

МАГНИТНЫЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.04*

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра обогащения полезных ископаемых

МАГНИТНЫЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.04*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2020

УДК 622.7.002.5 (073)

МАГНИТНЫЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ: Методические указания к лабораторным работам / Санкт-Петербургский горный университет. Сост. *В.В. Львов*. СПб., 2020. 64 с.

Методические указания знакомят студентов с основными положениями теории и практики процессов магнитных, электрических и специальных методов, применяемых при обогащении рудного сырья. Главное внимание уделено методике проведения и исследования рассматриваемых процессов, обработки полученных результатов.

Предназначены для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело» специализации «Обогащение полезных ископаемых» при изучении дисциплин «Магнитные, электрические и специальные методы обогащения».

Научный редактор проф. *Т.Н. Александрова*

Рецензент канд. техн. наук *В.А. Таранов* (АО «Механобр инжиниринг»)

© Санкт-Петербургский
горный университет, 2020 г.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач подготовки современного высококвалифицированного специалиста является всемерное развитие творческого начала и инициативы студентов. Достижение этого возможно, прежде всего, путем привлечения студентов к исследовательской работе, как в рамках учебного процесса, так и во внеучебное время.

С целью более глубокого усвоения студентами изучаемого материала и приобретения навыков исследования по курсу «Магнитные, электрические и специальные методы обогащения», помимо лекций, в учебном плане предусмотрены лабораторные работы, которые выполняются каждым студентом индивидуально. Каждая лабораторная работа содержит элементы исследования изучаемого процесса и обработки полученных данных.

Перед началом работы в лаборатории следует детально ознакомиться с правилами техники безопасности, устройством и принципом работы лабораторного оборудования и порядком занятий.

Каждая лабораторная работа выполняется поэтапно: собеседование, проведение эксперимента, составление отчета по работе и защита отчета.

При собеседовании выясняется цель работы и возможность ее осмысленного проведения. После этого студент получает задание на проведение работы и выполняет ее. Затем он должен показать преподавателю полученные результаты, убрать свое рабочее место.

Отчет по работе должен содержать цель работы, краткие сведения по теории процесса, описание методики исследования; эскиз оборудования с указанием основных элементов конструкции; задание; результаты расчетов по полученным экспериментальным данным в виде таблиц и графиков; выводы по работе.

Работа считается законченной при успешной защите отчета, после чего студент допускается к выполнению следующей работы.

Работа 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИНДУКЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Цель работы – знакомство с работой сухого валкового электромагнитного сепаратора, исследование влияния индукции магнитного поля на технологические показатели магнитного обогащения.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Лабораторный валковый электромагнитный сепаратор ЭВС 10/5 фирмы НПК «Механобр - Техника» (Россия); секундомер; лабораторные весы; емкости для продуктов, набор лабораторных сит, ситовой анализатор фирмы *Laarmann* модель *LMSM-200* (Германия).

Лабораторный валковый электромагнитный сепаратор (рис.1.1) предназначен для сухого разделения слабомagnetных руд и материалов (крупностью до 2000 мкм) на магнитные и немагнитные компоненты. Исполнение сепаратора позволяет использовать его в качестве анализатора в лабораторных условиях.

Основные элементы конструкции валкового электромагнитного сепаратора и электромагнитной системы представлены на рисунках 1.1 и 1.2. Сепаратор представляет собой раму 2, на которой установлена электромагнитная система 1, кронштейн 7 с питателем 3 и привод валка. Электромагнитная система (см. рис. 1.2) включает в себя полюс 14, сердечник 15, ярмо 16 и валок 17. Эти детали составляют магнитопровод и выполнены из магнитомягкой стали. На сердечнике размещена обмотка возбуждения, состоящая из двух катушек 18. К ярму с обеих сторон крепятся подшипниковые узлы валка, который имеет зубчатую рабочую часть, расположенную напротив полюса. Воздушный зазор между полюсом и зубцами валка образует зону сепарации, где концентрируется магнитное поле при включении обмотки возбуждения. Величину зазора можно регулировать с помощью прокладок, подкладываемых под полюс. В рабочий зазор входит лоток вибропитателя 3, который установлен на кронштейне 7, закрепленном на раме. Лоток имеет желобки, в которые входят зубцы валка. Зазор между желобками лотка и зубцами валка регулируется с помощью регулировочного винта 19 и фиксируется винтом 20. Привод валка включает в себя двигатель 21 и две

клиноременные передачи. Для подачи питания служит бункер 5, который крепится на кронштейне с помощью зажимной гайки.

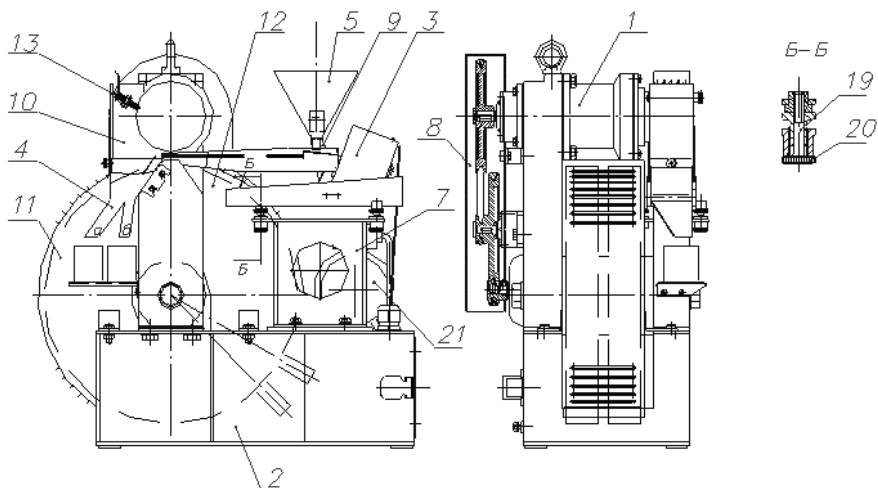


Рис. 1.1 Схема лабораторного валкового электромагнитного сепаратора ЭВС 10/5:

- 1 – электромагнитная система; 2 – рама; 3 – питатель; 4 – течка; 5 – бункер;
- 7 – кронштейн; 8 – кожух; 9 – лоток вибропитателя; 10 – отражатель;
- 11, 12 – ограждение; 13 – скребок; 19 – регулировочный винт; 20 – винт;
- 21 – двигатель.

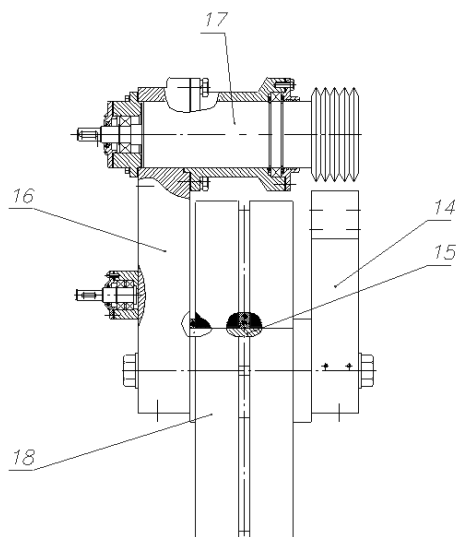


Рис. 1.2 Система электромагнитная

14 – полюс; 15 – сердечник; 16 – ярмо; 17 – валок; 18 – катушка.

К ярму магнитной системы крепится приемная течка 4, имеющая два отсека «а» и «б». На течке установлен отражатель 10 со скребком 13 для очистки валка. Электропитание сепаратора осуществляется от пульта управления. Сведения об электрооборудовании, входящем в состав пульта управления, содержатся в паспорте пульта управления сепаратором. Пульт и сепаратор соединяются двумя кабелями со вставками штепсельных разъемов

Схема проведения опытов представлена на рис. 1.3.

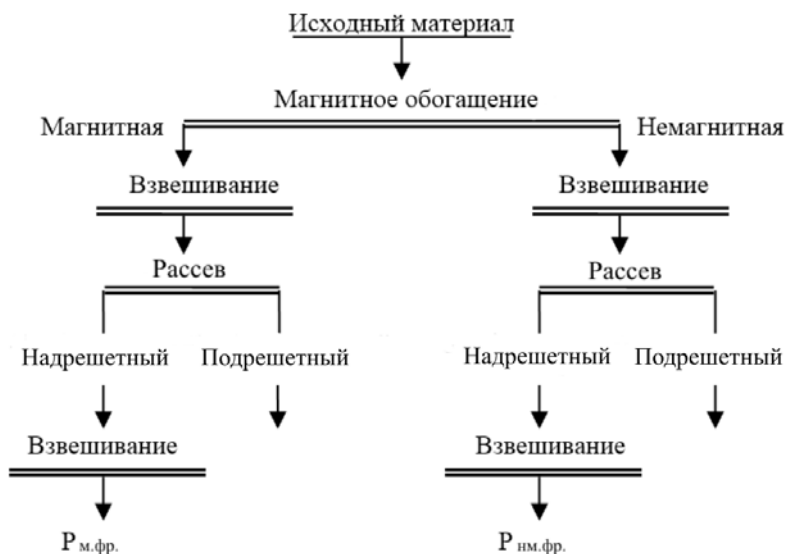


Рис.1.3 Схема опытов магнитного обогащения в сильном поле

Исходный материал и условия проведения опытов.

Исходным материалом для опытов служит искусственная смесь слабомагнитного (гранат, халькопирит, пирит) и немагнитного (кварца, полевой шпат и тд) минерала различной крупности. Масса навески для опыта составляет 50 г (10 % слабомагнитного минерала и 90 % кварца).

Постоянные условия проведения опытов: ширина рабочего зазора 7 мм; частота вращения вала, положение делительной перегородки, крупность исходной смеси (крупность слабомагнитного и немагнитного минерала должны иметь различную крупность).

Переменные условия проведения опытов: сила тока в обмотке катушек сепаратора (задаётся преподавателем).

Порядок проведения работы.

1. Приготовить три навески по 50 г исходной смеси указанной крупности в заданном соотношении.

2. Включить привод вала и электромагнитную систему. В соответствии с табл. 1.1 выставить необходимую величину магнитной индукции.

Таблица 1.1

Результаты опытов магнитного обогащения материала разной крупности на валковом электромагнитном сепараторе с верхней подачей

Сила тока в катушке, А	Индукция магнитного поля, Тл
5	1,20
10	1,30
15	1,55
20	1,80

2. Провести опыты магнитного обогащения последовательно на каждой навеске исходной смеси через электромагнитный сепаратор, где получают магнитную и немагнитную фракции.

Порядок работы на сепараторе следующий: а) включить привод вала сепаратора; б) включить электромагнитную систему, установить требуемую величину силы тока (индукции); в) включить вибропитатель. Подлежащий сепарации материал насыпается в бункер, из которого по лотку вибропитателя подается в рабочую зону. Здесь магнитные частицы притягиваются к поверхности зубцов вращающегося вала и выносятся в зону с ослабленным магнитным полем, где отрываются от зубцов вала и попадают в отсек «а» течки. Немагнитные частицы ссыпаются с лотка в отсек «б». Замерить время загрузки материала в сепаратор по секундомеру. Рассчитать удельную нагрузку по формуле:

$$q_{уд} = \frac{q_{исх}}{t \cdot l} \quad (1.1)$$

где: $q_{исх}$ - масса исходной навески, г ($q_{исх} = 50$ г); t – время загрузки материала в сепаратор, мин; l - длина вала - рабочего органа сепаратора (ширина питания), см ($l = 5$ см).

После прекращения подачи материала сепаратор остановить в обратном, по сравнению с пуском, порядке: выключить сначала питатель, потом подачу тока и затем остановить валок.

3. Взвесить полученные в каждом опыте продукты и массу их записать в таблицу результатов (табл. 1.2).

4. Произвести ситовой анализ полученных при опытах магнитных и немагнитных фракций для определения в них содержания слабомагнитного минерала (расчетного компонента). Размер ячейки сита в каждом случае должен быть меньше нижней границы крупности слабомагнитной фракции и больше верхней границы крупности

немагнитной фракции. Выделенный при этом из каждой магнитной и немагнитной фракции слабомагнитный минерал (надрешетный продукт) необходимо взвесить и полученные массы ($P_{\text{м.фр.}}$ и $P_{\text{нм.фр.}}$) записать в табл.1.2.

5. Рассчитать основные технологические показатели обогащения для каждого опыта (выходы продуктов, содержание и извлечение в них слабомагнитного минерала) и занести результаты в табл.1.2.

Таблица 1.2

Результаты опытов магнитного обогащения материала разной крупности на валковом электромагнитном сепараторе с верхней подачей

№ опыта	Крупность питания, мкм	Продукт	Масса продукта, Q, г	Выход продукта, γ, %	Масса слабомагнитного минерала в продукте, P, г	Содержание слабомагнитного минерала в продукте, β, %	Извлечение слабомагнитного минерала в продукте, ε, %
		Магнитный					
		Немагнитный					
		Исходный					

Обработка результатов.

По полученным результатам строят графики зависимости выхода, содержания и извлечения слабомагнитного минерала в магнитные фракции от индукции магнитного поля $\gamma = f(B)$, $\beta = f(B)$ и $\varepsilon = f(B)$.

По графикам делают выводы о влиянии индукции магнитного поля на технологические показатели магнитного обогащения и оформляют отчет (см. Введение).

Работа 2. МАГНИТНЫЙ АНАЛИЗ СИЛЬНОМАГНИТНЫХ РУД НА ТРУБЧАТОМ АНАЛИЗАТОРЕ

Цель работы - ознакомление с методикой мокрого магнитного анализа сильномагнитных руд и продуктов магнитной сепарации на обогатимость магнитным методом с помощью трубчатого электромагнитного анализатора.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Анализатор электромагнитный трубчатый; лабораторные весы; емкость для продуктов; сушильный шкаф; спринцовка.

Анализатор электромагнитный трубчатый (рис.2.1) предназначен для мокрого магнитного анализа сильномагнитных руд. Анализатор состоит из наклонной стеклянной трубки 2, помещенной в воздушном зазоре электромагнитной системы, состоящей из сердечника 1 и ярма 4. На сердечнике размещена обмотка возбуждения, состоящая из восьми катушек 2. На полюсах (9) электромагнитной системы закреплена рама 7. Угол наклона рамы относительно основания (6) можно регулировать, предварительно ослабив винты (10). На раме 7 смонтирован мотор – редуктор 5, который с помощью кулисы приводит в движение каретку 8. Трубка 3 закреплена в каретке, вместе с которой совершает поступательно – вращательные движения вдоль своей оси. Силу тока в обмотке катушек электромагнита можно регулировать реостатом (до 1,5 А). Через трубку протекает вода, расход и уровень которой при анализе поддерживается постоянным.

Исходный материал и условия проведения опытов.

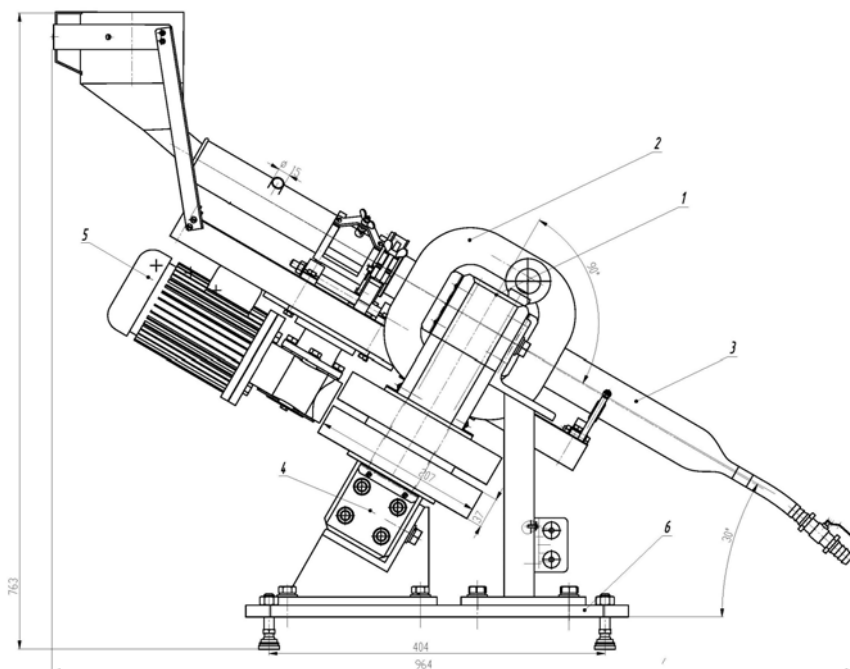
Исходным материалом является магнитная руда или искусственная смесь магнитного и немагнитных минералов массой 50 г. Условия проведения магнитного анализа: расход воды 1 л/мин; при анализе последовательно выделяется четыре магнитных фракции при силе тока 0,25; 0,5; 0,75; 1,25 А и одна - немагнитная.

Схема анализа приведена на рис.2.3.

Порядок выполнения работы.

1. Привести в движение трубку анализатора
2. Установить необходимую силу тока в обмотке катушек анализатора (магнитный анализ начинают с выведения наиболее сильномагнитной фракции, т.е. при заданной минимальной силе тока 0,25 А, см. Рисунок 2.2). Силу тока меняют с помощью реостата и контролируют по амперметру, установленному у реостата анализатора.
3. Наполнить стеклянную трубку водой и отрегулировать нижний выпуск воды таким образом, чтобы он пропускал через себя 1 л/мин при уровне воды на 5-10 см ниже верхнего конца трубки. После этого при проведении опыта необходимо лишь поддерживать

вышеуказанный уровень воды, не давая трубке переполняться, при этом расход воды останется практически статичным. От равномерности подачи воды сильно будут зависеть результаты опыта.



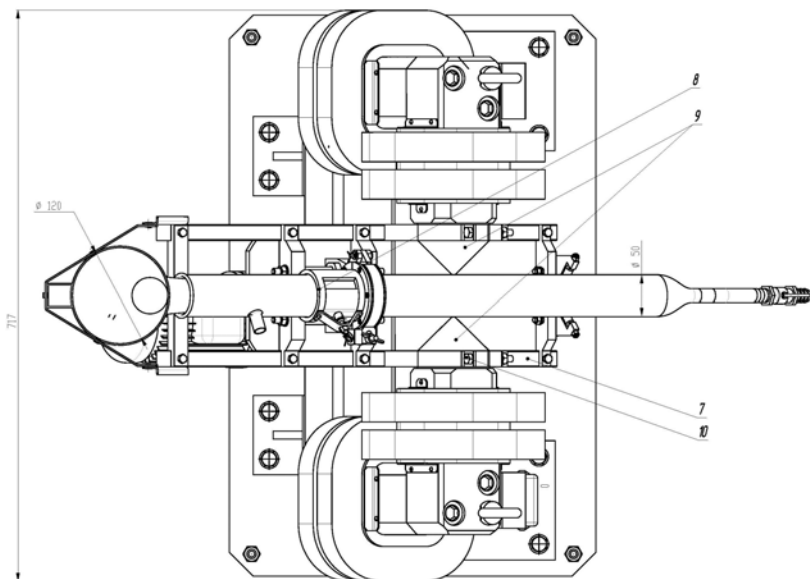


Рис.2.1 Трубчатый электромагнитный анализатор
 1-сердечник; 2-катушка; 3-трубка; 4-ярмо; 5-мотор-редуктор; 6-основание, 7-рама;
 8-каретка; 9-полус; 10-винт.

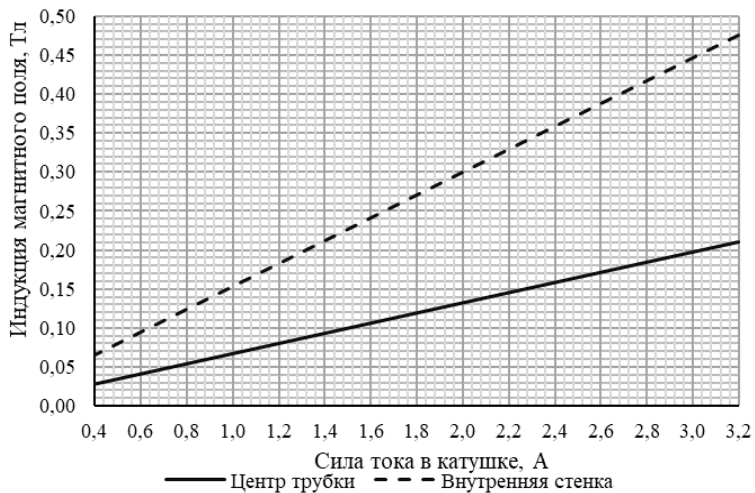


Рис.2.2 Зависимость индукции магнитного поля от силы тока в катушках

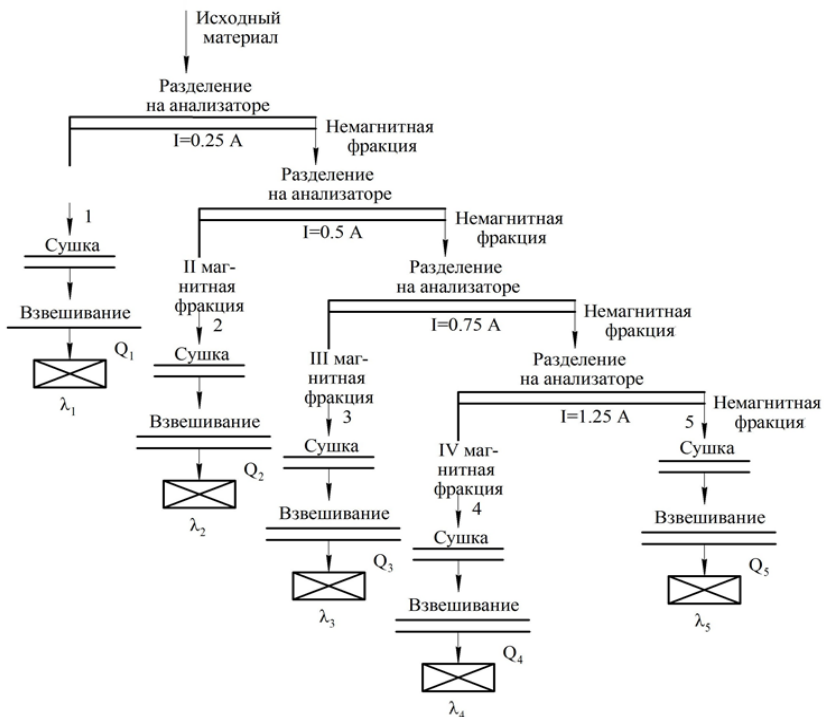


Рис.2.3. Схема магнитного анализа на трубчатом анализаторе



- анализ фракций на содержание в них железа

4. Исходный материал в виде пульпы необходимо равномерно загружать в трубку. Под действием силы тяжести и промывной воды, подаваемой вместе с питанием, материал движется к разгрузочному концу трубки, при этом магнитный продукт задерживается магнитным полем заданной величины напротив полюсов электромагнитной системы. За счёт поступательно-вращательных движений трубки происходит перемешивание магнитной фракции и её очистка от захваченных немагнитных частиц. После окончания загрузки некоторое время (2-3 мин) продолжать пропускать через трубку воду, чтобы полностью удалить из нее немагнитную фракцию (вода ниже уровня полюсов станет полностью прозрачной).

5. Начать разгрузку магнитного продукта — не останавливая работу трубки, сменить емкость сбора немагнитного продукта на чистую емкость для магнитного продукта, после чего отключить силу тока, подаваемого в катушки, полностью открыть сливной кран трубки и смыть все оставшиеся на стенках трубки частицы. Полученной 1 магнитной фракции нужно дать немного отстояться, чтобы после этого слить излишки воды и досушить материал в сушильном шкафу.

6. Слить воду с полученной немагнитной фракции первого приема (после пропускания исходного материала через анализатор при силе тока 0,25 А) и пропустить ее повторно через анализатор при том же расходе воды, но уже при большей силе тока (0,5 А). Порядок работы при этом сохраняется тот же, что и в первом приеме.

7. Полученную 2 магнитную фракцию высушить, немагнитную снова пропустить через анализатор, но уже при силе тока 0,75 А.

8. Полученную 3 магнитную фракцию высушить, немагнитную снова пропустить через анализатор, но уже при силе тока 1,25 А.

9. Все полученные фракции (четыре магнитные и одна немагнитная) после сушки взвесить и массу записать в таблицу результатов (табл.2.2).

10. Каждую фракцию подвергнуть химическому анализу для определения в ней содержания железа λ (в отдельных случаях оно задается преподавателем), результат записать в гр.6 табл.2.1

11. Для каждой фракции рассчитать выход и извлечение в них железа. Результаты записать в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Результаты опытов магнитного анализа

№ продукта	Продукт	Сила тока, при которой выделяется фракция, I , А	Масса фракции, Q , г	Выход продукта, %, %	Содержание железа, λ , %	$\gamma\lambda$	Извлечение железа, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Магнитный	0,25	Q_1	γ_1	λ_1	$\gamma_1 \lambda_1$	ε_1
2		0,5	Q_2	γ_2	λ_2	$\gamma_2 \lambda_2$	ε_2
3		0,75	Q_3	γ_3	λ_3	$\gamma_3 \lambda_3$	ε_3
4		1,25	Q_4	γ_4	λ_4	$\gamma_4 \lambda_4$	ε_4
5	Немагнитный	0	Q_5	γ_5	λ_5	$\gamma_5 \lambda_5$	ε_5
0	Исходный		$\sum Q$	100,0	λ_0	$\sum \gamma\lambda$	100,0

12. Для каждого значения силы тока, зная выход, извлечение и содержание железа в отдельных фракциях, рассчитать суммарные данные по магнитной и немагнитной фракциям. Результаты расчета также сводят в табл.2.1.

Обработка результатов.

По данным магнитного анализа (табл.2.1) на одном графике построить кривые обогатимости β^M , β^H , ε^H и I (рис.2.4).

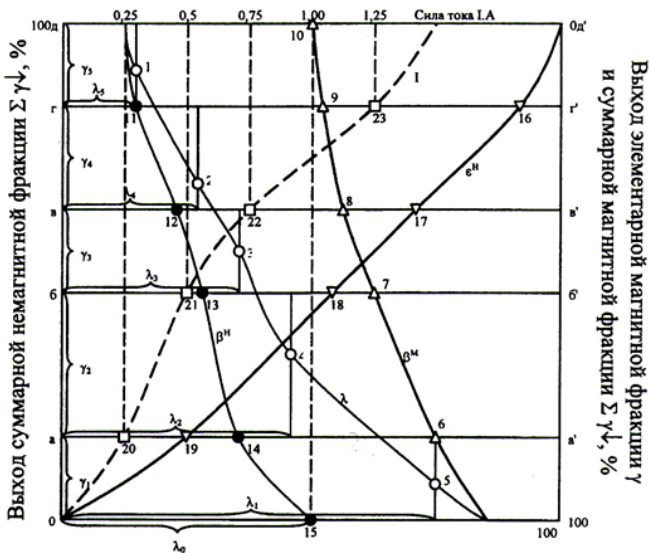


Рис.2.4 Кривые обогатимости, построенные по результатам магнитного анализа

Кривая λ - элементарная кривая распределения железа по отдельным фракциям. Строится по данным гр.5 и 6 табл.2.1. При этом принимается, что элементарный слой с содержанием железа, отвечающим содержанию последнего во всей фракции, находится в среднем слое данной фракции. Для удобства построения кривых обогатимости, в частности-кривой λ , рекомендуется построить сначала в определенном масштабе квадрат (рис.2.4). Вертикальная сторона квадрата принимается за ось ординат и на ней снизу-вверх откладывается выход фракции (длина стороны соответствует 100-процентному выходу исходного материала). Нижняя горизонтальная сторона квадрата служит осью абсцисс и на ней слева направо откладывают содержание полезного компонента, т.е. железа, и справа

Таблица 2.2

Данные для построения кривых обогатимости

№ про- дукта	Продукт	Суммарные данные							
		Магнитная фракция		Суммарное извлечение		Немагнитная фракция			
	Суммарный выход $\Sigma \gamma_i$	$\Sigma \gamma_i \lambda_{i,1}$	$\beta = \frac{\Sigma \gamma_i \lambda_i}{\Sigma \gamma_i}$	$M = \frac{\Sigma \gamma_i \lambda_i}{\Sigma \epsilon}$	Суммарный выход $\Sigma \gamma_i$	$\Sigma \gamma_i \lambda$	$\beta = \frac{\Sigma \gamma_i \lambda}{\Sigma \gamma_i}$	Суммарное извлечение $\epsilon^H = \Sigma \epsilon$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		γ	$\gamma_1 \lambda_1$	$M = \lambda_1$ $\beta_1 = \lambda_1$	$\epsilon_1 = \epsilon_1$	100,0	$\Sigma \gamma \lambda$	$\beta_5 = \lambda_0$	$\epsilon_5 = 100$
2	Магнитная фракция	$\gamma_1 + \gamma_2$	$\gamma_1 \lambda_1 + \gamma_2 \lambda_2$	M β_2	$M = \epsilon_1 + \epsilon_2$ ϵ_2	и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.
3		и т.д.	и т.д.	и т.д.	и т.д.				
4						$\gamma_5 + \gamma_4$	$\gamma_5 \lambda_5 + \gamma_4 \lambda_4$	β_2^H	$\epsilon_2^H = \epsilon_5 + \epsilon_4$
5	Немагнитная фракция	100,0	$\Sigma \gamma \lambda$	$M = \lambda_0$ $\beta_5 = \lambda_0$	$\epsilon_5 = 100$	γ_5	$\gamma_5 \lambda_5$	$\beta_1^H = \lambda_5$	$\epsilon_1^H = \epsilon_5$
0	Исходный материал								

налево – извлечение его в суммарную немагнитную фракцию. На горизонтальной верхней стороне квадрата откладывают значения силы тока (слева направо).

Для построения кривой λ , на левой вертикальной стороне квадрата снизу-вверх в масштабе откладывают последовательно выходы элементарных фракций соответственно данным гр.5 табл.2.1. В результате эта сторона разбивается на пять отрезков: Оа, аб, бв, вг, гд. Через точки а, б, в и г проводят линии выходов, параллельные оси абсцисс (до пересечения с противоположной вертикальной стороной квадрата). На линиях выходов (аа', бб', и т.д.) строят прямоугольники, соответствующие количеству полезного компонента в каждой фракции (сторона прямоугольника каждой фракции по оси абсцисс равна содержанию полезного компонента в данной элементарной фракции λ , ее значение берется из гр.6 табл.2.1). Через середины сторон прямоугольников, параллельных оси ординат, т.е. через точки 1-5 (рис.2.4), проводят плавную линию, которая и дает нам кривую λ .

Кривая β^M – кривая, показывающая зависимость между выходом суммарной магнитной фракции и содержанием в ней полезного компонента. Для построения кривой β^M наносят точки, координаты которых соответствуют данным гр.3 и 5 табл.2.2. Для этого на линиях выходов, проведенных через точки а, б, в и г параллельно оси абсцисс, откладывают последовательно (начиная снизу, так как интересует выход магнитной фракции) средневзвешенное содержание полезного компонента в суммарной магнитной фракции по данным гр.5 (например, на линии выхода аа' откладывают значение β^M_1 , на линии выхода бб' - значение β^M_2 и т.д.). Полученный ряд точек 6-10 (рис.2.4) соединяют плавной линией и получают кривую β^M . Содержание полезного компонента во фракциях откладывают по нижней горизонтальной стороне квадрата слева направо. Нижняя точка кривой β^M должна совпадать с нижней точкой кривой λ а верхняя точка (точка 10) соответствует содержанию полезного компонента в исходном материале λ_0 .

Кривая β^H – кривая, характеризующая зависимость между выходом суммарной немагнитной фракции и содержанием в ней полезного компонента. Строится по данным гр.7 табл.2.1 и гр. 3 табл.2.2. Для построения кривой β^H на тех же линиях выходов, что и для кривой β^M , но только сверху вниз, так как здесь нас интересует немагнитная

фракция, откладывают последовательно средневзвешенные содержания полезного компонента в суммарной немагнитной фракции взятые из гр.3. табл.2.2. Так, например, на линии выходов гг' откладывают значение β^H_1 , на линии выходов вв' - значение β^H_2 и т.д. Полученный ряд точек 11-15 (рис.2.4) соединяют плавной линией и получают кривую β^H . Координаты указанных точек соответствуют данным гр.7 табл.2.1 и гр. 3 табл.2.2: Нижняя точка кривой β^H при выходе 100 % соответствуют содержанию полезного компонента в исходном материале λ_0 .

Кривая ε^H – кривая, показывающая зависимость между извлечением полезного компонента в суммарную немагнитную фракцию и выходом последней. Построение кривой ε^H осуществляется следующим образом. На тех же линиях выходов (гг', вв', бб' и т.д.) сверху вниз откладывают соответствующие значения извлечения полезного компонента в суммарную немагнитную фракцию по данным гр.8 табл.2.1. Так, например, на линии гг' откладывают ε^H_1 , на линии вв' - ε^H_2 и т.д.

Значение ε^H откладывают справа налево по нижней горизонтальной стороне квадрата. Полученные точки 16-19 (рис.2.4) соединяют плавной кривой. Кривая ε^H выходит из начала координат и упирается в верхний противоположный угол квадрата, так как при нулевом выходе немагнитной фракции извлечение в нее равно тоже нулю, а при выходе 100 % и извлечение равно 100 %.

Кривая I - кривая силы тока, характеризующая зависимость выхода суммарной магнитной фракции от силы тока в обмотке катушек сепаратора, при которой эта фракция получена. Строится кривая по данным гр.3 табл.2.1 и гр.3 табл.2.2. Для этого на верхней горизонтальной стороне квадрата слева направо откладывают принятые значения силы тока, при которых производилось выделение отдельных фракций (гр.3 табл.2.1). В нашем примере значения силы тока равны 0,25; 0,5; 0,75; 1,25 А. Из полученных точек опускают перпендикуляры до пересечения с соответствующей линией выходов. Например, перпендикуляр из точки $I_1 = 0,25$ А должен быть опущен до линии аа', из точки $I_2 = 0,5$ А - до линии бб' и т.д. Полученные точки пересечения 20-23 (рис.2.4) соединяют плавной линией, которая и является кривой I .

Использование результатов.

По результатам работы необходимо оформить отчет (см. раздел «Введение»), охарактеризовать обогатимость (кривая λ) и возможные теоретические результаты магнитного обогащения дан-

ного материала (кривые β^M , β^H , ε^H) в зависимости от силы тока, равно от напряженности магнитного поля (кривая L).

Работа 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ СУХОГО МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ БАРАБАННОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы – знакомство с работой барабанного магнитного сепаратора для сухого обогащения; исследование влияния индукции магнитного поля и скорости вращения барабана на технологические показатели магнитного обогащения.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Лабораторный магнитный сепаратор для сухого обогащения магнитного материала ПБС-20/10 фирмы НПФ «Продэкология» (Украина); лабораторные весы; делитель желобчатый, набор лабораторных сит (ячейки 100, 1000, 1250, 3000 мкм).

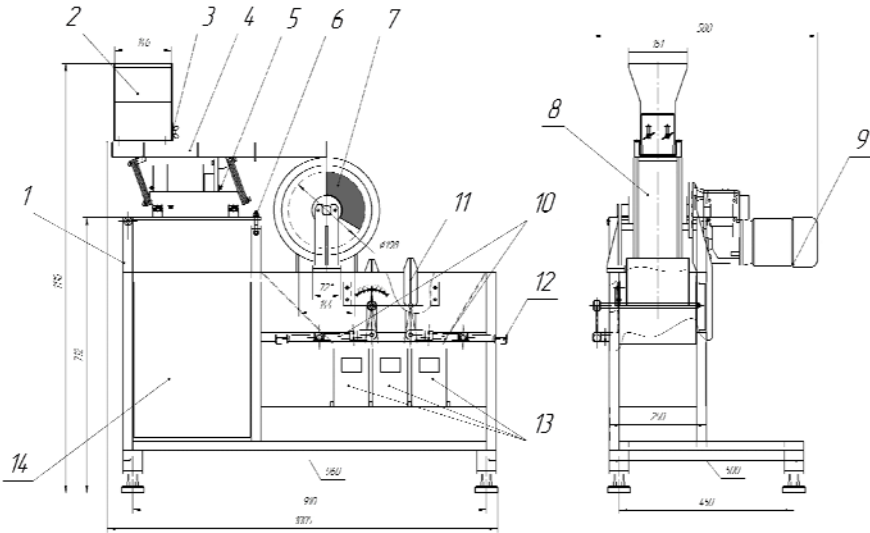
Сухая магнитная сепарация производится на барабанном сепараторе ПБС-20/10 (рис. 3.1). Сепаратор состоит из следующих основных частей: рамы 1, загрузочного бункера 2 с шибером 3, лотка вибропитателя 4 с электромагнитом 5 и гайкой 6 для регулировки положения лотка, барабан 7 с установленной системой на постоянных магнитах, сменной обечайки \varnothing 198 мм 8, которая приводится во вращение мотор-редуктором 9. Для достижения максимальной эффективности сепарации установлены отсекатели 10. Делители включает в себя пластины 11 которые регулируются ручками 12 за счет их вращения вокруг своей оси. В нижней части сепаратора расположены приемные короба 13 для сбора магнитного и немагнитного продуктов. Управление сепаратором осуществляется с пульта управления 14.

Исходный материал и условия проведения опытов.

Исходным материалом для опытов служит искусственная смесь гематита и кварца различной крупности. Масса навески для опыта 400 г (30 % гематита класса -1000+100 мкм и 70 % кварца класса -3000+1250 мкм).

Постоянные условия проведения опытов: положение отсекателей, скорость подачи питания. Переменные условия проведения опытов: индукция магнитного поля на поверхности обечайки барабана; скорость вращения барабана. Для изменения индукции магнитного поля на поверхности барабана, необходимо рас-

крутить болты на его торце и заменить обечайку (Табл. 3.1). Изменение скорости вращения барабана производится соответствующим



потенциометром на пульте управления

Рис.3.1 Сухой барабанный магнитный сепаратор БС-20/10-Н-12.023

Таблица 3.1

Зависимость индукции магнитного поля от диаметра используемой обечайки

№ обечайки	Диаметр обечайки, мм	Магнитная индукция на поверхности обечайки, мТл
1	198	950
2	204	615
3	212	405
4	232	155

Порядок выполнения работы.

1. Установить обечайку диаметром 198 мм;
2. Включить привод барабана
3. Потенциометром блока управления барабана установить скорость 26 об/мин;
4. Включить вибропитатель;
5. Подать продукт на вибропитатель. В процессе сепарации следить за равномерностью подачи питания по ширине подающего лотка, при необходимости перенаправлять материал кисточкой, в конце сепарации очистить подающий лоток и барабан от пыли и ос-

тавшихся частиц. Остановка сепаратора производится в обратном порядке нажатием кнопок «Стоп вибропитателя» «Стоп барабана».

6. Собрать продукты обогащения и взвесить их, результат занести в таблицу 3.2.

7. Сделать ситовой анализ продуктам магнитной сепарации. Полученные данные внести в таблицу (табл. 3.2).

8. Повторить пп. 3-7 со скоростью вращения барабана 51 об/мин.

9. Повторить пп. 3-7 со скоростью вращения барабана 76 об/мин.

10. Повторить пп. 1-9 с обечайкой диаметром 204 мм.

11. Повторить пп. 1-9 с обечайкой диаметром 212 мм.

12. Повторить пп. 1-9 с обечайкой диаметром 232 мм.

Обработка результатов.

Основным показателем качества проведенной магнитной сепарации является эффективность обогащения. Эффективность обогащения рассчитывается по формуле 3.1:

$$E = \frac{\varepsilon_k - \gamma_k}{100 - \beta_{исх} / \beta_{мин}} \quad (3.1)$$

где: ε_k – извлечение расчетного компонента в концентрат, %, γ_k – выход концентрата, %, $\beta_{исх}$ – содержание расчетного компонента в питании, %, $\beta_{мин}$ – содержание расчетного компонента в минерале, % (задается преподавателем).

Таблица 3.2

Полученные экспериментальные данные

№ опыта	Продукт	Q , г	γ , %	$P_{магн}$, г	β , %	ε , %	B , мТл	E , %
При скорости вращения барабана (26/51/76) об/мин*								
1	Магнитный						950	
	Немагнитный							
	Исходный							
2	Магнитный						615	
	Немагнитный							
	Исходный							
3	Магнитный						405	
	Немагнитный							
	Исходный							
4	Магнитный						155	
	Немагнитный							
	Исходный							

*данная таблица заполняется для трёх скоростей вращения барабана

По полученным значениям построить графики зависимости эффективности обогащения, выхода, содержания и извлечения магнитного продукта от индукции магнитного поля при различной скорости вращения барабана. По графикам сделать выводы и оформить отчет (см. Введение).

Работа 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ СУХОГО МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ ВАЛКОВОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы - изучить влияние способа подачи материала на извлечение магнитной фракции в продукт при обогащении на валковом магнитном сепараторе. Использовать при разных способах подачи различные величины магнитной индукции на поверхности валька.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Валковый магнитный сепаратор ПВС-10/15 (рис. 4.1) для сухого обогащения фирмы НПО «ЭРГА» (Россия), ленты для изменения индукции магнитного поля, сита с размерами ячеек 100, 1000, 1250, 3000 мкм, лабораторные весы.

Устройство сепаратора изображено на рисунке 4.1. Его основными узлами являются вибропитатель и ленточный транспортер со встроенной магнитной системой на ведущем вальке. Все основные и вспомогательные компоненты сепаратора смонтированы на раме (Рис. 4.1, поз.6) и имеют возможность быстрой перенастройки параметров сепарации в зависимости от сепарируемого материала. Вибропитатель обеспечивает равномерное распределение сепарируемого материала по всей рабочей зоне транспортера. Он включает в себя приемный бункер-дозатор (Рис. 4.1, поз.1), оснащенный винтом регулировки выходного зазора (Рис. 4.1, поз.10), подающий лоток (Рис.4.1, поз.2) и электровибратор (Рис. 4.1, поз.11). Вибропитатель подвешен на пружинах к ползунковым кронштейнам рамы, что позволяет перемещать его вдоль ленты транспортера, тем самым приближая подачу материала к магнитному валу, либо отдаляя от него. Для обеспечения нормальной работы вибропитателя пружины должны быть установлены под углом 25° ... 30° по отношению к его поперечной плоскости.

Ленточный транспортер состоит из приводного магнитного вала (Рис. 4.2, поз. 2.), ведомого натяжного ролика (Рис. 4.2, поз. 1),

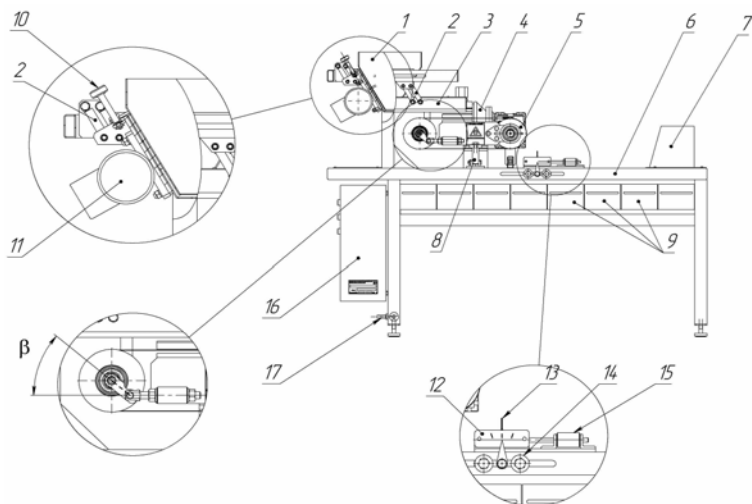


Рис. 4.1 Общий вид магнитного сепаратора ПВС-10/15

1 – Приемный бункер; 2 – Пружины; 3 – Подающий лоток; 4 – Мотор-редуктор; 5 – Ленточный транспортер; 6 – Рама сепаратора; 7 – Отбойник; 8 – Фиксирующий шарнир транспортера; 9 – Контейнер; 10 – Винт регулировки выходного зазора; 11 – Электровибратор; 12 – Шкала делителя; 13 – Делитель; 14 – Болт крепления делителя; 15 – Регулировочный ролик; 16 – Пульт управления; 17 – Болт заземления.

тонкой износостойкой транспортерной ленты (Рис. 4.2, поз. 4), элементов натяжения (ослабления) ленты (Рис. 4.2, поз. 3,5,6). Натяжение ленты осуществляется собственной массой натяжного ролика и регулируется изменением угла β положения плеча (Рис. 4.2, поз. 3) по отношению к оси подвижной вилки (Рис. 4.2, поз. 5): наименьший угол обеспечивает максимальное натяжение ленты, наибольший угол – минимальное. Регулировка положения и фиксация вилки осуществляется с помощью гаек (Рис. 4.2, поз. 6). Так же, изменение положения вилки позволяет установить необходимое взаимное положение осей магнитного вала и натяжного ролика для предотвращения схода ленты. Данная система натяжения ленты, после необходимой однократной настройки, поддерживает равномерное ее натяжение в процессе эксплуатации, не требуя каких-либо регулировок. Данный сепаратор поставляется со сменным комплектом лент, что позволяет изменять магнитную индукцию на рабочей поверхности за счет изменения толщины ленты. Соотношения толщин

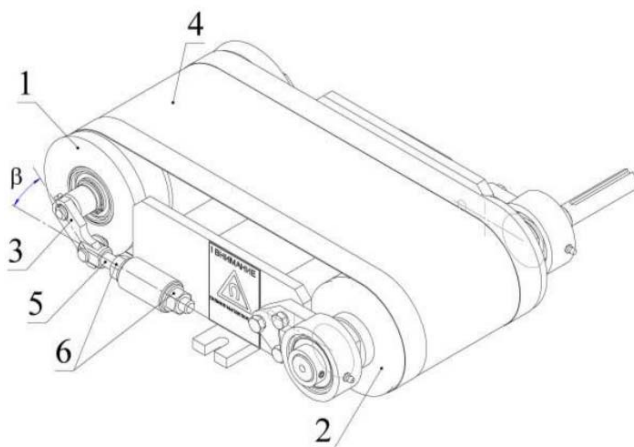


Рис. 4.2 Ленточный транспортер сепаратора ПВС-10/15

лент с индукцией на их поверхности указано в таблице 4.1. Замену ленты производить согласно описанию представленном в рисунке 4.3. Консольное крепление транспортера к раме сепаратора обеспечивает быструю замену транспортерной ленты, без разборки основных его узлов. Для предотвращения консольных колебаний в конструкции применён фиксирующий шарнир (Рис. 4.1, поз. 8). Магнитный вал представляет собой систему на основе постоянных редкоземельных магнитов. Крутящий момент передается ему от червячного одноступенчатого мотор-редуктора. В конструкции сепаратора предусмотрен регулируемый делитель (Рис. 4.1, поз. 13), позволяющий установить оптимальную степень обогащения материала. Положение делителя относительно ленточного транспортера выбирается опытным путем. Для изменения его положения необходимо расслабить болты крепления делителя (Рис. 4.1, поз. 14) и переставить делитель на необходимое расстояние, после чего болты крепления следует затянуть. Для более точной регулировки следует воспользоваться регулировочным роликом (Рис. 4.1, поз. 15), вращение которого позволяет отклонить делитель на определенный угол. Величину угла можно контролировать по шкале (Рис. 4.1, поз. 12). Для сбора обогащенного материала и хвостов используются несколько приемных лотков. Сепаратор оснащен пультом управления (ПУ), позво-

ляющим задавать и контролировать необходимую частоту вращения магнитного вала и электровибратора (Рис. 4.1, поз. 16).

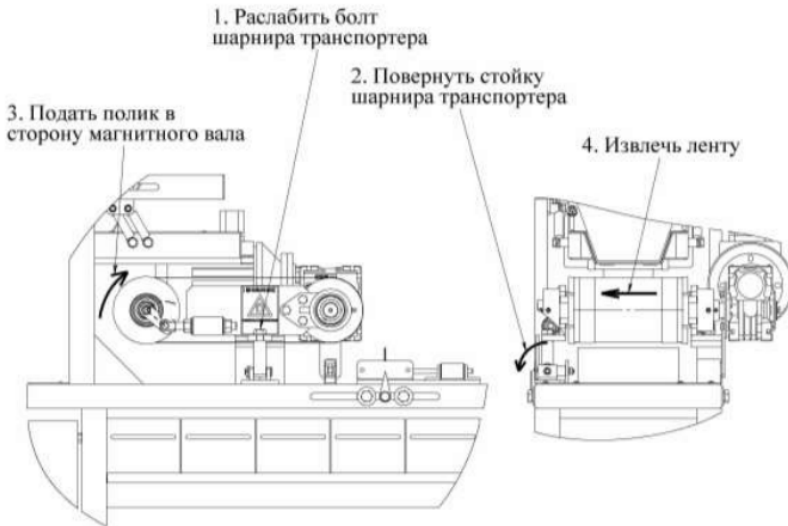


Рис. 4.3 Схема замены транспортировочной ленты сепаратора ПВС-10/15

Исходный материал и условия проведения опытов.

Слабмагнитный материал (гематит) класса $-1000+100$ мкм, немагнитный материал (кварц) класса $-3000+1250$ мкм, масса одной навески 200 г. Постоянные условия проведения опытов: положение делителя, скорость ленты. Переменные условия: точка подачи питания на ленту, индукция магнитного поля на поверхности валька.

Порядок выполнения работы.

Путем сокращения исходной пробы подготовить 4 навески материала для эксперимента с подачей на ленту (рис. 4.4) и 4 навески материала для эксперимента с подачей на валок (рис. 4.5). Провести 4 опыта сепарации на первых четырех навесках, установив лоток питателя так, чтобы основная часть материала попадала в линию над осью ролика. Изменение магнитной индукции для каждого опыта происходит путем использования лент различной толщины (см. табл. 4.1). Замену ленты необходимо проводить согласно рисунку 4.3.

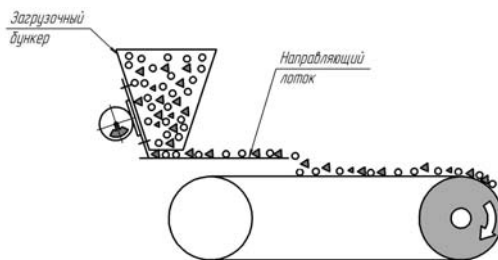


Рис. 4.4 Схема работы сепаратора ПВС-10/15. Поддача материала на ленту

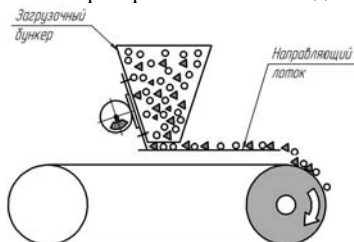


Рис.4.5 Схема работы сепаратора ПВС-10/15. Поддача материала на валок

Таблица 4.1

Ленты для изменения индукции на валковом магнитном сепараторе ПВС-10/15

№ ленты	Толщина ленты, мм	Магнитная индукция на поверхности ролика, Тл
1	0,125	1,644
2	0,41	1,461
3	0,8	1,243
4	1,3	1,053

Процесс сепарации проводится по следующему алгоритму:

1. Включить привод ленточного транспортера, настроить заданную преподавателем скорость вращения на пульте управления.
2. Включить электровибратор подающего лотка, настроить заданную преподавателем частоту вибрации на пульте управления.
3. Засыпать материал в приемный бункер.
4. В процессе сепарации следить за равномерностью подачи питания по ширине подающего лотка, при необходимости перенаправлять материал кисточкой.
5. По окончании сепарации отключить вибропитатель и ленточный транспортер, очистить подающий лоток и ленту от пыли и оставшихся частиц.

6. Взвесить полученные продукты и внести массы в графу Q Таблицы 4.2.

7. Перечистить продукт и хвосты сепарации путем отсева их на сите, где +1000 мкм будет немагнитная, а -1000 мкм магнитная фракция. Полученные данные внести в таблицу (табл. 4.2).

8. Рассчитать показатели содержания, извлечения и эффективности обогащения.

Провести следующие 4 опыта сепарации, установив лоток питателя над лентой, на расстоянии $\sim 2/3$ длины ленты от приводного барабана, полученные данные внести в таблицу (табл. 4.2).

Таблица 4.2

Полученные данные								
№ опыта	Продукт	Q , г	γ , %	$P_{\text{магн}}$, г	β , %	ϵ , %	B , Тл	E , %
При подаче питания на ролик								
1	Исходный						1,644	
	Магнитный							
	Немагнитный							
2	Исходный						1,461	
	Магнитный							
	Немагнитный							
3	Исходный						1,243	
	Магнитный							
	Немагнитный							
4	Исходный						1,053	
	Магнитный							
	Немагнитный							
При подаче питания на ленту								
№ опыта	Матриал	Q , г	γ , %	$P_{\text{магн}}$, г	β , %	ϵ , %	B , Тл	E , %
5	Исходный						1,644	
	Магнитный							
	Немагнитный							
6	Исходный						1,461	
	Магнитный							
	Немагнитный							
7	Исходный						1,243	
	Магнитный							
	Немагнитный							
8	Исходный						1,053	
	Магнитный							
	Немагнитный							

Обработка результатов.

По полученным значениям построить графики зависимости эффективности обогащения E (уравнение 3.1), выхода и извлечения

магнитной фракции от индукции магнитного поля при различных способах подачи материала. По графикам сделать выводы и оформить отчет (см. Введение).

Работа 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ МОКРОГО МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ БАРАБАННОГО СЕПАРАТОРА

Цель работы - ознакомиться с процессом магнитного обогащения сильномагнитных руд на барабанном мокром магнитном сепараторе, установить характер влияния угла отклонения магнитной системы и величины индукции магнитного поля на результаты обогащения.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Барабанный магнитный сепаратор ПБМ-П-25/10 для мокрого обогащения фирмы НПО «ЭРГА» (Россия), спринцовка, ложка, ведра пластиковые 30 л, шкаф сушильный, лабораторные весы.

Барабанные сепараторы для мокрого обогащения сильномагнитных руд классифицируются в соответствии с типом ванны на сепараторы с прямоточной, противоточной и полупротивоточной ванной (рис. 5.1). Барабанный магнитный сепаратор ПБМ-П-25/10 имеет в своей конструкции два типа ванны — прямоточную и противоточную. В случае применения прямоточной схемы, движение исходного питания совпадает с направлением вращения обечайки барабана. Пульпа попадает в ванну 2 и проходит под барабаном 1 (рис.5.2). В процессе прохождения пульпы под барабаном осуществляется извлечение магнитных частиц, которые захваченные магнитным полем перемещаются до места разгрузки. Разгрузка происходит в зоне выхода частиц из магнитного поля вследствие вращения обечайки, частицы разгружаются на ноже 8 и далее смываются с помощью сливных форсунок 7 в разгрузочный патрубок 16. Кран 18 должен быть открыт для выхода хвостов с немагнитным материалом.

Исходный материал и условия проведения опытов.

Магнетитовая руда крупностью -300 мкм массой не менее 1 кг. Постоянные условия: скорость вращения барабана; схема работы; расход воды на смыв магнитного продукта; производительность сепаратора по исходному. Переменное условие: угол отклонения магнитной системы.

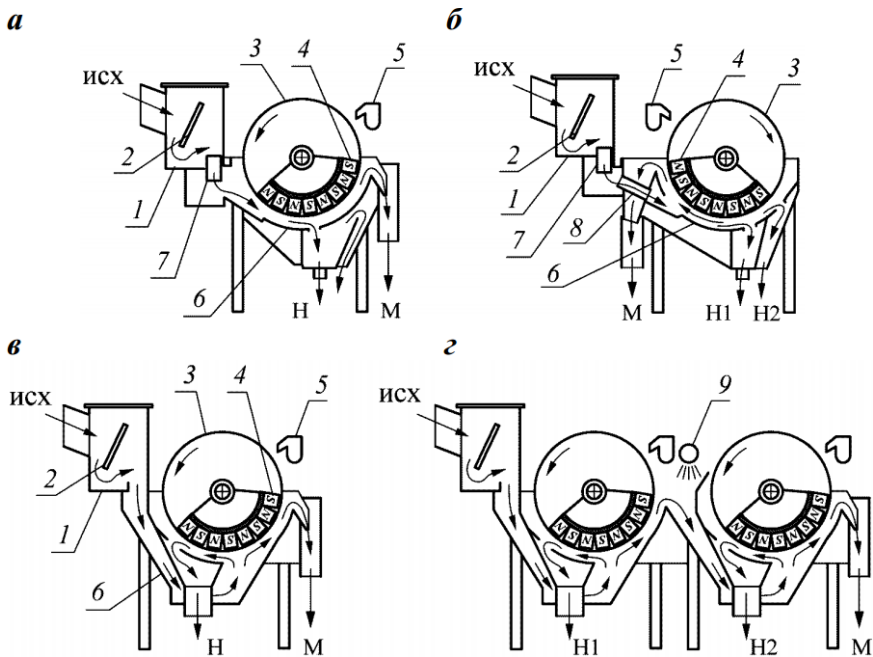


Рис. 5.1. Барабанные сепараторы для мокрого обогащения сильномагнитных руд

а – прямоточный ПБМ-90/250; *б* – противоточный ПБМ-П-90/250; *в* – полупротивоточный ПБМ-ПП-90/250; *г* – двухбарабанный сепаратор 2ПБМ-ПП-90/250

1 – приёмный короб; 2 – отбойник; 3 – барабан; 4 – магнитная система; 5 – смывное устройство; 6 – ванна; 7 – флокулятор; 8 – трубки; 9 – устройство для подачи дополнительной воды; М – магнитный; Н – немагнитный

Порядок выполнения работы.

Необходимо провести 3 опыта обогащения с различными положениями магнитной системы (в положениях 0, +15 и -15 градусов, см. Рис. 5.3 а). Индукция поля при всех опытах неизменна (задается преподавателем). Записать в соответствующие поля таблицы 5.1 полученные данные эксперимента. После этого провести 3 опыта обогащения с различными величинами магнитной индукции (60, 100, 260 мТл, Рис. 5.3б – 5.4). Угол отклонения магнитной системы при всех опытах неизменен (задается преподавателем). Один опыт может быть общим для двух серий опытов.

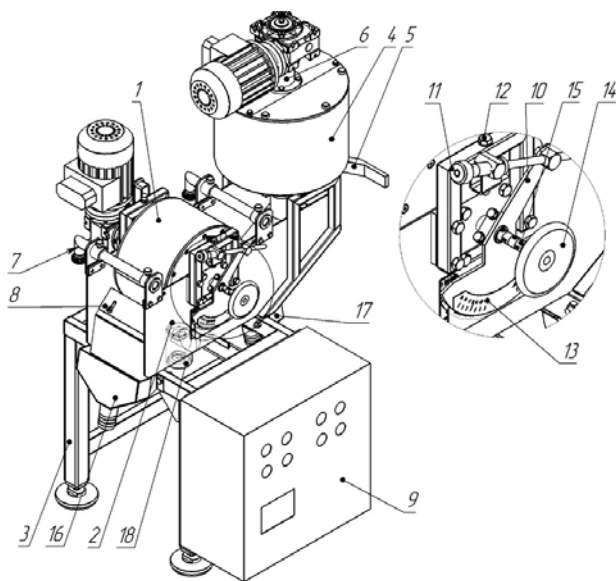


Рис.5.2. Устройство сепаратора ПБМ-П-25-10

1– Магнитный барабан; 2 – Ванна; 3 – Рама; 4 – Бак; 5 – Заслонка дисковая; 6 – Мешалка; 7 – Смытьные форсунки; 8 – Нож; 9 – ПУ; 10 – Тяга реактивная; 11 – Винт регулировочный; 12 – Винт регулировочный; 13 – Шкала; 14 – Штурвал; 15 – Шкала; 16,17 – Патрубок; 18 – Кран шаровый

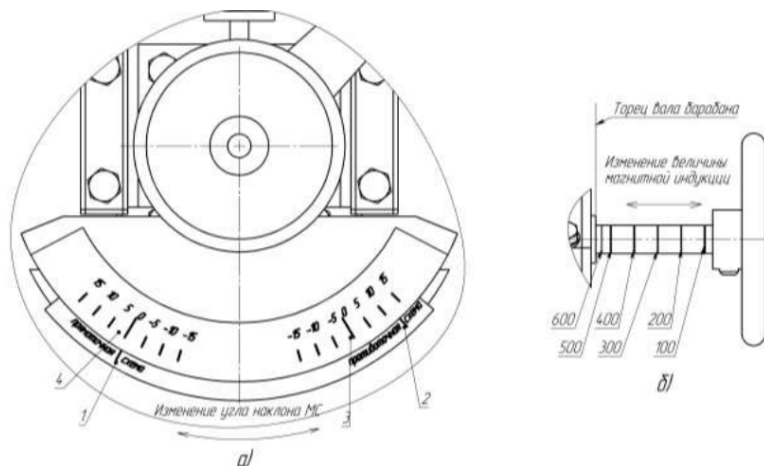


Рис.5.3 Схема регулировки магнитной системы сепаратора ПБМ-П-25/10

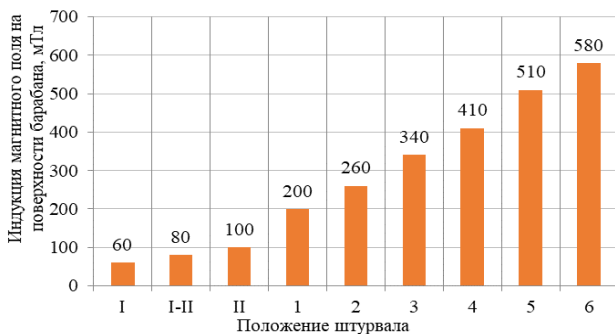


Рис.5.4 Зависимость индукции магнитного поля от положения штурвала

Перед каждым опытом обогащения необходимо стабилизировать работу сепаратора «по воде». Для этого согласно рисунка 5.2 необходимо:

1. Закрыть выпуск питающего бака заслонкой 5, полностью открыть патрубок немагнитного продукта краном 18;

2. Включить привод мешалки и барабана на пульте управления 9, выставить для них скорости, заданные преподавателем;

3. Наполнить бак 4 водой приблизительно на 2/3, чтобы лопасти мешалки были погружены в воду. Этот уровень необходимо будет поддерживать постоянным до конца эксперимента. Открыть заслонку 5 на 2 деления.

4. Выставить необходимую производительность по немагнитному продукту краном 18. Замер производится мерным стаканом с секундомером по воде, истекающей из патрубка немагнитного продукта;

5. Включить форсунки 7;

6. Краном 5 стабилизировать уровень воды в ванне 2 таким образом, чтобы вода не перетекала самотеком в патрубок для магнитного продукта, т.е. на 1-2 сантиметра ниже перелива. При этом регулировка должна осуществляться лишь давлением на ручку заслонки 5 не переходя из 2-го деления на соседние.

После того, как работа сепаратора стабилизирована по воде, можно приступать к выполнению эксперимента. Для этого необходимо заранее подготовить чистые ведра для продуктов обогащения и своевременно их заменять, не допуская потерь продукта.

Процесс обогащения происходит по следующему алгоритму:

1. В сухом виде питание с одинаковой скоростью подается в питающий бак 4.

2. После начала подачи материала необходимо тщательно следить за уровнем пульпы в ванне 2, т.к. в течении всего процесса неоднократно могут возникать перепады.

3. При разгрузке магнитного продукта необходимо отделять материал от поверхности барабана ложкой, если работы форсунок для этого недостаточно.

4. Когда весь сухой материал будет засыпан в питающий бак, подачу воды в него необходимо прекратить до момента, пока уровень пульпы не опустится до заслонки 5. По мере снижения уровня воды необходимо смыть все остатки материала в баке. Когда вся пульпа выйдет, бак снова необходимо поддерживать наполненным водой до окончания чистки.

5. Сменить ведра продуктов обогащения.

6. Чистка застойных зон ванны сепаратора осуществляется потоком воды, направленным в промежутки, образованные боковой стенкой барабана 1 и корпусом ванны 4, а также периодическим полным открытием-закрытием заслонки 5.

7. Продукты, полученные во время чистки необходимо объединить с основными продуктами обогащения или утилизировать.

8. Конечным продуктам обогащения необходимо дать осесть, после чего слить с них воду, собрать, высушить и взвесить.

9. Из продуктов выделить пробы для определения содержания полезного компонента в них (в отдельных случаях эти содержания задаются преподавателем), внести все полученные результаты в Таблицу 5.1.

Использование результатов.

По полученным значениям построить графики зависимости эффективности обогащения E (уравнение 3.1), выхода и извлечения магнитной фракции от угла отклонения магнитной системы α и индукции магнитного поля B . По графикам сделать выводы и оформить отчет (см. Введение).

Результаты эксперимента

№ опыта	Продукт	Q_i , г	α°	$P_{i\gamma}$	γ_i , %	β_i , %	ϵ_i , %
1	Магнитный		-15				
	Немагнитный						
	Исходный						
2	Магнитный		0				
	Немагнитный						
	Исходный						
3	Магнитный		+15				
	Немагнитный						
	Исходный						
№ опыта	Продукт	Q_i , г	B , мТл	$P_{i\gamma}$	γ_i , %	β_i , %	ϵ_i , %
4	Магнитный		150				
	Немагнитный						
	Исходный						
5	Магнитный		300				
	Немагнитный						
	Исходный						
6	Магнитный		450				
	Немагнитный						
	Исходный						

Работа 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ МОКРОГО ВЫСОКОГРАДИЕНТНОГО МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ НА СЕПАРАТОРЕ SLON 100

Цель работы - исследовать влияние диаметра стержня матрицы, величины индукции магнитного поля и частоты пульсации на результаты обогащения слабомагнитной руды на пульсирующем высокоградиентном магнитном сепараторе.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Лабораторный пульсирующий высокоградиентный магнитный сепаратор модель SLon100 фирмы Outotec (Финляндия); лабораторные весы; пластиковые ведра 30 л; сушильный шкаф; спринцовка; воронка стеклянная.

Сепаратор SLon 100 (рис. 6.1) предназначен для обогащения слабомагнитных руд и перечистки немагнитных материалов от вредных слабомагнитных примесей. На данном сепараторе можно

достичь величины индукции магнитного поля до 1,2 Тл (табл. 6.1). Сепаратор SLon 100, схематически представленный на рис. 6.2, состоит из электромагнитной катушки 4 в центре которой находится ферромагнитная матрица 5. Работа сепаратора является периодической: при включенной магнитной системе материал подается сверху вместе с проточной водой. Немагнитные частицы проходят сквозь всю рабочую зону, в то время как магнитные частицы остаются в матрице, завлеченные магнитным полем. После этого емкость сбора продукта заменяется, отключается электромагнитная система и разгружается магнитный продукт. Отличительной чертой данного сепаратора является система пульсации, периодически проталкивающая весь столб пульпы в противоток её движению, таким образом освобождая немагнитные частицы, которые могут быть захвачены магнитным материалом в области матрицы (рис.6.3).

Промышленный высокоградиентный сепаратор SLon конструктивно отличается от лабораторного сепаратора. Общая конструкция промышленного сепаратора представлена на рисунке 6.4.

Таблица 6.1

Режимы работы высокоградиентного магнитного сепаратора SLon 100

Сила тока, А	Магнитная индукция, Т	Частота пульсации, Гц	Частота пульсации, об/мин
148	0,1	1,9	10
238	0,2	6,9	50
348	0,3	13,5	100
448	0,4	20,0	150
548	0,5	26,5	200
648	0,6	33,1	250
778	0,7	39,6	300
889	0,8	46,5	350
1015	0,9	53,1	400
1154	1,0		
1300	1,2		

Исходный материал и условия проведения опытов.

Материалом для опытов обогащения на сепараторе SLon 100 может служить материал крупностью -200 мкм со слабомагнитным полезным компонентом (например, гематитовые и пр. руды, где магнитный продукт – концентрат) или материал со слабомагнитной вредной примесью (например, удаление полевых шпатов из нефелинового концентрата, где магнитный продукт – хвосты). Постоянные

условия проведения опытов: расход смывной воды 10 л/мин, частота пульсации: 250 мин⁻¹; ток в обмотке катушки (задаётся преподавателем). Переменные условия проведения опытов: тип матрицы.



Рис. 6.1 Сепаратор SLon 100, вид сверху

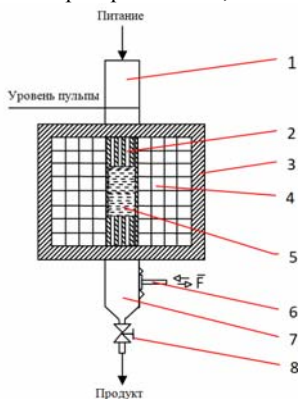


Рис. 6.2 Устройство сепаратора SLon 100

1 – загрузочная камера, 2 – рабочая зона сепаратора, 3 – корпус сепаратора, 4 – катушка, 5 – матрица, 6 – механизм пульсации, 7 – выпускной патрубков, 8 – выпускной кран

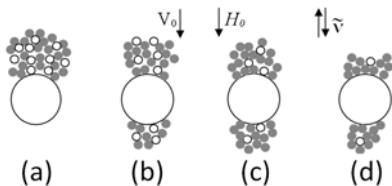
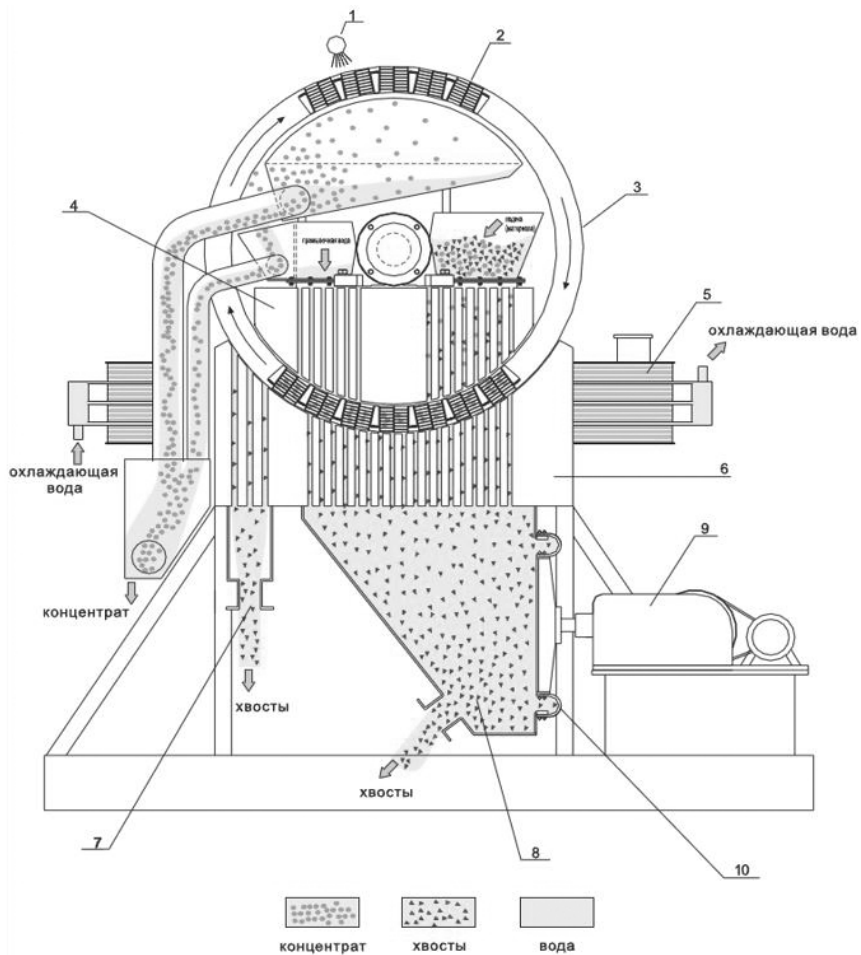


Рис.6.3 Влияние пульсации на захват немагнитных частиц

(a) – нет пульсации (b) – слабая пульсация (c) – умеренная пульсация (d) - сильная пульсация



- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. промывочная вода | 6. нижний магнитный полюс |
| 2. кассета с насадкой | 7. резервуар малых хвостов |
| 3. ротационное кольцо | 8. резервуар больших хвостов |
| 4. верхний магнитный полюс | 9. пульсатор |
| 5. катушка возбуждения | 10. резиновая диафрагма |

Рис.6.4 Схема работы промышленного сепаратора Outotec SLon

Порядок выполнения работы.

Перед выполнением каждого опыта сепарации необходимо подготовить чистые сухие ведра (4 шт.), идентифицирующие листки (магнитный/немагнитный продукт, тип матрицы, индукция магнитного поля, расход промывной воды, частота пульсации, дата эксперимента, группа), наполненную водой спринцовку, предварительно распульпованную пробу (как правило до 30%_{тв}) сухой массой 150-200 г, в зависимости от материала. Поставить под выпускной клапан пустое ведро.

1. Установить матрицу требуемого типа, притянуть загрузочную камеру болтами к корпусу, чтобы прокладка между ними образовала герметичное соединение.

2. Включить подачу охлаждающей воды на панели управления и сепаратор SLon.

3. Убедиться в отсутствии утечек воды.

4. Включить подачу промывной воды и установить ее расход.

5. Запустить электродвигатель механизма пульсации.

6. Установить частоту пульсации (Гц) на нужное значение (об/мин).

7. Отрегулировать выпускной клапан 8 (рис. 6.2) так, чтобы уровень воды в загрузочной камере 1 установился приблизительно на ее середине и сохранял это положение на протяжении. Этот уровень необходимо поддерживать стабильным на протяжении всего опыта.

8. Включить питание электромагнитной системы.

9. Отрегулировать ток питания на требуемое значение.

10. Поставить ведро для немагнитного продукта под сепаратор SLon.

11. Загрузить распульпованную пробу в загрузочную камеру. Выдержать постоянное время данной операции (от 15 до 30 секунд), смыть все частицы из стакана и со стенок камеры.

12. После того, как жидкость в смотровом окне загрузочной камеры просветлеет, можно сменить ведро на чистое для разгрузки магнитного продукта.

13. Сразу после смены ведра отключить питание электромагнитной системы, полностью открыть выпускной клапан 8 (рис. 6.2), полностью открыть кран промывной воды. После этого с помощью

выпускного клапана 8 поднять уровень воды до заполнения смотровой камеры на $2/3$ и сразу же полностью спустить ее. Как правило, для разгрузки магнитного продукта, эту операцию надо повторить 2-3 раза (заполнится одно ведро объемом 30 л).

14. Отключить механизм пульсации.

15. Снять загрузочную камеру 1, вынуть матрицу 5, визуально проверить её на наличие магнитного материала, при необходимости струей воды смыть остатки материала в ведро с магнитным продуктом. В случае сильной забивки матрицы — очистить ее в ультразвуковой ванне.

16. Конечным продуктам обогащения необходимо дать осесть, после чего слить с них воду, собрать, высушить и взвесить.

17. Из продуктов выделить пробы для определения содержания полезного компонента в них (в отдельных случаях эти содержания задаются преподавателем), записать все полученные данные в таблицу 5.2.

Процесс сепарации необходимо провести с тремя диаметрами стержня матрицы при прочих равных условиях, а также при разных величинах индукции магнитного поля и разных частотах пульсации. При этом один опыт может быть общим для трех серий опытов.

Обработка результатов.

По полученным значениям необходимо построить гистограммы эффективности обогащения E (уравнение 3.1), выхода концентрата и извлечения полезного компонента в концентрат от диаметра стержня матрицы, от частоты пульсации и от величины магнитной индукции. По гистограммам сделать вывод и оформить отчет (см. Введение).

Использование результатов.

По полученным результатам необходимо построить графики содержания полезного компонента, его извлечения в концентрат, выхода концентрата и эффективности обогащения в зависимости от использованных переменных факторов таблицы 5.2. Сделать выводы и оформить отчет (см. Введение).

Таблица 5.2

Результаты эксперимента

№ опыта	Продукт	Q_{is} , г	N , мин ⁻¹	$P_{i,г}$	γ_{ib} , %	β_{ib} , %	ϵ_{ib} , %
1	Магнитный		200				
	Немагнитный						
	Исходный						
2	Магнитный		250				
	Немагнитный						
	Исходный						
3	Магнитный		300				
	Немагнитный						
	Исходный						
№ опыта	Продукт	Q_{is} , г	V , Тл	$P_{i,г}$	γ_{ib} , %	β_{ib} , %	ϵ_{ib} , %
4	Магнитный		0,8				
	Немагнитный						
	Исходный						
5	Магнитный		1,0				
	Немагнитный						
	Исходный						
6	Магнитный		1,2				
	Немагнитный						
	Исходный						
№ опыта	Продукт	Q_{is} , г	$\varnothing_{ст}$, мм	$P_{i,г}$	γ_{ib} , %	β_{ib} , %	ϵ_{ib} , %
7	Магнитный		2,0				
	Немагнитный						
	Исходный						
8	Магнитный		3,0				
	Немагнитный						
	Исходный						
9	Магнитный		4,0				
	Немагнитный						
	Исходный						

**Работа 7. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ
ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ МОКРОГО
ВЫСОКОГРАДИЕНТНОГО МАГНИТНОГО ОБОГАЩЕНИЯ
НА СЕПАРАТОРЕ JONES P40**

Цель работы - ознакомиться с конструкцией и принципом работы на высокоградиентном сепараторе Jones P40. Исследовать влияние магнитной индукции на показатели обогащения.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Лабораторная установка для высокоградиентной мокрой магнитной сепарации Jones P40 фирмы MBE Coal and Mineral Technologies GmbH (Германия); питающий бак с мешалкой объемом 15 л; лабораторные весы; пластиковые корыта 80 л; металлические короба для сушки; сушильный шкаф.

Лабораторный высокоградиентный магнитный сепаратор для мокрого обогащения Jones P40 используется для выделения слабомагнитных минералов и перечистки немагнитных материалов от вредных слабомагнитных примесей. Сепаратор работает для руд с крупностью класса до 2000 мкм за счёт создания высокоградиентного магнитного поля с индукцией до 1,5 Тл. Индукция магнитного поля, создаваемая в зазоре между пластинами матрицы сепаратора Jones P40, представлена в соответствии рисунка 7.3. Внутри сепаратора немагнитные частицы сразу начинают стекать вниз в отдел для хвостов, промпродукт смывается, когда пакет пластин начинает выходить из профиля ярма, а магнитные частицы смываются форсунками только после полного выхода пакета пластин из электромагнитного поля (см. принцип работы сепаратора на рис. 7.5 и 7.6).

Необходимая индукция магнитного поля между пластинами матрицы устанавливается исходя из зависимостей, представленных на рис. 7.3. Для этого необходимо знать зазор между установленными пластинами матрицы (Рис. 7.4) и на пульте управления реостатом выставить нужную величину тока, подаваемого в обмотку катушек.

Исходный материал.

Исходным материалом служит руда со слабомагнитным компонентом (гематит, гидрогётит и др.) крупностью -300 мкм. Исходная масса пробы должна быть не менее килограмма.

Схема опыта приведена на рис.7.1. Схема высокоинтенсивного магнитного сепаратора Jones P40 представлена на рис.7.2.



Рис.7.1 Схема опыта магнитного обогащения в высокоинтенсивном магнитном сепараторе Jones P40

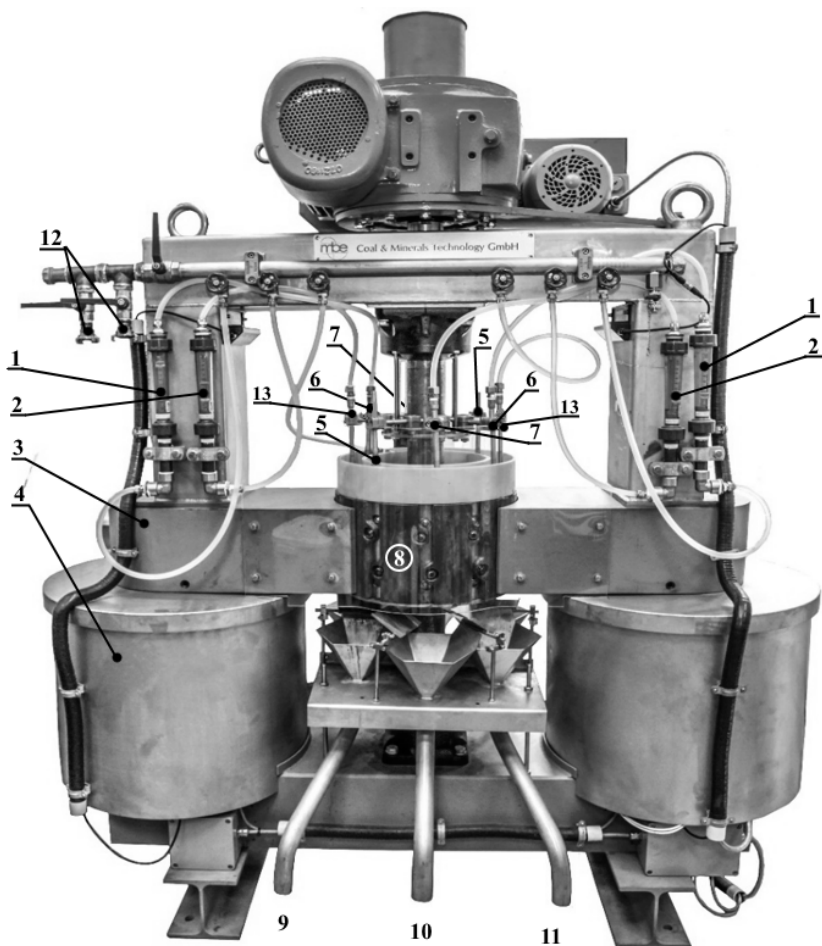


Рис.7.2 Схема лабораторного магнитного сепаратора Jones P40

1 – Расходомеры форсунок смыва магнитного продукта; 2 – Расходомеры форсунок смыва промпродукта; 3 – Ядро магнитной системы; 4 – Катушки; 5 – Питающие патрубки; 6 – Форсунки смыва промпродукта; 7 – форсунки смыва магнитного продукта; 8 – Барабан; 9 – Патрубок немагнитного продукта; 10 – Патрубок магнитного продукта; 11 – Патрубок промпродукта; 12 – Точка подключения промывной воды; 13 – форсунки смыва немагнитного продукта

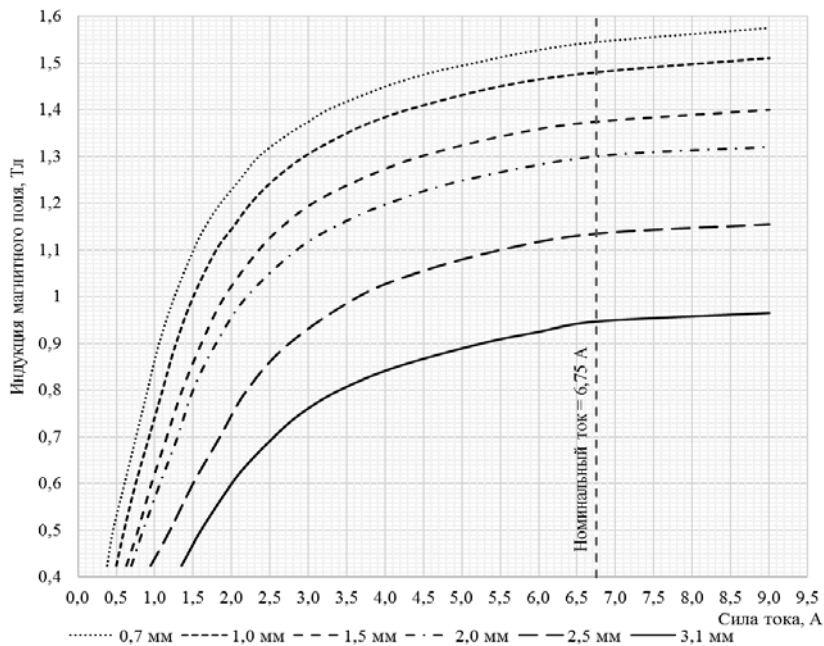


Рис. 7.3 Зависимости индукции магнитного поля от силы тока при разных зазорах между пластинами матриц сепаратора Jones P40

На Рис. 7.4. представлены комбинации пинов и пластин для достижения различных величин зазоров между пластинами матрицы.

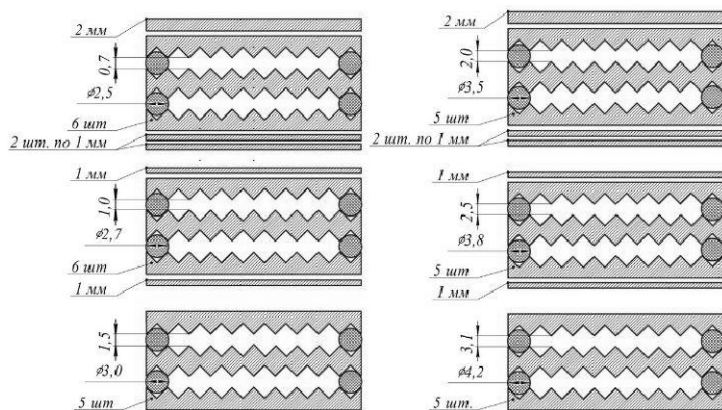


Рис. 7.4 Комбинации пластин и пинов для установки зазора матрицы

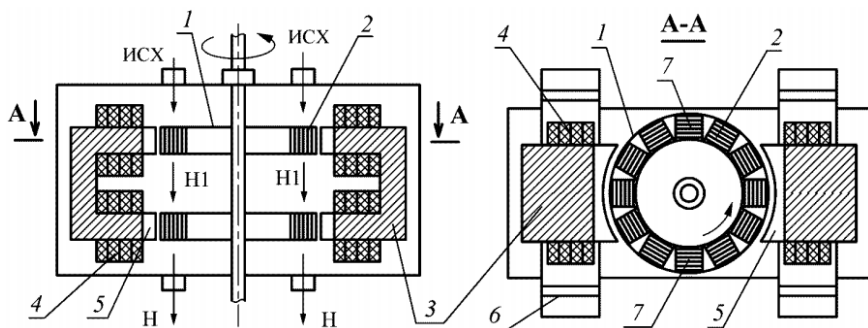


Рис. 7.5 Принципиальная конструкция сепаратора Jones

1 – ротор; 2 – рабочие камеры (матрицы); 3 – магнитопровод; 4 – обмотки возбуждения; 5 – полюсные наконечники; 6 – вентиляторы охлаждения; 7 – зоны разгрузки магнитного продукта

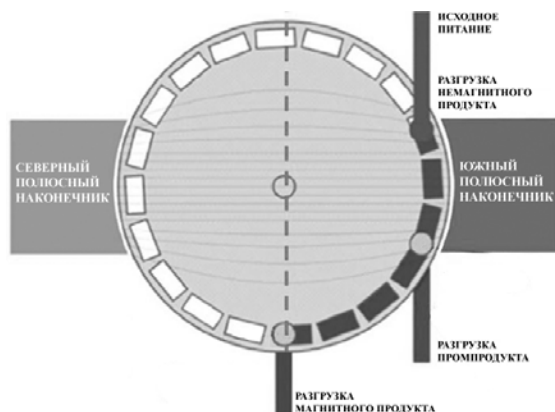


Рис. 7.6 Схема разгрузки продуктов обогащения сепаратора Jones

Порядок проведения работы.

Для данного лабораторного опыта сепаратор Jones достаточно использовать лишь на половину его производительности, т.е. использовать подачу питания и промывной воды только на одной стороне сепаратора (на рис.7.2 – левую сторону). Первоначально необходимо установить питающий бак-мешалку рядом с точкой подачи питания в сепаратор так, чтобы питание из бака могло самотеком поступать в питающий патрубок 5 сепаратора. Под патрубок немаг-

нитного продукта 9, патрубков магнитного продукта 10 (на фото с обратной стороны сепаратора), патрубков промпродукта 11 (на фото с обратной стороны сепаратора) необходимо разместить пластиковые корыта. Ко входу 12 подключить компрессор, подающий воду под давлением.

Далее сепаратор необходимо запустить «на воде» по следующему алгоритму:

1. Наполнить питающий бак водой на $\frac{3}{4}$, включить мешалку, настроить производительность по питанию (необходимую величину указывает преподаватель). Бак питания имеет два регулятора — поворотную заслонку и шаровой кран. Настройка производительности производится краном, заслонка при этом должна быть полностью открыта. Замер производится мерным стаканом и секундомером по воде, истекающей из выпуска питающего бака. После этого оставшейся воде надо дать стечь, заслонку мешалки закрыть и трубкой подключить выпуск слива мешалки к питающему патрубку 5 сепаратора.

2. Настроить расход смывной воды на промежуточный продукт на расходомере 2, визуально проверить корректность направления смывного веера из форсунки 6: он должен хорошо проникать в каждый промежуток между пластинами по всей ширине пакета.

3. Настроить расход смывной воды на магнитный продукт на расходомере 1, проверить корректность направления смывного веера из форсунки 7.

После того, как работа сепаратора стабилизирована по воде, можно приступить к выполнению эксперимента.

4. С учетом массы сухой навески и заданного отношения Ж:Т или процента твердого необходимо наполнить бак объемом воды, вычисленным по одной из следующих формул:

$$V = Q \cdot (Ж : Т)$$
$$V = Q \cdot \frac{(100 - U)}{U}$$

где:

V — необходимый объем воды, л;

Q — масса навески, кг;

U — заданный процент твердого в пульпе, %.

5. Запустить привод барабана 8 сепаратора Jones P40 с пульта управления.

6. Реостатом с пульта управления пустить по обмоткам катушек 4 ток заданной величины (задается преподавателем).

7. В сухом виде питание в один прием подать в питающий бак с включенной мешалкой. Одновременно с началом загрузки материала необходимо полностью открыть поворотную заслонку на сливе мешалки.

8. После окончания истечения пульпы необходимо промыть мешалку и питающую трубку некоторым количеством воды.

9. После окончания сепарации необходимо выключить электромагнитную систему сепаратора медленным (на протяжении 15-30 с) снижением тока в катушке с пульта управления.

10. После отключения электромагнитной системы необходимо дать барабану некоторое время (1-2 минуты) очиститься под форсунками, после чего выключить всю смывную воду, визуально проверить чистоту пакетов пластин и остановить барабан на пульте управления.

11. Конечным продуктам обогащения необходимо дать осесть, после чего слить с них воду, собрать, высушить и взвесить.

12. Из продуктов выделить пробы для определения содержания полезного компонента в них (в отдельных случаях эти содержания задаются преподавателем), внести все полученные результаты в Таблицу 7.1.

13. Провести новый опыт при другой индукции магнитного поля (задается преподавателем).

Таблица 7.1

Результаты сепарации на Jones P40

Продукт	Q , г	γ , %	β , %	ϵ , %	E , %
Магнитный					
Промпродукт					
Немагнитный					
Исходный		100		100	

Обработка результатов

По полученным результатам необходимо построить графики содержания полезного компонента, его извлечения в концентрат, выхода концентрата и эффективности обогащения в зависимости от индукции магнитного поля. Сделать вывод и оформить отчет (см. Введение).

Работа 8. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОБОГАЩЕНИЯ В ПОЛЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА

Цель работы – ознакомление с конструкцией лабораторного электрического сепаратора ПС-1, регулировкой его работы; получение навыков работы на сепараторе при электрическом обогащении в поле коронного разряда и исследование влияния напряженности этого поля на технологические показатели обогащения.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Электрический сепаратор ПС-1; лабораторные весы; секундомер; сушильный шкаф; емкости для продуктов.

Электрический сепаратор ПС-1 предназначен для электрического обогащения, т.е. для, разделения минералов, отличающихся друг от друга электрическими свойствами-электрической проводимостью и диэлектрической проницаемостью. Сепарация минеральных комплексов может проводиться в поле коронного разряда, в электростатическом поле и в комбинированном коронно-электростатическом поле. Крупность обрабатываемого материала - 2000+100 мкм. Производительность 30-50 кг/ч. Количество получаемых продуктов – три. Основные узлы сепаратора показаны на рис.8.1.

Для выполнения настоящей работы сепаратор должен быть переведен в чисто коронный режим (отклоняющий электрод снят), т.е. в рабочем пространстве сепаратора создается только поле коронного разряда. Во время проведения лабораторной работы **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ОТКРЫВАТЬ СМОТРОВЫЕ ОКНА СЕПАРАТОРА!**

Исходный материал и условия проведения опытов.

Исходный материал для опытов – смесь халькопирита крупностью -500+100 мкм и кварца крупностью -1250+800 мкм в соотношении 30% и 70% соответственно. Масса навески для опыта 300 г.

Постоянные условия проведения опытов: сепаратор ПС-1 работает в чисто коронном режиме (отклоняющий электрод снят); температура подогрева материала перед опытом 80 °С; угол коронирующего электрода от горизонтали 70°; частота вращения осадительно-

го электрода 120-140 об/мин; положение отсекателей фракций (по но- ниусу) - левого 1° , правого 16° .

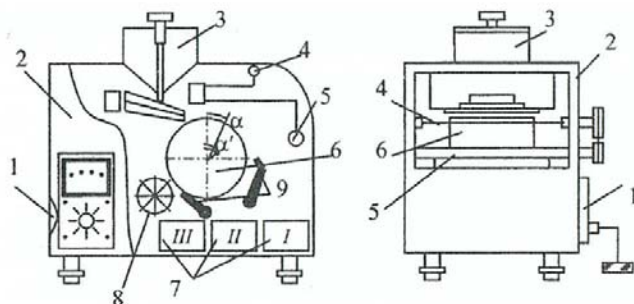


Рис.8.1 Схема сепаратора ПС-1

1 — Преобразователь напряжения; 2 — Корпус; 3 — Приемный бункер; 4 — Коронирующий электрод; 5 — Отклоняющий электрод; 6 — Осадительный электрод; 7 — Сборник продуктов; 8 — Щетка; 9 — Отсекатели

Переменные условия опытов: напряжение на коронирующем электроде в первом, втором и третьем опытах соответственно 8, 10 и 12 кВ.

Порядок выполнения работы.

1. Приготовить три навески исходного материала массой по 300 г каждая и поставить их в печь при $T = 80-100^\circ\text{C}$, время подогрева 30-40 мин.

2. Загрузить подогретую навеску в приемный бункер, предварительно проверив заданные установочные параметры сепаратора ПС-1 (см. постоянные условия проведения опытов).

3. Включить сепаратор (общий тумблер).

4. Установить и проконтролировать по соответствующей шкале частоту вращения осадительного электрода.

5. Включить и установить по киловольтметру требуемое для опыта высокое напряжение.

6. Включить вибропитатель.

7. Открыть затвор бункера и отрегулировать подачу исходного материала. Одновременно пустить секундомер для замера времени поступления материала в сепаратор.

8. После окончания поступления материала в межэлектродное пространство остановить секундомер. Длительность поступле-

ния материала в сепаратор записать в таблицу результатов опыта (табл.8.1).

9. По окончании опыта выключить сепаратор и разгрузить из приемников полученные продукты обогащения. В каждом этапе получают три продукта: 1-ю фракцию (проводники); 2-ю фракцию (полупроводники); 3-ю фракцию (непроводники).

10. Каждую из полученных фракций взвесить (для расчета вы ходов) и произвести рассев на сите 800 мкм, при этом надрешетный продукт – непроводники и полупроводники, подрешетный продукт – проводники. Производят расчет показателей извлечения проводника (халькопирита) по фракциях, данные заносят в табл.8.1.

11. После первого опыта в том же порядке следует провести второй и третий опыты, изменяя напряжение на коронирующем электроде.

Обработка результатов.

По результатам опытов строят графики зависимости извлечения и содержания халькопирита в 1, 2 и 3 фракциях от напряжения на коронирующем электроде: $\varepsilon_1=f(U)$; $\varepsilon_2=f(U)$; $\varepsilon_3=f(U)$; $\beta_1=f(U)$; $\beta_2=f(U)$; $\beta_3=f(U)$, а также эффективности обогащения $E_1=f(U)$; $E_2=f(U)$; $E_3=f(U)$. По графикам делают выводы о влиянии напряженности электрического поля на технологические показатели обогащения.

Таблица 8.1

**Результаты опытов электрического обогащения
в поле коронного заряда**

№ опыта	U, кВ	№ продукта	Продукт	Q, г	γ, %	P, г	β, %	ε, %	E, %
1	9	2	1 фракция						
		3	2 фракция						
		4	3 фракция						
		1	Исходный						
2	15	2	1 фракция						
		3	2 фракция						
		4	3 фракция						
		1	Исходный						
3	18	2	1 фракция						
		3	2 фракция						
		4	3 фракция						
		1	Исходный						

Работа 9. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБОГАЩЕНИЯ В КОРОННО- ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

Цель работы - ознакомление с работой сепаратора ПС-1 в условиях коронно-электростатического режима и исследование влияния напряженности такого комбинированного электрического поля на технологические показатели обогащения.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Электрический сепаратор ПС-1; емкости для продуктов; лабораторные весы; набор сит (ячейки 300, 800, 1000, 1135, 1500 мкм).

Краткое описание и схема устройства электрического сепаратора ПС-1 приведены в лабораторной работе 8 и на рис.8.1. Во время лабораторной работы **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ ОТКРЫВАТЬ СМОТРОВЫЕ ОКНА СЕПАРАТОРА!**

Исходный материал и условия проведения опытов.

Исходным материалом для опытов является искусственная смесь гематита с кварцем при соотношении масс 1:1 (150 г гематита и 150 г кварца), общая масса навески 300 г. Крупность кварца - 800+300 мкм; гематита - 1500+1135 мкм.

Постоянные условия опытов: опыты проводятся без подогрева исходного материала в коронно-электростатическом поле (в сепараторе установлены и коронирующий, и осадительный электроды); расстояние между коронирующим и осадительным электродами - 30 мм; угол отклонения коронирующего электрода от горизонтальной оси 70° ; расстояние между отклоняющим и осадительным электродами 15 мм; угол наклона отклоняющего электрода от горизонтальной оси 45° ; частота вращения осадительного электрода 110 об/мин; положение отсекающих (по нониусу) - левого 2° , правого 12° .

Переменные условия опытов: напряжение на электродах в первом, втором и третьем опытах соответственно 15,18 и 21 кВ. Схема работы приведена на рис.9.1.

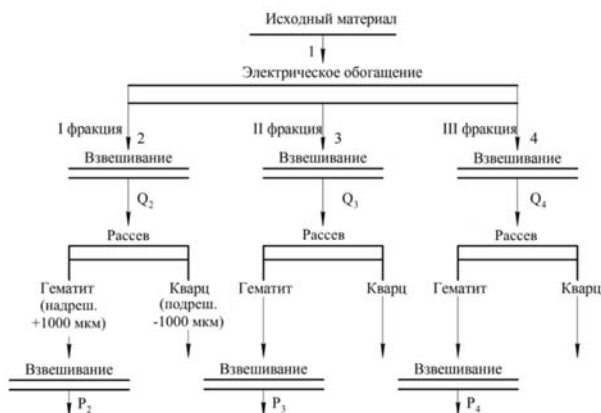


Рис.9.1 Схема опытов электрического обогащения в электрическом поле кварц-гематитовой искусственной смеси

Порядок выполнения работы.

1. Проверить заданные выше установочные параметры сепаратора ПС-1. Затвор бункера перед опытом должен быть закрытым.
2. Загрузить навеску исходного материала в бункер.
3. Включить сепаратор (общий тумблер).
4. Установить нужную для опытов частоту вращения осадительного электрода.
5. Включить тумблер высокого напряжения и рукояткой установить требуемое напряжение на электродах по шкале сепаратора.
6. Включить вибропитатель.
7. Открыть затвор бункера и следить за поступлением материала в межэлектродное пространство. Одновременно с началом поступления материала включить секундомер.
8. По окончании прохождения материала через осадительный электрод остановить секундомер, записать время в таблицу результатов (табл.9.1).
9. Выключить сепаратор (общий тумблер) и разгрузить из приемников полученные продукты обогащения. В каждом опыте получают три продукта: 1-ю фракцию (проводники) из приемника 1, 2-ю фракцию (полупроводники) из приемника 2 и 3-ью фракцию (непроводники) из приемника 3.
10. Взвесить все три фракции и массы их записать в табл.9.1.
11. Каждую фракцию проанализировать для определения в ней содержания гематита (расчетного компонента). Анализ фракций

производят с помощью рессева на сите с размером ячейки 1000 мкм, после которого в класс +1000 мкм выделится весь гематит, а в класс -1000 мкм – весь кварц. Далее взвешивают гематит, а его массу (для каждой фракции) записывают в табл.9.1.

12. По данным опытов и анализа фракций рассчитать технологические показатели обогащения: выходы фракций, содержания и извлечения в них гематита и эффективности обогащения. Рассчитанные технологические показатели записать в табл.9.1.

13. После первого опыта в том же порядке провести второй опыт, затем третий, изменяя только напряжение на электродах, (между опытами тумблер высокого напряжения можно не выключать).

Обработка результатов.

По данным опытов построить графики зависимости извлечения гематита в 1, 2 и 3 фракциях от напряжения на электродах: $\varepsilon_1=f(U)$; $\varepsilon_2=f(U)$; $\varepsilon_3=f(U)$; $\beta_1=f(U)$; $\beta_2=f(U)$; $\beta_3=f(U)$, а так же эффективности обогащения $E_1=f(U)$; $E_2=f(U)$; $E_3=f(U)$. По графикам зависимости сделать вывод о влиянии напряженности комбинированного (коронно-электростатического) электрического поля на технологические показатели электрического обогащения.

Таблица 9.1

Результаты электрического обогащения
в коронно-электрическом поле

№ опыта	U, кВ	№ продукта	Продукт	Q, г	γ, %	P, г	β, %	ε, %	E, %
1	15	2	1 фракция						
		3	2 фракция						
		4	3 фракция						
		1	Исходный						
2	18	2	1 фракция						
		3	2 фракция						
		4	3 фракция						
		1	Исходный						
3	21	2	1 фракция						
		3	2 фракция						
		4	3 фракция						
		1	Исходный						

Работа 10. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНЕТИЗИРУЮЩЕГО ОБЖИГА НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В КОНЦЕНТРАТ

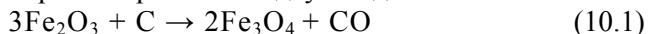
Цель работы — экспериментальное нахождение оптимальных параметров (время, температура и расход твердого восстановителя) восстановительного обжига, обеспечивающих максимальное извлечение железа при обогащении гематитовой руды.

Наряду с легкообогатимыми магнезитовыми железными рудами, в природе встречаются руды, в которых железо представлено немагнитными минералами (гематитом, гидроксидами и сидеритом). Такие руды практически не обогащаются, особенно при тонкой вкрапленности полезных минералов, так как традиционные способы обогащения (гравитационные и флотационные) в этом случае не эффективны.

Для обогащения таких руд предложен комбинированный способ, головной операцией которого является магнетирующий обжиг - нагрев руды в присутствии какого-либо восстановителя. При этом немагнитные минералы железа переводятся в искусственный магнетит, который затем успешно выделяется магнитной сепарацией в полях невысокой напряженности (40-120 кА м).

В качестве восстановителя при обжиге используются газообразные, жидкие или твердые продукты. Наиболее распространенным восстановителем является углерод, который применяется в виде кокса или угля. Наиболее эффективный восстановитель - бурые угли.

При восстановлении оксидов в присутствии твердого углерода процесс можно рассматривать как двухстадийный:

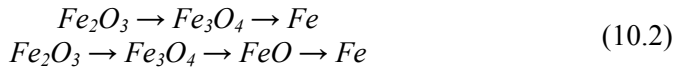


С кинетической точки зрения следует считать, что в присутствии твердого восстановителя восстановление оксидов осуществляется в основном газообразным оксидом углерода.

Из диаграммы равновесия в системе Fe-C-O (рис.10.1) следует, что наиболее легко восстанавливается гематит до магнетита: для восстановления достаточно уже нескольких процентов окиси углерода в газовой фазе. При магнетирующем обжиге при температуре ниже 570°C восстановление гематита должно протекать без образования немагнитного вьюстита (закиси железа). Однако в практических условиях при таких низких температурах восстановление идет

крайне медленно. Наиболее действенным фактором интенсификации процесса является именно повышение температуры обжига, предел которой - начало размягчения и спекания (для большинства руд - около 1000 °С).

Восстановление оксидов железа при обжиге протекает ступенчато: при $T < 570^\circ\text{C}$ и $T > 570^\circ\text{C}$ соответственно:



Для оценки качества восстановительного магнетизирующего обжига принят показатель:

$$r = \frac{1/3Fe^{+2} + Fe_{мет}}{Fe_{общ}} \cdot 100, \quad (10.3)$$

где Fe^{2+} , $Fe_{мет}$, $Fe_{общ}$ - содержание двухвалентного, металлического и общего железа в огарке соответственно, %.

Содержания двухвалентного, металлического и общего железа определяются химическим анализом. При такой оценке соединения железа по степени восстановления характеризуются следующими значениями, %: Fe_2O_3 - 0; Fe_3O_4 - 11,1; FeO - 33,3; $Fe_{мет}$ - 100.

Для большинства окисленных руд наиболее высокие показатели получаются при обогащении обожженной руды, имеющей степень восстановления несколько выше, чем у химически чистого магнетита.

Магнетизация железных руд восстановительным обжигом проводится на многих предприятиях, например, на Криворожском и Лисаковском ГОКах. Обжиг осуществляется во вращающихся трубчатых печах или печах кипящего слоя. Извлечение железа в концентрат магнитного обогащения составляет 65-75%.

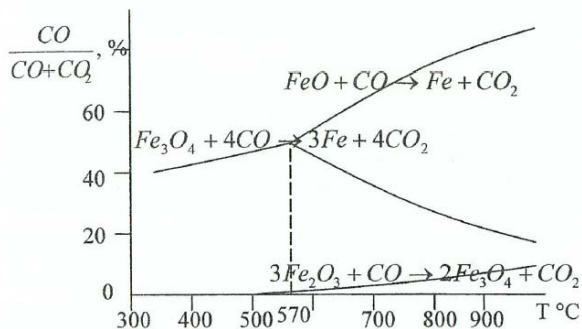


Рис.10.1. Диаграмма равновесия в системе $Fe-C-O$

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Технические весы, высокотемпературный муфель с контролем температуры, фарфоровая ступка, тигли с крышками, секундомер, трубчатый магнитный сепаратор, сушильный шкаф, магнетометр.

Исходный материал.

Гематитовая руда крупностью -74 мкм массой 30 г.

Схема работы представлена на рис.10.2.

Порядок проведения работы.

1. Взвешивают исходную навеску гематитовой руды - 40 г. Эта руда содержит 30% гематита.

2. Определяют содержание магнитного железа в руде на приборе «Магнит-6». Для этого заполняют рудой пластмассовый стаканчик до уровня, превышающего край измерительного гнезда на 4-5 мм. Перед измерением стаканчик 3-4 раза встряхивают для более плотной упаковки материала. Результаты измерений фиксируют.

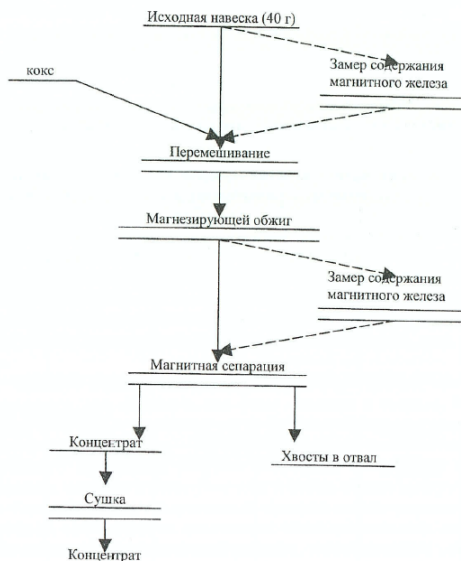


Рис. 10.2. Схема проведения опыта по магнетирующему обжигу

3. Зная содержание гематита в руде, рассчитывают количество кокса, необходимое для восстановления гематита по реакции 10.1. При расчете следует учесть, что активность кокса - 90 %, а избыток кокса принять 250-1000 % (задается преподавателем) от стехиометрически необходимого.

4. Рассчитанное количество кокса взвешивают на аналитических весах и тщательно перемешивают с исходной рудой в фарфоровой ступке.

5. Приготовленную шихту переносят в тигель, закрывают фарфоровой крышкой и помещают в муфель. Время и температура обжига задается преподавателем.

6. По окончании обжига тигель извлекают из печи, остужают, а затем огарок разгружают в фарфоровую ступку. После тщательного перемешивания взвешивают и вновь определяют содержание магнитного железа на приборе «Магнит-6».

7. Огарок подвергают магнитному обогащению на мокром трубчатом магнитном сепараторе. Силу тока на сепараторе устанавливают 1 А, что соответствует напряженности магнитного поля 80 кА/м (0,1 Тл). Подробно процесс сепарации в трубчатом анализаторе описан в Работе 2.

8. Продукты магнитной сепарации (концентрат и хвосты) переносят в фарфоровые чашки, воду сливают, а твердый остаток высушивают в сушильном шкафу.

9. Сухие продукты взвешивают, упаковывают в бумажные пакеты и сдают на химический анализ для определения содержания в них общего железа.

10. По результатам анализа рассчитывают основные технологические показатели схемы обогащения. Все данные заносят в таблицу 10.1.

11. По результатам работы всех бригад необходимо сделать вывод об оптимальных параметрах восстановительного обжига, обеспечивающих максимальное извлечение железа в концентрат.

Таблица 10.1

Результаты комбинированного метода обогащения гематитовой руды (содержание гематита 30 %)

№ п/п	Q, г	Параметры обжига			Q _{ог} , г	β(Fe _{маг}) _{ог} , %	Результат сепарации			
		C, %	T, °C	t, мин			Q _{кц} , г	γ _{кц} , %	β(Fe _{общ}) _{кц} , %	ε(Fe _{общ}) _{кц} , %
1										
2										
...										
n										

где:

Q — Масса руды, г

C — Расход кокса, %

T — Температура обжига, °C

t — Время, мин

Q_{ог} — Масса огарка, г

β(Fe_{маг})_{ог} — Содержание магнитного железа в огарке, %

Q_{кц} — Масса концентрата после сепарации, г

γ_{кц} — Выход концентрата, %

β(Fe_{общ})_{кц} — Содержание железа общего в концентрате, %

ε(Fe_{общ})_{кц} — Извлечение железа общего в концентрат, %

РАБОТА 11. ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Цель работы - экспериментальное определение энергии активации процесса выщелачивания твердой окиси меди раствором серной кислоты.

В связи с вовлечением в переработку труднообогатимых руд, в последние годы все большее распространение получают так назы-

ваемые комбинированные методы обогащения. Сущность этих методов заключается в том, что в схему переработки наряду с традиционными способами обогащения (флотация, гравитация, магнитное обогащение и т.д.) включены операции, приводящие к изменению химического состава разделяемых минералов (гидрометаллургические и пирометаллургические).

Одной из самых распространенных гидрометаллургических операций, применяемых в комбинированных методах, является выщелачивание - растворение твердого продукта. При этом в раствор из руды может переводиться или полезный компонент, или пустая порода.

Процесс выщелачивания является гетерогенным, так как в нем участвуют, как минимум, две фазы - жидкая и твердая. И в отличие от гомогенных протекает он не во всем объеме системы, а на определенных ее участках - на границе раздела фаз. Поэтому для непрерывного протекания реакции необходим постоянный подвод реагируемых веществ к этим участкам и отвод от них продуктов реакции. Следовательно, гетерогенный процесс можно рассматривать как процесс, состоящий из нескольких последовательных стадий и помимо собственной химической реакции, включающий в себя также стадии диффузии исходных реагентов и конечных продуктов реакции.

Из учения о химической кинетике известно, что скорость наиболее медленной стадии определяет скорость всего процесса. Выяснение механизма процесса и его самой медленной стадии является весьма важной задачей изучения кинетики процесса, так как позволяет правильно и научно обоснованно наметить пути его интенсификации.

Если самой медленной стадией гетерогенного процесса является собственно химическая реакция, то скорость всего процесса определяется исключительно скоростью этой химической реакции.

В этом случае принято говорить, что процесс протекает в кинетической области. К гетерогенным процессам, протекающим в кинетической области, могут быть применены кинетические уравнения гомогенных реакций. Скорость процесса выщелачивания, протекающего в кинетической области, может быть выражена уравнением

$$dm / dt = KSC^n, \quad (11.1)$$

где dm / dt - скорость выщелачивания, моль/с; K - константа скорости химической реакции; S - площадь реакционной поверхности, см^2 ; C - концентрация реагента в растворе, моль/ см^3 ; n - порядок реакции.

Если самая медленная стадия процесса - диффузия (скорость подвода реагента к реакционной поверхности), то процесс протекает в диффузионной области и скорость всего процесса определяется законами диффузии. Скорость процесса выщелачивания, протекающего в диффузионной области определяется уравнением:

$$dm / dt = DSC / \delta_d, \quad (11.2)$$

где D - коэффициент диффузии, $\text{см}^2/\text{с}$; δ_d - толщина диффузионного слоя, см .

Для того чтобы определить, в каком режиме протекает изучаемый процесс, необходимо располагать объективными критериями, которые позволяли бы на основании экспериментальных данных судить о характере стадии, контролирующей скорость всего процесса.

Наиболее надежным критерием может служить: влияние условий перемешивания на скорость процесса. Так, увеличение скорости процесса с повышением интенсивности перемешивания свидетельствует о том, что процесс протекает в диффузионной области. Напротив, независимость скорости процесса от условий перемешивания указывает на кинетический режим процесса. Другим критерием протекания процесса выщелачивания в диффузионной или кинетической области может служить характер изменения скорости процесса от температуры. Скорость химической реакции растет с повышением температуры гораздо больше скорости диффузии.

Количественное влияние температуры на скорость химической реакции выражается уравнением Аррениуса:

$$K = K_0 e^{-E/RT} \quad (11.3)$$

где K - константа скорости химической реакции; K_0 - константа; E - энергия активации химической реакции, Дж/моль; R - универсальная газовая постоянная, $R = 8,31$ Дж/(моль * К); T - абсолютная температура, К.

Следовательно:

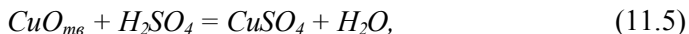
$$dm / dt = K_0 SC^n e^{-E/RT}, \quad (11.4)$$

то есть скорость химической реакции изменяется с температурой тем сильнее, чем больше значение E . Для большинства химических реакций, протекающих на границе “твердое тело - раствор”, энергия активации превышает 35 кДж/моль.

Скорость диффузионных процессов также зависит от температуры. Однако в этом случае зависимость намного меньше; энергия активации диффузионных процессов имеет небольшое значение, порядка 8-20 кДж/моль.

Естественно, что наиболее достоверные сведения о характере контролирующей стадии можно получить, если оба критерия использовать совместно.

В настоящей работе изучается процесс выщелачивания тенорита серной кислотой:



Экспериментально определяется величина энергии активации и делается вывод о контролирующей стадии процесса.

Аппаратура и ее краткая характеристика.

Технические весы, магнитная мешалка, реакционный стакан, стеклянные колбы, воронки с бумажными фильтрами, секундомер, титровальная установка для химического анализа, термометр, мензурка на 100 мл, пипетка на 5 мл.

Порядок проведения работы.

1. Отмерить мензуркой 100 мл раствора серной кислоты (5 %) и поместить их в стакан с магнитной мешалкой. Поставить стакан на мешалку, включить ее и вывести температуру раствора на заданное значение (температура раствора задается преподавателем). Температуру контролировать ртутным термометром. При необходимости подъема температуры включить подогреватель. Заданную температуру поддерживать, включая и выключая подогрев.

2. Приготовить исходную навеску - 1 г тенорита (CuO). Подготовить заранее чистые конические колбы, воронки с фильтрами и пипетку на 5 мл. Когда температура раствора устойчиво достигнет заданного значения, высыпать в него исходную навеску и зафиксировать время начала опыта.

3. В течение опыта отобрать пипеткой четыре пробы раствора по 5 мл. Интервалы отбора проб для каждой температуры задаются преподавателем. Пробу отбирать в коническую колбу через воронку с фильтром. Фильтр предварительно обязательно смочить дистиллированной водой. По мере фильтрации твердый остаток на фильтре несколько раз промыть водой.

4. Все пробы проанализировать на содержание меди. Для этого в пробу добавляется несколько капель раствора серной кислоты (из капельницы), немного сухого йодистого калия (шпателем) и несколько капель рас-

творя крахмала. Раствор окрасится в синий цвет. После этого титровать раствор 0,1 и раствором гипосульфита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) до полного обесцвечивания раствора. Содержание меди в растворе определяется по формуле

$$C = TV10^3/a, \text{ г/л} \quad (11.6)$$

где T - титр гипосульфита по меди, $T = 0,003177$ г/мл; V - объем гипосульфита натрия, пошедшего на титрование, мл; a - объем отобранной пробы, мл.

5. По полученным результатам построить график кинетических кривых растворения окиси меди в координатах: на оси абсцисс - время выщелачивания в минутах; на оси ординат - концентрация меди в растворе в граммах на литр. На один график наносят кривые всех бригад, из которого находят скорости растворения тенорита при разных температурах. После этого определяют кажущуюся энергию активации изучаемого процесса. Для определения энергии E следует прологарифмировать уравнение скорости химической реакции:

$$\text{Lgv} = \text{lg}A - E/2,3RT, \quad (11.7)$$

где $v = dm/dr$, $A = K_pSC_n$.

Это уравнение представляет собой уравнение прямой линии в координатах $\text{lg}v - 1/T$, тангенс угла наклона которой к оси абсцисс равен $E/2,3R$. Следовательно, для определения величины энергии активации необходимо экспериментально определить скорость процесса при нескольких отличающихся температурах (при прочих одинаковых условиях), построить график в координатах $\text{lg}v - 1/T$ и рассчитать искомую величину по формуле

$$E = \frac{(\text{lg}v_1 - \text{lg}v_2)2,3R}{1/T_2 - 1/T_1}, \quad (11.8)$$

в которой значения $\text{lg}v_1$, $\text{lg}v_2$, $1/T_1$, и $1/T_2$ подставляют из графика.

По найденной величине энергии активации делают вывод об области, в которой протекает процесс выщелачивания тенорита серной кислотой и путях интенсификации процесса выщелачивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. *Кармазин В.В.* Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых [Электронный ресурс]: учеб. / В.В. Кармазин, В.И. Кармазин. Электрон. дан. Москва: Горная книга, 2005. 669 с. режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3302>

2. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. Магнитные методы обогащения полезных ископаемых. Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н.Ф. Пантелеева, А.М. Думов. Электрон. дан. Москва : МИСИС, 2009. 105 с. режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1845>

3. *Тихонов О.Н., Андреев Е.Е., Кусков В.Б., Никитин М.В.* Магнитные, электрические и специальные методы обогащения: Учеб. пособие / С. Петерб. гос. горн. ин-т (техн. ун-т). СПб. : СПГГИ, 2004. 103 с.

4. *Кравец Б.Н.* Специальные и комбинированные методы обогащения: Учеб. Для вузов. М. : Недра, 1986. 304 с.

5. *Кармазин В.В.* Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых. Т. 1. Магнитные и электрические методы обогащения полезных ископаемых. М. : Горная книга, 2017. 672 с., и пред. издания 2012, 2005.

Дополнительная литература

1. *Кобзев, А.С.* Радиометрическое обогащение минерального сырья [Электронный ресурс] Электрон. дан. Москва: Горная книга, 2015. 125 с. режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72610>

2. *Лагов, Б.С.* Радиометрическая сортировка и сепарация твердых полезных ископаемых Учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Б.С. Лагов, П.Б. Лагов. Электрон. дан. Москва: МИСИС, 2007. 155 с. режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1841>

3. *Александрова Т.Н.* Обогащение полезных ископаемых. [Электронный ресурс]: учебник/ 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. – режим доступа: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Ite

mid=402&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_urb=<.>I=33%2E4%D1%8F73%2F%D0%9E%2D21%2D667610266<.>

4. Справочник по обогащению руд. Основные процессы / Под ред. О.С.Богданова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1983. 381 с.

5. Справочник по обогащению руд. Обогащительные фабрики / Гл. ред. О.С.Богданов. - 2-е изд., перераб. и доп. М. : Недра, 1984. - 358 с.

6. Справочник по обогащению руд черных металлов / Под ред. С.Ф.Шинкоренко. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1980. 527 с.

7. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения [Текст] : метод. указания для самост. Работы студентов спец. 130405 / сост.: Е. Е. Андреев, В. В. Львов. СПб. : Горн. Ун-т, 2012. 65 с. режим доступа:

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_urb=<.>I=%D0%90%2088348%2F%D0%9C%2012%2D964335<.>

8. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения [Текст]: метод. Указания по курс. проектированию / сост.: В. Б. Кусков, В. В. Львов; науч. Ред. Т. Н. Александрова. СПб.: С. Петерб. Горный университет, 2016. – 70 с. режим доступа:

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_urb=<.>I=%D0%90%2089315%2F%D0%9C%2012%2D926467223<.>

9. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения [Текст] : метод. Указания к лаб. работам / сост.: М. В. Никитин, В. В. Львов ; науч. Ред. Е. Е. Андреев. СПб.: С. Петерб. Горный университет, 2004. 46 с. режим доступа:

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_urb=<.>I=%D0%90%2086842%2F%D0%9C%2012%2D564862938<.>

10. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения [Текст] : метод. указания к практ. занятиям для студентов специальности 21.05.04 / сост.: В. В. Львов, Н. В. Николаева. СПб.: ЛЕМА, 2018. 66 с.: табл., рис. Библиогр.: с. 64 режим доступа: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_urb=<.>I=6%D0%9F1%2E9%2F%D0%9C%2012%2D486149856<.>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Работа 1. Исследование влияния крупности исходного материала на технологические показатели магнитного обогащения	4
Работа 2. Магнитный анализ сильномагнитных руд на трубчатом анализаторе	9
Работа 3. Исследование влияния переменных факторов на показатели сухого магнитного обогащения барабанного сепаратора	20
Работа 4. Исследование влияния переменных факторов на показатели сухого магнитного обогащения валкового сепаратора..	23
Работа 5. Исследование влияния переменных факторов на показатели мокрого магнитного обогащения барабанного сепаратора	28
Работа 6. Исследование влияния переменных факторов на показатели мокрого высокоградиентного магнитного обогащения на сепараторе Slon 100.....	34
Работа 7. Исследование влияния переменных факторов на показатели мокрого высокоградиентного магнитного обогащения на сепараторе Jones p40	403
Работа 8. Исследование влияния напряженности электрического поля на технологические показатели электрического обогащения в поле коронного разряда	47
Работа 9. Исследование влияния напряженности электрического поля на технологические показатели обогащения в коронно-электростатическом поле	50
Работа 10. Исследование влияния параметров магнетизирующего обжига на извлечение железа в концентрат	53
Работа 11. Исследование кинетики процесса выщелачивания	49
Библиографический список	62

МАГНИТНЫЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБОГАЩЕНИЯ

*Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности 21.05.04*

Сост. *В.В. Львов*

Печатается с оригинал-макета, подготовленного кафедрой
обогащения полезных ископаемых

Ответственный за выпуск *В.В. Львов*

Лицензия ИД № 06517 от 09.01.2002

Подписано к печати 30.06.2020. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 3,7. Усл.кр.-отг. 3,7. Уч.-изд.л. 3,5. Тираж 50 экз. Заказ 462.

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