

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор

_____ О.Ю. Долматов
« __ » _____ 2014 г.

**ВЫДЕЛЕНИЕ ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА
МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу
«Оборудование производств редких элементов» для студентов IV
курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология
материалов современной энергетики

Составители: **А.С. Кантаев, И.Д. Брус**

Издательство
Томского политехнического университета
2014

УДК 66.045.2
ББК Л1/7 35

Выделение ильменитового концентрата методом концентрации: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 25 с.

УДК 542.2
ББК Л1/7 35

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры химической технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов (№43) ФТИ «__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ХТРЭ
доктор технических наук,
профессор

_____ *А.Н.Дьяченко*

Председатель
учебно-методической комиссии

Рецензент
Кандидат химических наук
Доцент
Р.И. Крайденко

© Составление. ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2014
© Кантаев А.С., Брус И.Д. составление, 2014

Цель работы

1. Изучение теоретических основ магнитной сепарации
2. Определение процентного содержания немагнитной фракции в навеске
3. Построение графиков зависимости степени извлечения от величины тока

Основы теории

Процесс магнитной сепарации осуществляется в магнитном поле сепаратора в результате воздействия на зерна руды магнитной и механических сил. Поэтому зерна с различными магнитными свойствами движутся по различным траекториям, обособляясь в две или несколько фракций, выдаваемых в виде отдельных продуктов обогащения.

Траектории магнитных зерен, извлекаемых в магнитную фракцию, определяются соотношением магнитной и механических сил, действующих на эти зерна в магнитном поле сепаратора, а немагнитных – механическими силами, действующими на немагнитные компоненты руды.

Чтобы процесс магнитной сепарации протекал нормально (если он осуществляется в воздушной среде), магнитная сила должна быть больше равнодействующей механических сил, направленной противоположно магнитной силе, и силы, необходимой для преодоления инерции движущихся магнитных частиц, т.е. в магнитном поле сепаратора для магнитных зерен должно выдерживаться неравенство:

$$f_{\text{магн}} > \sum f_{\text{мех}} + f_{\text{ин}}$$

где:

$f_{\text{магн}}$ – магнитная сила, действующая на магнитные компоненты руды;

$f_{\text{ин}}$ – сила, необходимая для преодоления инерции движущихся магнитных частиц и зависящая от скорости их движения;

$\sum f_{\text{мех}}$ – равнодействующая всех механических сил в направлении, противоположном магнитной силе.

Основные магнитные величины

Магнитный поток (Φ). Магнитным потоком называется скалярная физическая величина Φ . При изменении магнитного потока через поперечное сечение сцепленной с ним электрической цепи в ней проходит электрический заряд ΔQ . Определяющим уравнением для магнитного потока является соотношение $\Phi = \Delta Q \cdot R$, где R – электрическое сопротивление цепи. Из этого уравнения следует, что размерность магнитного потока

$$\Phi = L^2 \cdot M \cdot T^{-2} \cdot I^{-1}.$$

Единица магнитного потока СИ $[\Phi] = 1 \text{ Кл} \cdot 1 \text{ Ом} = 1 \text{ Кл} \cdot \text{Ом} = 1 \text{ Вб}$ получила специальное наименование «вебер» по имени немецкого ученого В. Вебера (1804 – 1891).

Вебер (Wb, Вб) равен магнитному потоку, при убывании которого до нуля в сцепленной с ним электрической цепи сопротивлением 1 Ом через поперечное сечение проводника проходит электрический заряд 1 Кл.

Магнитная индукция (В). Магнитной индукцией называется векторная физическая величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля. В качестве определяющего уравнения для магнитной индукции при построении СИ выбрано уравнение:

$$B = \Phi/S,$$

где Φ – магнитный поток, пронизывающий поверхность площадью S . Численное значение магнитной индукции определяется этим соотношением, а ее размерность $B = M \cdot T^{-2} \cdot I^{-1}$.

Единица магнитной индукции $[B] = 1 \text{ Вб}/1 \text{ м}^2 = 1 \text{ Вб}/\text{м}^2 = 1 \text{ Тл}$ имеет специальное наименование «тесла», присвоенное ей по имени югославского ученого Н. Тесла (1856–1943).

Тесла (Т, Тл) равна магнитной индукции, при которой магнитный поток сквозь поперечное сечение площадью 1 м^2 равен 1 Вб.

Напряженность магнитного поля (Н). Напряженность магнитного поля H является силовой характеристикой магнитного поля. В качестве

определяющего уравнения для напряженности магнитного поля при построении международной системы единиц выбрано соотношение $H = n \cdot N/I$, где I – сила электрического тока, протекающего в соленоиде, в котором на длине l укладывается N витков; n – число витков, приходящихся на единицу длины соленоида.

Из соотношения следует, что размерность напряженности магнитного поля $\dim H = L^{-1} \cdot I$. Единица напряженности магнитного поля:

$$[H] = n \cdot m^{-1} \cdot \frac{1}{n} \cdot A = 1 \text{ А/м.}$$

Ампер на метр (А/м, А/м) равен напряженности магнитного поля в центре длинного соленоида с равномерно распределенной обмоткой, по которой проходит ток силой $1/A$, где n – число витков на участке соленоида длиной 1 м.

Абсолютная магнитная проницаемость (μ_a, μ). Абсолютной магнитной проницаемостью среды μ_a называется скалярная физическая величина, характеризующая магнитные свойства среды и равная отношению магнитной индукции B к напряженности магнитного поля H в данной точке: $\mu_a = B/H$. Из соотношения следует, что размерность абсолютной магнитной проницаемости $\mu_a = L \cdot M \cdot T^{-2} \cdot I^{-2}$.

Подставляя в определяющее уравнение значение $[B] = 1 \text{ Тл}$, $[H] = 1 \text{ А/м}$, получаем единицу абсолютной магнитной проницаемости среды $[\mu_a] = 1 \text{ Тл/1 (А/м)} = 1 \text{ Гн/м}$.

Генри на метр (Н/м, Гн/м) равен абсолютной магнитной проницаемости среды, в которой при напряженности магнитного поля 1 А/м создается магнитная индукция 1 Гн.

Относительная магнитная проницаемость (μ_r). Относительной магнитной проницаемостью среды называется скалярная физическая величина μ_r , зависящая только от магнитных свойств среды и равная отношению абсолютной магнитной проницаемости среды μ_a к магнитной постоянной μ_0 : $\mu_r = \mu_a/\mu_0$. Числитель и знаменатель здесь имеют одинаковые

размерности, поэтому относительная магнитная проницаемость среды оказывается безразмерной величиной, выражаемой безразмерной единицей.

Определяющее соотношение можно преобразовать следующим образом: $\mu_r = \mu_a/\mu_0 = \mu_a \cdot H/\mu_0 \cdot H = B/B_0$, где H – напряженность магнитного поля в данной точке; B – магнитная индукция в этой точке поля при наличии среды с абсолютной магнитной проницаемостью μ_a ; B_0 – магнитная индукция в той же точке поля в вакууме.

Из полученного соотношения следует, что относительная магнитная проницаемость среды является величиной, показывающей во сколько раз магнитная индукция B поля в данной среде отличается от магнитной индукции поля в вакууме.

Магнитная восприимчивость (χ , χ_m). Магнитной восприимчивостью вещества χ_m называется скалярная физическая величина, характеризующая способность вещества намагничиваться во внешнем магнитном поле, равная отношению намагниченности вещества к напряженности магнитного поля: $\chi_m = M \cdot H$. Намагниченность вещества и напряженность магнитного поля имеют одинаковые размерности, следовательно, магнитная восприимчивость является безразмерной величиной, выражаемой безразмерными единицами.

Удельное электрическое сопротивление (ρ). Удельное электрическое сопротивление – скалярная физическая величина, характеризующая данное вещество и численно равная сопротивлению R проводника с постоянным поперечным сечением S и длиной l , для которого отношение S/l численно равно единице.

Определяющим уравнением для удельного сопротивления является соотношение $\rho = R \cdot S/l$. Размерность удельного сопротивления $\rho = L^3 \cdot M \cdot T^{-3} \cdot I^{-2}$. Полагая в определяющем уравнении $[R] = 1 \text{ Ом}$, $[S] = 1 \text{ м}^2$, $[l] = 1 \text{ м}$, получаем единицу удельного электрического сопротивления: $[\rho] = 1 \cdot \text{Ом} \cdot 1 \text{ м}^2 / 1 \text{ м} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Ом-метр ($\Omega \cdot m$, Ом·м) равен удельному электрическому, сопротивлению вещества, при котором участок выполненной из этого вещества электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м^2 имеет сопротивление 1 Ом.

Электрическая проводимость (G , г). Электрическая проводимость – скалярная физическая величина, обратная электрическому сопротивлению проводника: $G = 1/R$. Размерность электрической проводимости $G = L^{-2} \cdot M^{-1} \cdot T^3 \cdot I^2$. Единица СИ для электрической проводимости $[G] = 1/1 \text{ Ом} = 1 \text{ Ом}^{-1} = 1 \text{ См}$. Эта единица получила специальное наименование «сименс» на XIV Генеральной конференции по мерам и весам в 1971 г. по имени немецкого ученого В. Сименса (1816–1892).

Сименс (S , См) равен электрической проводимости участка электрической цепи сопротивлением 1 Ом.

Удельная электрическая проводимость (γ, σ). Удельная электрическая проводимость – скалярная физическая величина γ , характеризующая электрические свойства вещества, обратно пропорциональная удельному электрическому сопротивлению. Она численно равна проводимости проводника G с постоянным поперечным сечением S и длиной l , для которого отношение l/S численно равно единице.

Определяющим уравнением для удельной электрической проводимости является соотношение $\gamma = G \cdot l/S = 1/\rho$. Размерность удельной электрической проводимости $\dim \gamma = L^{-3} \cdot M^{-1} \cdot T^3 \cdot I^2$. Единица удельной электрической проводимости $[\gamma] = 1 \text{ см} \cdot 1 \text{ м}/1 \text{ м}^2 = 1 \text{ См}/\text{м}$.

Сименс на метр (S/m , См/м) равен удельной электрической проводимости вещества, при которой участок выполненной из этого вещества электрической цепи длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м^2 имеет электрическую проводимость 1 См.

Классификация минералов и руд по магнитным и электрическим свойствам

Минералы и руды по магнитным и электрическим свойствам подразделяют на следующие группы.

1. Сильномагнитные, или ферромагнитные, обладающие удельной магнитной восприимчивостью вещества $\chi > 3,8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{кг}$ (ферриты, магнетит, титаномагнетит, франклинит, иоцит, моноклинный пирротин и др.).

2. Слабомагнитные, или парамагнитные минералы с удельной магнитной восприимчивостью χ от $7,5 \cdot 10^{-6}$ до $1,26 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{кг}$, т.е. с восприимчивостью в сотни и тысячи раз меньшей, чем сильномагнитные (оксиды, гидроксиды, карбонаты железа и марганца, ильменит, вольфрамит).

3. Немагнитные и диамагнитные минералы, обладающие магнитной восприимчивостью χ соответственно $< 1,26 \cdot 10^{-7}$ и < 0 (кварц, алюмосиликаты и др.).

4. Минералы – проводники с высокой электрической проводимостью – от 10^{-1} до 10^4 См/м (галенит, магнетит, титаномагнетит, пирит и др.).

5. Полупроводники с удельной электрической проводимостью от 10^{-1} до 10^{-8} См/м (сидерит, кальцит, алмаз, берилл и др.).

6. Непроводники (диэлектрики), обладающие ничтожной удельной электрической проводимостью – менее 10^{-8} См/м (кварц, кальцит и др.).

Из всех элементов периодической системы ярко выраженным ферромагнетизмом обладают только три металла: железо, никель и кобальт, а проводниками являются все металлы. 55 элементов имеют парамагнитные свойства, причем 16 элементов являются парамагнетиками в чистом виде, а в соединениях – диамагнетиками (кислород, натрий, магний, алюминий, цирконий, олово и др.); семь элементов проявляют свойство парамагнетиков, когда один или более атомов находятся в соединениях (азот, калий, медь, рубидий, золото, титан).

Магнитные и электрические свойства не являются постоянными физическими величинами и изменяются в зависимости от напряженностей магнитного и электрического полей, создаваемых электротоками или статическим электричеством, температуры и давления, приходящегося на образец, частоты тока, крупности измельчения, формы частиц, времени намагничивания, а также электризации, влажности, кристаллической решетки, наличия дефектов и примесей в ней. Особенно большой изменчивостью отличается электрический заряд, получаемый частицами при различных способах трения (фактор деполяризации) и др.

Классификация магнитных сепараторов

Магнитная сепарация имеет объемы практического применения в десятки раз большие, чем электрическая, в первую очередь рассмотрим ее.

Магнитные сепараторы, применяемые в промышленности, изготавливаются в зависимости от характера, поступающего на обогащение материала, способа его подачи, способа возбуждения магнитов и, наконец, в зависимости от того, сухой или мокрый материал подвергается сепарации. Успех магнитной сепарации обеспечивается напряжением магнитного поля и связанным с этим небольшим расстоянием между полюсами. Меньшее значение имеют приспособления для подачи материала, обеспечивающие свободное передвижение отдельным частицам, приспособления для выгрузки магнитной фракции и быстрого вывода из магнитного поля материала, прошедшего сепарацию.

По способу подачи материала сепараторы разделяются на ленточные, барабанные, шнековые и т.д. Сепараторы любого из указанных типов могут иметь первичные магниты (возбуждающиеся от катушки) и вторичные (возбуждающиеся индукцией). Любой из указанных типов сепараторов может быть приспособлен для сепарации сухих руд (сухой сепарации) и некоторые из них – для мокрой сепарации.

Основной признак классификации сепараторов – магнитные свойства руды. По этому признаку магнитные сепараторы делятся на две группы:

- для сильномагнитных руд;
- для слабомагнитных руд.

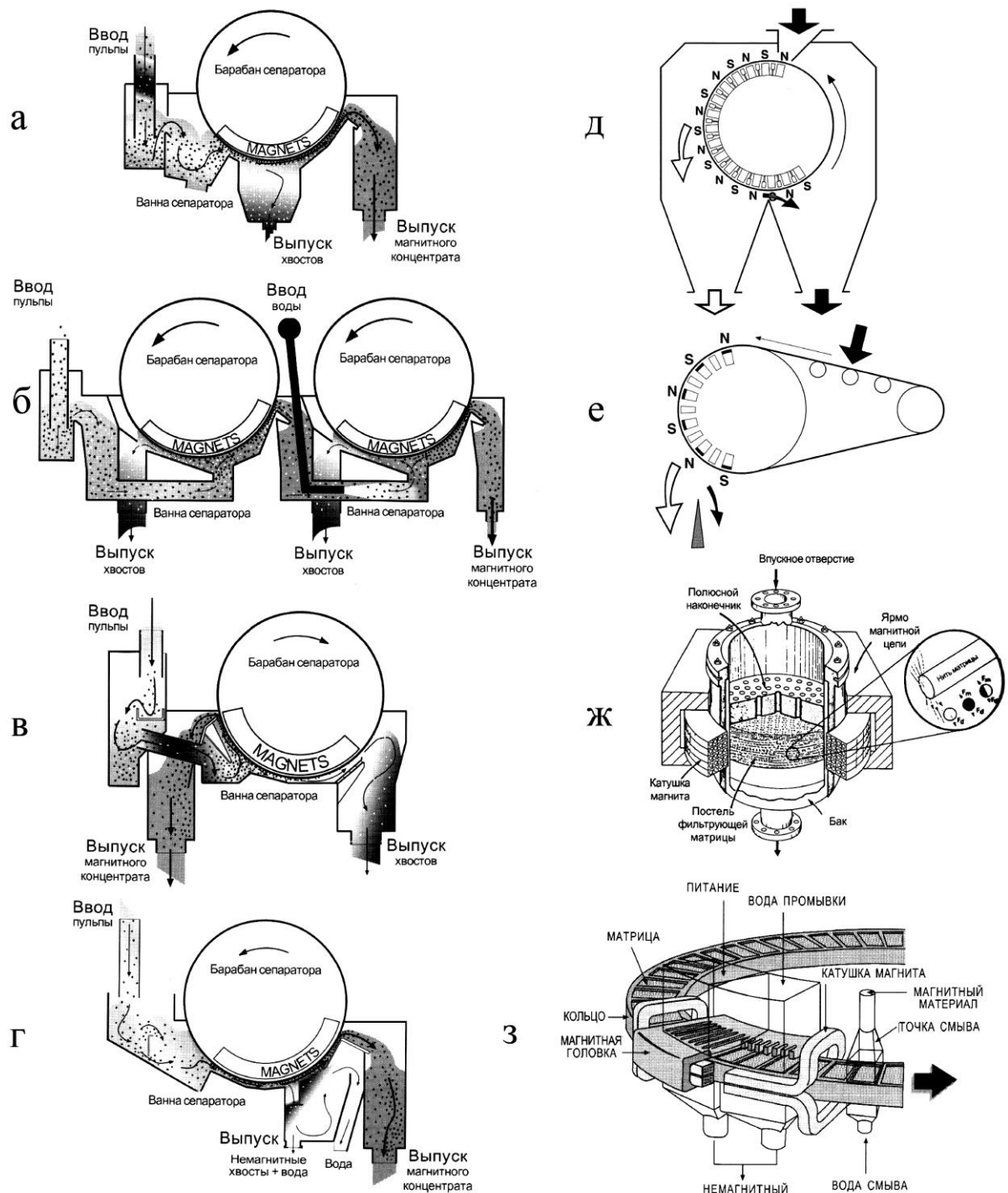
Таблица 1 Классификация магнитных сепараторов

Конструкция сепаратора	Условия сепарации	Способ подачи исходного материала	Крупность обрабатываемого материала
Сепараторы для сильномагнитных руд)			
С перемежающейся полярностью: ленточные	Сухая сепарация	С верхней подачей	75 – 5
		С верхней и нижней подачей	6 (12)
	Мокрая	С нижней подачей	Менее 6
		С верхней подачей	Менее 8
	Сухая	С нижней подачей	Менее 6
	Мокрая	С верхней подачей на наклонную ленту	Менее 3
С постоянной полярностью: Барабанные Шкивные	Сухая	С верхней подачей	100
	Сухая	С верхней подачей	150
Корытные со спиралью	Мокрая	С нижней подачей	Менее 0,2
Трубчатые анализаторы	Мокрая		Менее 0,1

Продолжение таблицы 1

Сепараторы для слабомагнитных руд (557000 – 1591550 А/м)				
Роликовые	Сухая	С	верхней	5
		подачей		
	Мокрая	С	нижней	3
		подачей		
Ручейково роликовые –	Сухая	С	верхней	35
	Сухая	подачей		75
Дисковые	Сухая	С	верхней	
		подачей		
Кольцевые	Сухая	С	нижней	Менее 2
	Мокрая	С	нижней	Менее 3
Ленточные		Сухая	С	нижней
	подачей			

Принципиальные схемы основных конструкций магнитных и комбинированных сепараторов представлены на рисунке 1:



- а – мокрый сепаратор с прямоточной ванной;
- б – мокрый сепаратор с полупротивоточной ванной;
- в – мокрый сепаратор с противоточной ванной;
- г – мокрый сепаратор для извлечения утяжелителя;
- д – сухой барабанный сепаратор;
- е – сухой ленточный сепаратор для кусков до 200 мм;
- ж – мокрый сепаратор циклического действия;
- з – мокрый сепаратор карусельного типа.

Рисунок – 1 Принципиальные схемы основных конструкций магнитных и комбинированных сепараторов

Эффективность процесса магнитной сепарации

Эффективность процесса магнитной сепарации зависит от следующих основных факторов:

1. От напряженности или силы магнитного поля, зависящего в первую очередь от силы тока и числа витков (электромагнитные сепараторы с высокой напряженностью магнитного поля могут применяться для слабомагнитных минералов, а с низкой напряженностью для сильномагнитных минералов).

2. От расстояния между полюсами, т.е. от толщины магнитной прослойки, разделяющей их (межполюсное пространство). Чем ближе будут друг от друга расположены полюсы, тем меньше магнитное сопротивление воздушной части цепи, тем выше напряжение магнитного поля.

3. От продолжительности пребывания рудных зерен в магнитном поле или, иначе говоря, о скорости прохождения частиц материала через сепаратор. Чем больше эта скорость, тем меньше времени рудные частицы будут подвержены действию магнитных сил, но тем больше будет производительность магнитного сепаратора. Процесс намагничивания рудных зерен (как и самого железа) не происходит мгновенно, а протекает во времени, в зависимости от магнитных свойств руды и напряжения магнитного поля. Чем меньше магнитная проницаемость отделяемого в магнитную фракцию минерала (или группы их), тем меньше должна быть скорость прохождения материала через сепаратор, т.е. больше продолжительность пребывания этого материала через сепаратор, т.е. больше продолжительность пребывания этого материала в магнитном поле.

4. От крупности исходного материала. Согласно закону Кулона, сила магнитного притяжения каких – либо двух тел пропорциональна произведению количества магнетизма, заключенных в них, и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Относительная сила притяжения (т.е. сила притяжения, отнесенная к единице объема) у крупной

частицы будет значительно больше, чем у мелкой, так как у крупной частицы полюс, разноименный с полюсом магнита, находится значительно ближе к этому полюсу, чем тот же полюс у малой частицы, вследствие чего крупная частица будет гораздо сильнее притягиваться, чем малая. Для магнитной сепарации более крупных зерен можно применить более слабое магнитное поле, чем для мелких. Кроме того, мелкие зерна частиц, застревают в промежутках между крупными, стесненными в передвижении, и только в случае достаточно мощного магнитного поля они смогут, преодолев сопротивление крупных зерен, подвергаться сепарации.

5. От влажности материала. На процесс сухой сепарации вредное влияние оказывает повышенное содержание влаги в исходном материале. С увеличением влажности происходит слипание зёрен руды между собой, и сепарация протекает неудовлетворительно. При недостатке влаги образуется много пыли.

находится в пределах 30 – 40 %.

Лабораторный магнитный сепаратор ЭВС-10/5

Сепаратор предназначен для сухого разделения слабомагнитных руд и материалов на магнитные и немагнитные компоненты.

Исполнение сепаратора позволяет использовать его в качестве анализатора в лабораторных условиях на предприятиях металлургической и других отраслей промышленности.

Вид климатического исполнения УХЛ, категория размещения 3 по ГОСТ 15150-69.

Сепаратор представляет собой раму 2 (рисунок 5), на которой установлена электромагнитная система 1, кронштейн 7 с питателем 3 и привод вала.

Электромагнитная система включает в себя полюс, сердечник, ярмо и валок. Эти детали составляют магнитопровод и выполнены из магнитомягкой стали.

На сердечнике размещена обмотка возбуждения, состоящая из двух катушек.

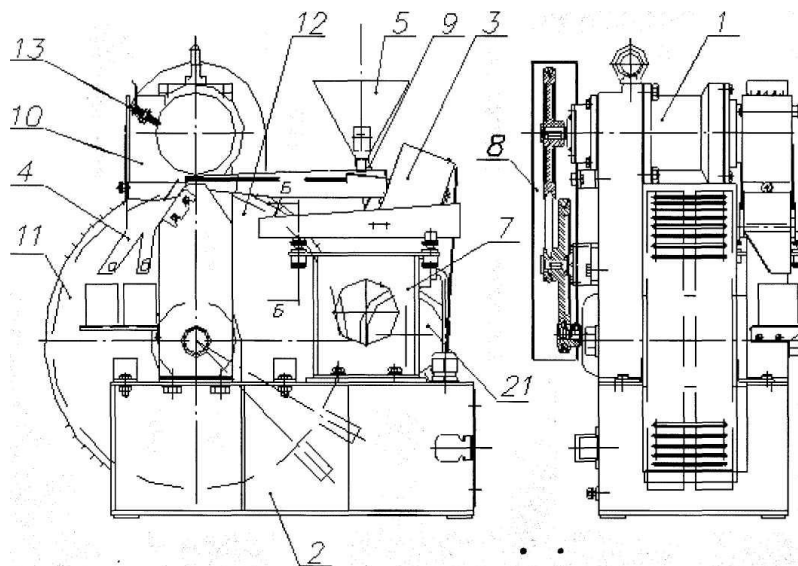
К ядру с обеих сторон крепятся подшипниковые узлы валка, который имеет зубчатую рабочую часть, расположенную напротив полюса. Воздушный зазор между полюсом и зубцами валка образует зону сепарации, где концентрируется магнитное поле при включении обмотки возбуждения. Величину зазора можно регулировать с помощью прокладок, подкладываемых под полюс.

В рабочий зазор входит лоток вибропитателя 3 (рисунок 7), 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.



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

Рисунок – 2. Сепаратор магнитный ЭВС-10/5

К ярму магнитной системы крепится приемная течка 4, имеющая два отсека «а» и «б». На течке установлен отражатель 10 со скребком 13 для очистки вала.

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.

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» конала вибропитателя. Немагнитные частицы ссыпаются с лотка в отсек «б».

Состав продуктов сепарации может регулироваться изменением напряженности магнитного поля в рабочей зоне, скоростью подачи материала вибропитателем и положением лотка в рабочей зоне.

Указание мер безопасности

Конструкция сепаратора отвечает требованиям безопасности по ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ Р ЕН 414-2002, ГОСТ Р 12.4.026-2001, ГОСТ 12.2.007-75, ГОСТ 21130-75 и соответствует «Общим правилам безопасности для предприятий и организаций металлургической промышленности».

При монтаже и эксплуатации также следует руководствоваться «Едиными правилами безопасности при дроблении, сортировке и обогащении полезных ископаемых и окусковании руд и концентратов».

Электродвигатель сепаратора и пульт должны иметь защитное заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.019-79 и ГОСТ 12.1.030-81. Монтаж электрооборудования сепаратора должен производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007-75 и «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ).

Обеспечение пожарной безопасности соответствует ГОСТ 12.1.004-76. К работе по обслуживанию сепаратора допускаются лица, обученные безопасным приемам труда и прошедшие инструктаж по технике безопасности с учетом требований настоящего руководства по эксплуатации и ГОСТ 12.3.002-75.

Запрещается:

- включать сепаратор без заземления рамы, электродвигателя;
- производить ремонт, наладку и осмотр, включенного в сеть электрооборудования.

Подготовка к работе

Перед пуском сепаратора необходимо проверить: затяжку болтовых соединений, узлов и деталей, отсутствие посторонних предметов в разгрузочных коробках, наличие смазки в подшипниковых узлах, натяжение приводных ремней.

Кратковременным пуском проверить правильность вращения вала (по часовой стрелке со стороны питателя).

Установить ручку регулировки тока электромагнитной системы в крайнее левое положение.

Порядок работы

Пуск сепаратора производится в следующей последовательности:

- включить привод вала;
- включить электромагнитную систему, установить требуемую величину намагничивающего тока, вращая рукоятку установки тока;
- подать материал в рабочую зону, для чего включить вибропитатель.

Остановку сепаратора производить в обратном порядке.

Ход работы

1. Навеску, содержащую магнитную и немагнитную фракцию массой 40 г, поместить в бункер загрузки 5 сепаратора магнитного ЭВС – 10/5.
2. Произвести пуск сепаратора согласно инструкции, установив величину намагничивающего тока 2 А.

3. Взвесить магнитную фракцию, определить степень извлечения ильменита по формуле:

$$\alpha = 100 - \frac{m_0 - m_{\text{маг}}}{m_0}$$

Результаты занести в таблицу.

4. Смешать магнитную и немагнитную фракции.

5. Повторить пункты 2 – 5, устанавливая величину намагничивающего тока 2,5 – 7,5 А.

6. Построить графики: зависимости изменения массы магнитной фракции от величины намагничивающего тока; зависимости изменения массы немагнитной фракции от величины намагничивающего тока; зависимости степени извлечения магнитной фракции от величины намагничивающего тока.

7. Определить:

1) интервал значений намагничивающего тока при котором достигается извлечение ильменита 95 – 98 % в магнитную фракцию;

2) процентное содержание немагнитной фракции в навеске.

8. Определить оптимальное значение силы тока намагничивания, и при этом значении провести 4 опыта по выделению магнитной фракции из исследуемого материала. Определить погрешность измерений.

Таблица 2. Таблица экспериментальных данных

№	I, А	Масса магнитной фракции, г	Масса немагнитной фракции, г	Степень извлечения магнитной фракции, %
1				
2				

График 1. Зависимость изменения массы магнитной фракции от величины намагничивающего тока

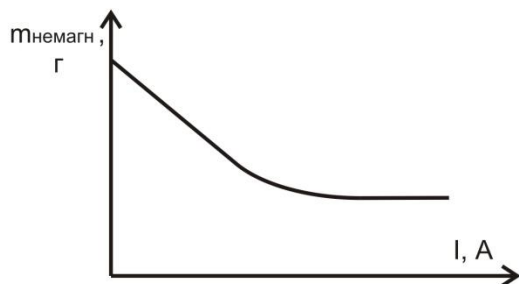


График 2. Зависимость изменения массы немагнитной фракции от величины намагничивающего тока

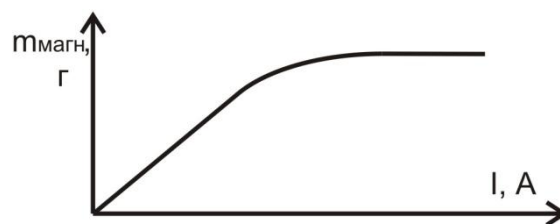
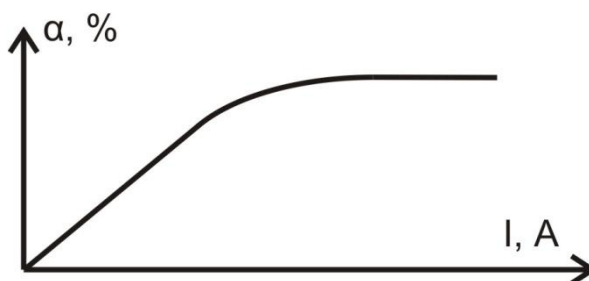


График 3. Зависимость степени извлечения магнитной фракции от величины намагничивающего тока



Вопросы

1. Существующие способы обогащения минеральных веществ (гравитационные, магнитная сепарация, флотация и др.).
2. Физические основы магнитной сепарации.
3. Магнитные свойства минералов и их классификация.
4. Факторы, влияющие на магнитное обогащение.
5. Какие типы магнитных сепараторов применяются для слабомагнитных руд.
6. Классификация магнитных сепараторов.
7. Устройство магнитных сепараторов (на примере сепаратора магнитного ЭВС – 10/5).
8. Принцип работы магнитных сепараторов (на примере сепаратора магнитного ЭВС – 10/5).

Список литературы

1. Кармазин В. В. Магнитные, электрические и специальные методы обогащения полезных ископаемых: учебник для вузов: в 2 т./В. В. Кармазин,

В. И. Кармазин; Московский государственный горный университет. – М.: Изд-во Московского гос. горного ун-та. 2005 г.

2. Абрамов А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых: Учебник для вузов: в 3 т. /А. А. Абрамов. – М.: Изд-во Московского гос. горного ун-та. 2004 г.

3. Полькин С. И. Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов: учебное пособие /С. И. Полькин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра. 1987. – 428 с.

4. Андреева Г. С. Переработка и обогащение полезных ископаемых россыпных месторождений: учебник /Г. С. Андреева, С. Я. Горюшкина, В. П. Небера. – М.: Недра. 1992.– 409 с.

Определение погрешностей измерений и расчетов

При обработке экспериментальных данных необходимо правильно оценивать погрешности измерений и расчета.

Экспериментальные установки оснащены измерительными устройствами и приборами, использование которых для измерения того или иного параметра процесса сопряжено с погрешностями. Погрешности могут быть систематическими и случайными. Кроме того, при несоблюдении условий проведения опытов или недостаточном внимании, исполнителя работы могут быть грубые погрешности (промахи). Для оценки точности измерений применяют статистическую теорию ошибок. В частности, удобным вычислительным методом является метод наименьших квадратов. Приведем для примера порядок вычисления погрешностей при прямых измерениях:

1) составить таблицу измерений;

2) найти среднее $\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_i$ (где n - число измерений в серии

(выборке);

x_i - численное значение измеренной величины);

3) найти единичные отклонения $\Delta X_i = X_i - \bar{X}$;

4) проверить согласие с соотношением $\sum_1^n \Delta X_i = 0$ (сумма всех положительных и отрицательных отклонений от среднего должна равняться нулю);

5) вычислить квадраты отклонений $(\Delta X_i)^2$;

6) найти среднее квадратическое отклонение:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta X_i)^2}{(n-1)}}$$

7) выявить и исключить из таблицы измерений промахи (приблизительно считая промахами измерения, при которых $\Delta X_i > 2S_n$);

8) найти среднее квадратическое отклонение среднего

$$S_{\bar{X}} = \frac{S_n}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta X_i)^2}{[n \cdot (n-1)]}}$$

9) задаться значением надежности (доверительной вероятности α -обычно 0,95);

10) выбрать из таблицы коэффициент (критерий) Стьюдента $t_{\alpha n}$ при данных α и n (число выборок может быть как угодно большим, но при проведении лабораторных опытов обычно $n = 5 \div 7$, не менее 4);

Таблица Значение коэффициентов. Стьюдента $t_{\alpha n}$

Доверительная вероятность	ВЫБОРКА									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,7	2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
0,95	12,7	4,3	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4	2,3	2,3	2,1
0,99	63,7	9,9	5,8	4,6	4,0	3,7	3,5	3,4	3,3	3,0

11) вычислить погрешность результата измерения

$$\Delta X = \varepsilon_\alpha = t_{\alpha n} \cdot S_{\bar{X}}$$

При умножении критерия Стьюдента $t_{\alpha n}$ на $S_{\bar{X}}$ определяют, в каком интервале находится истинное значение измеряемой величины (при отсутствии систематической погрешности). Если желательно получить один и тот же интервал погрешности при измерениях, а значит и одинаковый

коэффициент $t_{\alpha n}$, например, 3,1, то при $\alpha = 0,95$ достаточно провести три-четыре измерения, а при $\alpha = 0,99$ - десять.

12) внести в таблицу окончательный результат: $\bar{X} \pm \Delta X$;

13) найти относительную погрешность (в %): $\varepsilon_x = \left(\frac{\Delta X}{\bar{X}}\right) \cdot 100$.

Пример

Определение погрешностей измерения и расчета

1. Произвели измерение величины параметра "X":

15, 18, 14, 16.

2. Находим среднее значение:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_1^n x_i$$

где n - число измерений в серии;

x_i - численное значение измеренной величины;

$$\bar{x} = \frac{15+18+14+16}{4} = 15,76$$

3. Находим единичные отклонения от среднего значения:

$$\Delta X_i = X_i - \bar{X};$$

$$15-15,75=-0,75$$

$$18-15,75=2,25$$

$$14-15,75=-1,75$$

$$16-15,75=0,25$$

4. Проверяем согласие с соотношением:

$$\sum_1^n \Delta X_i = 0$$

(т.к. сумма всех положительных и отрицательных отклонений от среднего должна равняться нулю);

$$-0,75+2,25-1,75+0,25=0$$

5. Вычисляем квадраты отклонений $(\Delta X_i)^2$:

$$(-0,75)^2 = 0,56$$

$$(2,25)^2 = 5,06$$

$$(-1,75)^2 = 3,06$$

$$(0,25)^2 = 0,0625$$

6. Находим среднее квадратичное отклонение:

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta X_i)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,56 + 5,06 + 3,06 + 0,0625}{3}} = \sqrt{\frac{8,75}{3}} = 1,7$$

7. Выявляем и исключаем из таблицы промахи (приближенно считая промахами измерения, при которых $\Delta X_i > 2S_n$):

$$(2S_n = 2 \cdot 1,7 = 3,4)$$

$$X_i$$

$$-0,75 < 3,4$$

$$2,25 < 3,4$$

$$-1,75 < 3,4$$

$$0,25 < 3,4$$

8. Находим среднее квадратичное отклонение среднего

$$S_{\bar{X}} = \frac{S_n}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta X_i)^2}{[n \cdot (n-1)]}} = \frac{1,7}{\sqrt{4}} = \frac{1,7}{2} = 0,85.$$

9. Задаемся значением надежности (доверительной вероятности α -обычно 0,95);

10. Выбираем из таблицы коэффициент (критерий) Стьюдента $t_{\alpha n}$ при данных α и n (число выборок может быть как угодно большим, но при проведении лабораторных опытов обычно $n = 5 \div 7$, не менее 4); $t_{\alpha n} = 3,2$.

11. Вычисляем погрешность результата измерения:

$$\Delta X = \varepsilon_\alpha = t_{\alpha n} \cdot S_{\bar{X}} = 3,2 \cdot 0,85 = 2,72$$

При умножении критерия Стьюдента $t_{\alpha n}$ на $S_{\bar{X}}$ определяют, в каком интервале находится истинное значение измеряемой величины (при отсутствии систематической погрешности). Если желательно получить один

и тот же интервал погрешности при измерениях, а значит и одинаковый коэффициент $t_{\alpha n}$, например, 3,2, то при $\alpha = 0,95$ достаточно провести три-четыре измерения, а при $\alpha = 0,99$ - десять.

12. Вносим в таблицу окончательный результат: $\bar{X} \pm \Delta X$,

т.е. $15,75 \pm 2,72$.

13. Находим относительную погрешность (в %):

$$\varepsilon_x = \left(\frac{\Delta X}{\bar{X}} \right) \cdot 100 \%$$

$$\frac{2,72}{15,75} \cdot 100 = 17,3\%$$

Для заметок

Для заметок

Для заметок

Учебное издание

ВЫДЕЛЕНИЕ ИЛЬМЕНИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу
«Оборудование производств редких элементов» для студентов IV
курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология
материалов современной энергетики

Составители

КАНТАЕВ Александр Сергеевич
БРУС Иван Дмитриевич


**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 05.05.2014. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать XEROX. Усл.печ.л. 9,01. Уч.-изд.л. 8,16.
Заказ 1153 Тираж 10 экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества
Издательства Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru