

№ 2250

А.А. Николаев

Физико-химические методы исследований флотационных систем

Лабораторный практикум

№ 2250

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра обогащения руд цветных и редких металлов

А.А. Николаев

Физико-химические методы исследований флотационных систем

Лабораторный практикум

Рекомендовано редакционно-издательским
советом университета



Москва 2013

УДК 622.70
Н63

Рецензент
д-р техн. наук, проф. *Л.С. Стрижко*

Николаев, А.А.

Н63 Физико-химические методы исследований флотационных систем : лаб. практикум / А.А. Николаев. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2013. – 73 с.
ISBN 978-5-87623-720-0

Лабораторный практикум содержит лабораторные работы по дисциплине «Физико-химические методы исследований флотационных систем». При выполнении лабораторных работ студенты проводят исследования физико-химических характеристик смачивания минералов, кинетики закрепления минеральных зерен на пузырьке воздуха, электрохимических потенциалов жидкой фазы пульпы и кинетики флотации минералов.

Предназначен для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 150400 «Металлургия», профиль «Технология минерального сырья».

УДК 622.70

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1. Исследование физико-химических характеристик смачивания поверхности минералов	4
Лабораторная работа 2. Исследование закрепления минеральных зерен на пузырьке воздуха в условиях флотации	24
Лабораторная работа 3. Исследование влияния концентрации флотационных реагентов на рН и окислительно-восстановительный потенциал жидкой фазы пульпы	37
Лабораторная работа 4. Исследование кинетики флотации минералов и определение спектра флотируемости	54
Приложения	69

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ МИНЕРАЛОВ

1.1. Цель работы

1. Изучить методику измерения краевых углов смачивания и параметров капли при нанесении капли воды на поверхность минерала.
2. Освоить методы расчета характеристик смачивания минералов.
3. Исследовать влияние концентрации флотационных реагентов на физико-химические характеристики смачивания минерала водой.

1.2. Теоретическое введение

Флотационная система состоит из трех фаз: твердой (минерал), жидкой (вода) и газообразной (воздух).

Смачивание является первой стадией взаимодействия жидкости с поверхностью твердого тела или другой жидкостью, не смешивающейся с первой. Интенсивность этого взаимодействия может быть оценена по величине равновесного краевого угла смачивания (θ_p), который образуется в плоскости, нормальной к линейной границе соприкосновения трех фаз при смачивании поверхности каплей жидкости (рис. 1.1).

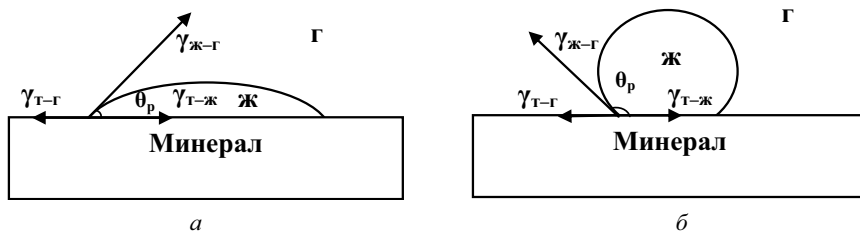


Рис. 1.1. Равновесие сил поверхностного натяжения на границе раздела фаз твердое–жидкость–газ:
а – гидрофильная поверхность минерала;
б – гидрофобная поверхность минерала

Если капля жидкости, нанесенная на поверхность твердого тела, не растекается полностью, то на ее периферии вдоль линии пересекаются три межфазные поверхности твердое–жидкость, твердое–газ, жидкость–газ, образуя *трехфазный периметр смачивания* твердое–жидкость–газ. Для постоянного объема капли жидкости, при изменении длины трехфазного периметра смачивания изменяется площадь всех трех межфазных поверхностей и форма капли, что приводит к изменению полной свободной поверхностной энергии системы. Равновесие наступает тогда, когда полная свободная поверхностная энергия системы становится минимальной.

Термодинамически из условия минимума свободной поверхностной энергии системы твердое–жидкость–газ (G) следует:

$$G = \sigma_{т-г}S_{т-г} + \sigma_{т-ж}S_{т-ж} + \sigma_{ж-г}S_{ж-г}, \quad (1.1)$$

где $\sigma_{т-г}$, $\sigma_{т-ж}$ и $\sigma_{ж-г}$ – удельные поверхностные энергии на границе раздела фаз твердое–газ, твердое–жидкость и жидкость–газ, мДж/м²;
 $S_{т-г}$, $S_{т-ж}$ и $S_{ж-г}$ – площади контакта поверхностей раздела фаз твердое–газ, твердое–жидкость и жидкость–газ.

Основным уравнением смачивания является уравнение Юнга, которое может быть записано в силовом или энергетическом виде:

$$\gamma_{т-г} = \gamma_{т-ж} + \gamma_{ж-г} \cos \theta_p; \quad (1.2)$$

$$\sigma_{т-г} = \sigma_{т-ж} + \sigma_{ж-г} \cos \theta_p, \quad (1.3)$$

где $\gamma_{т-г}$, $\gamma_{т-ж}$, $\gamma_{ж-г}$ – поверхностные натяжения на границе раздела твердое–газ, твердое–жидкость, жидкость–газ, мН/м; θ_p – равновесный краевой угол смачивания, град.

Краевой угол смачивания – это угол, который образуется каплей жидкости на трехфазном периметре смачивания и измеряется через жидкую фазу между касательными, проведенными к жидкой и твердой фазам в точке трехфазного контакта.

Если $\theta_p < 90^\circ$ ($\cos \theta_p > 0$), то вода смачивает поверхность минерала, которую называют *гидрофильной*. Если $\theta_p > 90^\circ$ ($\cos \theta_p < 0$), то вода не смачивает поверхность минерала, которую называют *гидрофобной*. Различают два предельных случая: $\theta_p = 0^\circ$ ($\cos \theta_p = 1$) – полное смачивание, $\theta_p = 180^\circ$ ($\cos \theta = -1$) – полное несмачивание.

Поверхность минерала содержит большое количество некомпенсированных связей, образовавшихся в процессе разрушения его кристаллической решетки, например при измельчении руд, что приводит к возникновению избытка свободной поверхностной энергии на

поверхности минерала. Величина свободной поверхностной энергии определяет характер взаимодействия поверхности минерала с молекулами воды, а процесс взаимодействия называют *гидратацией*.

Способность поверхности минерала к смачиванию зависит от типа химической связи его кристаллической решетки, наличия дефектов, состояния поверхности, свойств жидкости и других факторов. При смачивании на поверхности минерала формируется гидратный слой, свойства которого отличаются от свойств воды в объеме. Толщина гидратного слоя может достигать 100 нм.

Минералы с ионным типом химической связи хорошо смачиваются водой, наоборот, минералы с ковалентным типом химической связи плохо смачиваются водой.

Существует связь между степенью гидратации поверхности минерала и его способностью закрепляться на пузырьке воздуха при флотации: чем более гидратирована поверхность минерала, тем менее вероятно закрепление минерала на пузырьке воздуха и его флотация; наоборот, чем менее гидратирована поверхность (более гидрофобна), тем легче происходит вытеснение молекул воды с поверхности и выше вероятность закрепления минерала на пузырьке воздуха и флотации.

Гидратация поверхности минерала определяется не только свободной поверхностной энергией минерала, но и энергией взаимодействия молекул жидкости между собой (когезия).

Работа когезии – обратимая работа, необходимая для разрыва столба жидкости единичной площади сечения для образования двух новых поверхностей жидкость–газ единичного сечения (рис. 1.2, а).

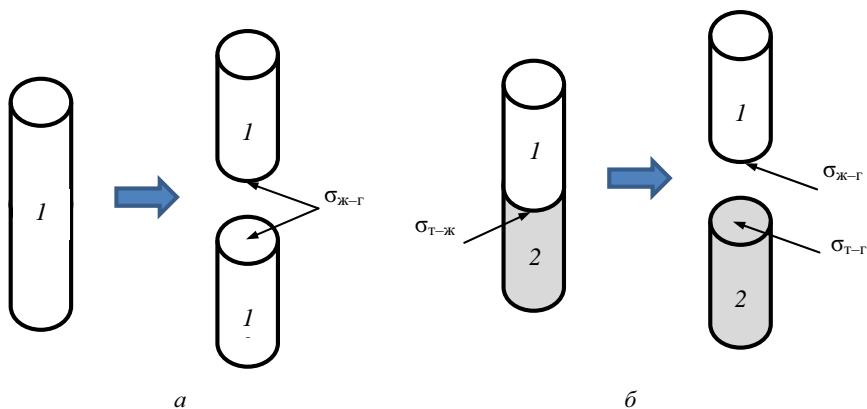


Рис. 1.2. К определению работы когезии (а) и работы адгезии (б):
1 – жидкая фаза (вода); 2 – твердая фаза (минерал)