и немаг-нитной фракций и массу содержащегося в них слабомагнитного ми-нерала, для каждого опыта рассчитывают технологические показа-тели: выходы фракций, содержание и извлечение в них магнитного и немагнитного продукта.

Либо для определения содержания полезного слабомагнит-ного минерала в продуктах разделения, проводят их анализ на рент-

генофлуоресцентном анализаторе Shimadzu EDX 7000. Тогда столбец 6 (масса слабомагнитного минерала) из таблицы убирают.

Таблица 4.1

Результаты опытов магнитного обогащения

Номер опыта	Сила тока, I, А	Продукт	Масса продукта Q, г	Выход продукта γ, %	Масса слабомагнитного минерала в порудкте P, г	Содержание слабомагнитного минерала в порудкте β, %	Извлечение слабомагнитного минерала в порудкте ε, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	МФ НФ ИМ		100,0			100,0
2	4	МФ НФ ИМ		100,0			100,0
3	8	МФ НФ ИМ		100,0			100,0

Примечание: МФ – магнитная фракция; НФ – немагнитная фракция; ИМ – исходный материал

Анализ результатов

Заполняют все графы таблицы 4.1. По полученным данным строят графики зависимости извлечения и содержания магнитной фракции каждого опыта от напряженности магнитного поля, делают выводы по ним:

$$\varepsilon_{\text{м.фр}} = f(I) \text{ и } \beta_{\text{м.фр}} = f(I)$$

Предъявляют рабочие материалы с заполненной таблицей и графиком для проверки дежурному преподавателю и представителю учебного центра для проверки. Корректное заполнение данных подтверждается преподавателем и представителем учебного центра подписью с расшифровкой и датой. **Важно:** в случае отсутствия подписей работа считается не выполненной.

РАБОТА 5. КОНЦЕНТРАЦИЯ НА СТОЛАХ

Цель работы – ознакомление с работой концентрационного стола и с процессом обогащения на нем.

Основные понятия

Гравитационным обогащением называют такой метод, в котором разделение минеральных частиц, отличающихся плотностью, размером и формой, обусловлено различием в характере и скорости их движения в текучих средах под действием силы тяжести и сил сопротивления.

Гравитационный метод представлен рядом процессов. Они могут быть собственно *гравитационными* (разделение в поле силы тяжести – обычно используются для относительно крупных частиц) и *центробежными* (разделение в центробежном поле – обычно используются для относительно мелких частиц). Если разделение происходит в воздушной среде, то процессы называют *пневматическими*; в остальных случаях – *гидравлическими*. Наибольшее распространение в обогащении получили собственно гравитационные процессы, осуществляемые в воде.

По типу используемых аппаратов гравитационные процессы можно разделить на:

- отсадку,
- обогащение в тяжелых средах,
- концентрацию на столах,
- обогащение на шлюзах,
- обогащение на в желобах,
- обогащение на винтовых сепараторах,
- обогащение на центробежных концентраторах,
- обогащение на вибрационных концентраторах,
- обогащение на противоточных водных сепараторах и др.

Преимущества гравитационного обогащения: экономичность, нанесение минимального вреда окружающей среде и высокая производительность (для большинства процессов). Основной *недостаток* – трудность эффективного обогащения мелких частиц.

Основной вид движения при гравитационном обогащении – это падение частиц.

Гидравлическое *обогащение на концентрационном (качающемся) столе* - разделение полезного ископаемого по плотности на продукты разного минералогического состава в потоках воды, текущих по слабонаклонной поверхности, которая совершает возвратно-поступательные несимметричные качания.

Стол - наклонная плоскость (ее называют декой), на которой через определенные расстояния набиты планки (нарифления), сходящиеся на нет к разгрузочному концу стола (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Схема концентрационного стола
1 – дека; 2 – нарифления; 3 - сборники

Аппаратура. Лабораторный концентрационный стол; лабораторный барабанный магнитный сепаратор со слабым полем; противни для сушки продуктов; фарфоровая чашка; резиновая груша.

Исходный материал Искусственная смесь кварца (или любого другого немагнитного минерала) и магнетита крупностью - $1+0,1$ мм. Содержание магнетита в исходном материале 10 % масса навески для опыта 2 – 3 кг. Схема опыта приведена на рис.4.2

Порядок выполнения работы

1. Подготавливаются рабочие материалы (в тетради или на отдельном листе) для занесения в них данных, полученных в ходе проведения работы. Рабочие материалы в обязательном порядке должны содержать:

- ФИО и группу студента (с подписью);
- Дату и время выполнения работы;



Рис.5.2 Схема опытов на концентрационном столе

- Название работы;
- Цель;
- Используемое оборудование;
- Таблицу 5.1 для занесения данных (таблицы переносятся без заполнения граф).

2. Пускают воду на стол в таком количестве, чтобы она спокойно, ровным слоем стекала по всему периметру стола (распределение смывной воды по деке стола регулируется соответствующим положением вертушек в желобе, по которому течет вода).

3. Включают приводной механизм стола. Важно. Опыт следует проводить только после разрешения и в присутствии сотрудника лаборатории

4. Приготовленную навеску исходного материала (2 – 3 кг) смачивают водой. Равномерно загружают материал в загрузочное отделение стола, откуда он через отверстия поступает на его поверхность. Регулируют работу стола так, чтобы на его поверхности образовался нормальный веер (была бы видна четкая граница между

магнетитом и полевым шпатом). Этого добиваются, меняя угол наклона деки и количество подаваемой воды.

5. После окончания регулировки материал из фарфоровой чашки возвращают снова в загрузочное отделение стола, куда непрерывно загружается также и исходный материал. Полученные продукты разгружают по периметру стола в соответствующие приемники. Согласно схеме (рис.5.2) выделяют три продукта.

6. По окончании загрузки исходного материала стол должен работать, пока его поверхность не освободится от материала.

7. Останавливают стол, закрывают воду и полученные при обогащении концентрат и промпродукт разгружают из приемников стола в противни, сушат и взвешивают. Массу концентрата и промпродукта записывают в таблицу результатов опыта (табл.5.1). Массу хвостов определяют по разности, зная массу исходной навески для опыта (например, 3 кг), хвосты, поэтому не сушат, а только разгружают из приемников стола на противень, где была приготовлена навеска исходного материала.

Таблица 5.1

Результаты опытов обогащения на концентрационном столе

№	Наименование продукта	Масса продукта Q , кг	Выход продукта γ , %	Масса магнетита в продукте P , кг	Содержание магнетита β , %	Извлечение магнетита в продукте ϵ , %
1	Исходный материал		100,0	300	10,0	100
2	Концентрат					
3	Промпродукт					
4	Хвосты					

Анализ результатов

Анализ на лабораторном барабанном магнитном сепараторе.

1. Сухие концентрат и промпродукт (раздельно) подвергают разделению на лабораторном магнитном сепараторе на магнитную и немагнитную фракции.

2. Магнитные фракции каждого продукта взвешивают и массу их записывают в табл.5.1. Массу магнитной фракции в хвостах определяют по разности, так, как количество магнетита в исходной навеске известно.

3. Подсчитывают выходы продуктов, содержание и извлечение магнетита в продукты. Результаты опыта записывают в табл.5.1

4. Предъявляют рабочие материалы с заполненной таблицей и графиком для проверки дежурному преподавателю и представителю учебного центра для проверки. Корректное заполнение данных подтверждается преподавателем и представителем учебного центра подписью с расшифровкой и датой. **Важно:** в случае отсутствия подписей работа считается не выполненной.

РАБОТА 6. ОБОГАЩЕНИЕ ФЛОТАЦИЕЙ

Цель работы: изучение процесса флотации полезных ископаемых.

Общие сведения

Для повышения эффективности флотации в пульпу вводят флотационные реагенты.

Реагенты — вещества, которые способствуют успешной флотации минералов, сорбируясь:

- 1) на поверхности раздела твердое тело-жидкость;
- 2) на границе раздела жидкость-воздух.

К первой группе реагентов относятся собиратели и многие модификаторы флотации (активаторы, депрессоры), ко второй — главным образом пенообразователи.

По назначению реагенты делятся на:

- собиратели (коллекторы),
- вспениватели (пенообразователи),
- модификаторы,
- регуляторы.

Собиратели (коллекторы, устар.) — флотационные реагенты, которые повышают способность флотируемых частиц концентрироваться на поверхности пузырьков газа. Классическими реагентами собирателями являются органические вещества гетерополярного, реже аполярного строения, которые, концентрируясь на поверхности извлекаемых частиц, повышают ее гидрофобность и способствуют прилипанию частиц к пузырькам воздуха. Собиратели подразделяются на ионогенные и неионогенные.

Модификаторы (активаторы или депрессоры) регулируют действие собирателей, усиливая или ослабляя его.

Активаторы — флотационные реагенты-модификаторы, усиливающие взаимодействие реагентов-собирателей с поверхностью флотируемых частиц. Активаторы непосредственно взаимодействуют с поверхностью извлекаемых частиц. Типичными активаторами являются медный купорос, сернистый натрий и т. д.

Депрессоры (подавители) — флотационные реагенты-регуляторы, применяемые для улучшения селективности флотации. Депрессоры закрепляются на поверхности определенных минералов

и препятствуют адсорбции собирателя на них, а также гидрофилизуют поверхность этих минералов и тем самым предотвращают их флотацию одновременно с другими минералами. Типичными депрессорами являются соли неорганических кислот, содержащие анионы S^{2-} , SO_3^{2-} , SiO_3^{2-} , CN^- , H_2SO_3 , а также известь, углеводы, лигнин, различные органические красители, танин и др.

Регуляторы pH среды — реагенты, которые изменяют форму нахождения собирателей в воде (ионную, молекулярную), выводя из нее нежелательные ионы, пептизируя (или коагулируя) тонкие шламы, а также путем непосредственной адсорбции ионов H^+ и OH^- на минералах.

Кроме того, существуют модификаторы пены, меняющие структуру пены или гасящие ее. Оба типа этих реагентов часто являются и модификаторами флотации.

Пенообразователи — реагенты, применяемые для тонкого диспергирования вводимого во флотомашину воздуха и образования пены. Обеспечивают механическую прочность воздушных пузырьков и препятствуют их коалесценции в объеме пульпы и на ее поверхности в результате адсорбции их на границе раздела фаз жидкость-газ. Пенообразователи повышают устойчивость пены, насыщенной частицами флотируемого минерала, замедляют всасывание пузырьков, иногда влияют на собирательное действие реагентов и прочность прилипания частиц к пузырькам.

Классификация реагентов во многом условна, т.к. имеются собиратели, обладающие свойствами вспенивателей и наоборот.

Аппаратура: Весы лабораторные, лабораторные флотационные машины, рентгенофлуоресцентный анализатор Shimadzu EDX 7000, сушильный шкаф. Дополнительно необходимы перчатки, лабораторный халат, респиратор, лабораторная посуда, кисти для очистки посуды.

Порядок выполнения работы:

Исследование процесса флотации проводят на искусственной биминеральной смеси состоящей, например, из апатита и кварца или других минералов (реагентный режим при этом должен быть изменен по указанию преподавателя).

1. С помощью магнитной мешалки и лабораторных весов подготавливаются реагенты. Требуемый объем реагента в миллилитрах рассчитывается по формуле:

$$V = q \cdot P / 10000 \cdot C$$

где q - заданный расход реагента, г/т; P - масса исходной навески, г; C - концентрация реагента, %.

Требуется провести опыты с различным расходом собирателя (например, 50, 100 и 150 г/т). Расход депрессора – 100 г/т. Регулятора рН – 100 г/т (расходы могут быть изменены).

2. В камеру флотомашин машины заливается небольшое количество воды (приблизительно половину объема камеры), затем включается импеллер (при закрытом воздухе) и засыпается навеска руды. После перемешивания пульпы в камеру добавляется вода так, чтобы уровень пульпы достигал порога камеры.

3. Затем в пульпу добавляется соответствующей пипеткой рассчитанный объем реагентов. Последовательность подачи реагентов и время агитации пульпы с каждым реагентом указаны на рис. 6.1. После подачи регулятора рН замеряется его уровень и данные вносятся в таблицу 6.1.

4. После этого открывается воздух и проводится флотация. Время основной и контрольной флотаций 5 и 7 мин соответственно. По мере снятия пены необходимо следить за уровнем пульпы в камере (при необходимости добавлять воду).

5. После окончания флотации пенный и камерный продукты высушить в сушильном шкафу и взвесить.

6. Производится анализ полученных продуктов обогащения на содержание ценных на рентгенофлуоресцентном анализаторе Shimadzu EDX 7000.

7. Результаты заносятся в таблицу 6.1

Анализ результатов

Зная массу полученных при опытах продуктов определяют содержание в них полезного минерала, для каждого опыта и рассчитывают технологические показатели: выход, содержание и извлечение в них полезного минерала.

Использование результатов опытов.

По экспериментальным данным построить график зависимости результатов флотации от расхода собирателя и рекомендовать оптимальный расход.

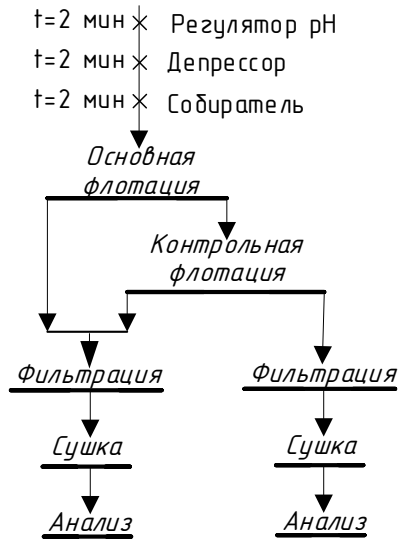


Рис. 6.1. Схема опыта

Таблица 6.1

Результаты опытов флотации

№	Реагентный режим	Продукт	Q_i , г	γ_i , %	β_i , %	ε_i , %
1	pH= Собиратель – Расход 1 г/т	К-т Хв. Исх.				
2	pH= Собиратель – Расход 2 г/т	К-т Хв. Исх.				
3	pH= Собиратель – Расход 3 г/т	К-т Хв. Исх.				

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 1. Обогащительные процессы. - М.: Горная книга, 2018. - 420 с., и пред. издания 2006. (Печатный экземпляр).
2. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Т. 2. Технологии обогащения полезных ископаемых. - М.: Горная книга, 2017. - 312 с., и пред. издания 2006. (Печатный экземпляр).
3. Александрова Т.Н. Обогащение полезных ископаемых. [Электронный ресурс]: учебник/ Александрова Т.Н., Кусков В.Б., Львов В.В., Николаева Н.В – Электрон. дан. РИЦ Национального минерально-сырьевого университета «Горный», Заказ 503. С 144 (ISBN 978-5-94211-731-3), 2015, 530 с.
http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<>I=33%2E4%D1%8F73%2F%D0%9E%2D21%2D667610266<
4. Обогащение полезных ископаемых: учеб. пособие [Электронный ресурс]: / К.И. Лукина, В. П. Якушкин, А. Н. Муклакова. — М.: ИНФРА-М, 2017. — 224 с. — (Высшее образование: Специалитет). <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=561064>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Работа 1. Опыты дробления.....	5
Работа 2. Опыты грохочения.....	15
Работа 3. Опыты измельчения.....	19
Работа 4. Магнитное обогащение.....	23
Работа 5. Концентрация на столах.....	28
Работа 6. Обогащение флотацией.....	33
Библиографический список.....	37

ОСНОВЫ ОБОГАЩЕНИЯ РУД

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов бакалавриата направления 22.03.02*

Сост.: *В.Б. Кусков, А.О. Ромашев*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
обогащения полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *В.Б. Кусков*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 30.05.2022. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 2,2. Усл.кр.-отт. 2,2. Уч.-изд.л. 1,9. Тираж 50 экз. Заказ 333.

Санкт-Петербургский горный университет
РИЦ Санкт-Петербургского горного университета
Адрес университета и РИЦ: 199106 Санкт-Петербург, 21-я линия, 2