

А.П. ГОРБАЧЕВА

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ШЛАМА В СУСПЕНЗИИ И ВЛИЯНИЕ ЕЕ НА ВЯЗКОСТЬ СУСПЕНЗИИ

Одними из самых распространенных способов обогащения угля являются отсадка и тяжелосредняя сепарация углей. Однако, в последнее время, чаще используется второй метод. Процесс обогащения в тяжелых средах – разделение минералов по плотности в гравитационном или центробежном поле, в среде, плотность которой является промежуточной между плотностями разделяемых минералов. Преимуществом тяжелосредней сепарации среди других гравитационных методов, является то, что в тяжелой суспензии есть возможность разделить минералы с разницей в плотности до 100 кг/м³ [1], также данный метод обладает высокой точностью и эффективностью разделения.

Тяжелосреднее обогащение на обогатительных фабриках применяется для крупного машинного класса, чаще всего для крупности материала более 13 мм. Причиной данного ограничения являются реологические свойства суспензий, которые влияют на тяжелые среды.

На реологические свойства влияют концентрация твердой фазы, количество шламов, агрегация частиц. Повышенная концентрация приводит к повышению вязкости. Вязкость – свойство жидкости оказывать сопротивление сдвиговому течению жидкости. При высоком показателе вязкости суспензия теряет свойство текучести, что приводит к затруднениям в процессе разделения. Большое количество шламов уменьшает точность разделения, приводит к слипанию частиц, повышает потери ценного компонента с отходами, загрязняет суспензию и уменьшает эффективность разделения в целом.

На обогатительных фабриках концентрация твердой фазы в суспензии составляет 25-32%. При попытке разведении суспензии водой, она может потерять устойчивость, и частицы уже не будут находиться во взвешенном состоянии. Это приведет к невозможности проведения процесса обогащения в тяжелых средах. Чтобы процесс тяжелосреднего обогащения происходил наиболее выгодным образом для фабрики, необходимо выяснить допустимые концентрации шлама суспензии и определить влияние концентрации твердого на вязкость.

Для расчета вязкости суспензии была применена следующая формула (1) [2]:

$$\mu_c = \frac{\mu_0}{1 - 3 \sqrt{c_v(1 + \lambda s) / k_y}}, \quad (1)$$

где μ_c – коэффициент динамической вязкости магнетитовой суспензии, Па·с;

Гравітаційна сепарація

c_v – об'ємна концентрація твердої фази, %; λ – товщина пограничного слоя, м; s – удельная поверхность, м^{-1} ; k_y – коефіцієнт форми частиниці.

Реологические свойства суспензий зависят от преобладания того или иного вида взаимодействия. От низких до средних концентраций дисперсной фазы возрастает значение гидродинамического эффекта; от средних до высоких концентраций увеличивается роль вязкостного взаимодействия частиц; при очень высоких концентрациях влияние столкновений частиц преобладает над влиянием гидродинамики [2].

От низких до средних концентраций дисперсной фазы при отсутствии взаимного притяжения частиц преобладает гидродинамическое взаимодействие и, если жидкость ньютоновская, то и суспензия остается ньютоновской. С увеличением концентрации твердой фазы вначале вязкость суспензии возрастает линейно, но в области средних концентраций она приобретает нелинейный характер, причем, с увеличением концентрации скорость роста вязкости становится выше и характер течения суспензии становится неньютоновским. Это явление объясняется влиянием скорости сдвига соседних слоев суспензии [2].

С ростом межчастичного притяжения вязкость суспензии растет, т.к. частицы дисперсной фазы образуют флоккулы, скопления, агломераты или структуру, что приводит к появлению псевдопластичного характера течения суспензии и появлению тиксотропии, поскольку образования частиц и структура чувствительны к сдвигу и подвергаются разрушению [2].

Для того, чтобы понять влияние шлама, накопившегося в суспензии, на показатель вязкости, воспользовались формулой (2), которая учитывает данный параметр.

$$\mu_c = \frac{\mu_v}{1 - 3 \sqrt{[c_v(1 + \lambda s) + c_{\text{шл}}(1 + \lambda_{\text{шл}} s_{\text{шл}})] / k_y}}. \quad (2)$$

Данные расчета приведены в таблице

C_v	0,05	0,055	0,105	0,155	0,205	0,255	0,305	0,355	0,405	0,455	0,505
μ_c	0,0018	0,0022	0,0027	0,0032	0,0039	0,0047	0,0058	0,0074	0,0099	0,0141	0,026
$\mu_{\text{шл}}$	0,0025	0,003	0,0036	0,0043	0,0053	0,0067	0,0088	0,012	0,016	0,018	0,021

При расчете вязкостей без учета шлама и при учете его влияния, были построены графики зависимости вязкости от концентрации твердой фазы в суспензии.

Данный график приведен на рисунке 1.

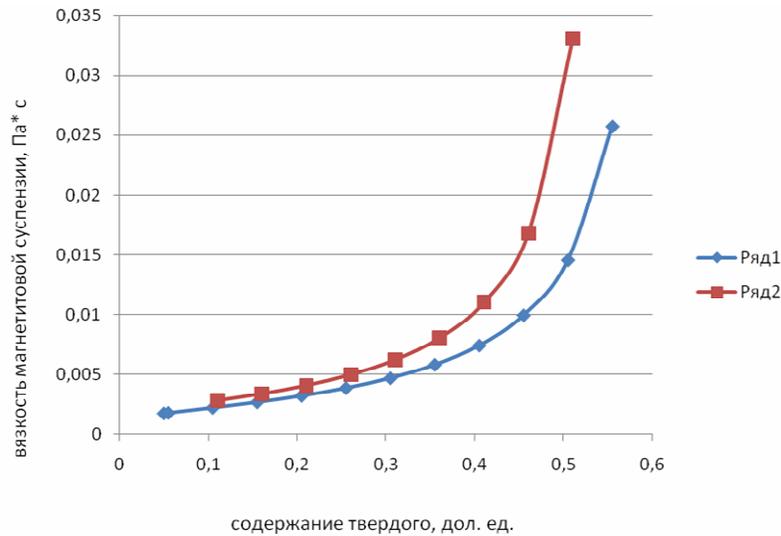


Рис. 1. Залежність значення в'язкості від концентрації твердої фази суспензії:
 Ряд 1 – розрахунок в'язкості суспензії без урахування впливу шлама;
 Ряд 2 – розрахунок в'язкості суспензії з урахуванням впливу шлама

По даним рисунка (1) при засоренні суспензії шламом в'язкість зростає більш стрімливо. Істирання в процесі обогащення твердої фази являється причиною утворення шлама в теченні деякого часу. По вище наведеної причині, появи шлама при роботі з важкосередніми сепараторами уникнути неможливо. Також високий показник шлама призводить до втрати утяжелителя і високим витратам підприємства. Даний матеріал можна періодично додавати в час проведення процесу обогащення, щоб стабілізувати властивості магнетитової суспензії, відновити гранулометричний склад магнетита і покращити властивості суспензії в цілому. Але даний метод розв'язання задачі також є витратним для підприємства.

Розв'язанням даного питання є визначення якої допустимої може бути концентрація магнетита в суспензії, щоб процес обогащення в важких середовищах проходив раціонально без зайвих витрат.

Для того, щоб визначити допустиме кількість шлама, при якому суспензія має найбільш підходящу густоту розділення використаємо формулу (3)

$$c_{\text{шл}} = \frac{(((1 - (\mu_g / \mu_c))^3 * k_y) - c_v (1 + \lambda s))}{1 + \lambda_{\text{шл}} s_{\text{шл}}} \quad (3)$$

Дана формула (3) виведена з формули (2). Концентрація твердої фази була знайдена наступним чином з формули (4)

$$c_v = \frac{\Delta_c - \Delta}{\delta - \Delta} \quad (4)$$

где c_v – концентрация твердой фазы в суспензии, дол. ед.; Δ_c – плотность магнетитовой суспензии, кг/м³; Δ – плотность воды, кг/м³; δ – плотность утяжелителя, кг/м³.

Данная формула является очень удобна для расчета концентрации твердого в суспензии, так как учитывает все необходимые параметры, которые влияют на ее свойства. При повышении

Зная плотность разделения, определяется концентрация твердой фазы и допустимое содержание шлама в суспензии.

На рис. 2 приведен график зависимости между плотностью и допустимым количеством шлама.

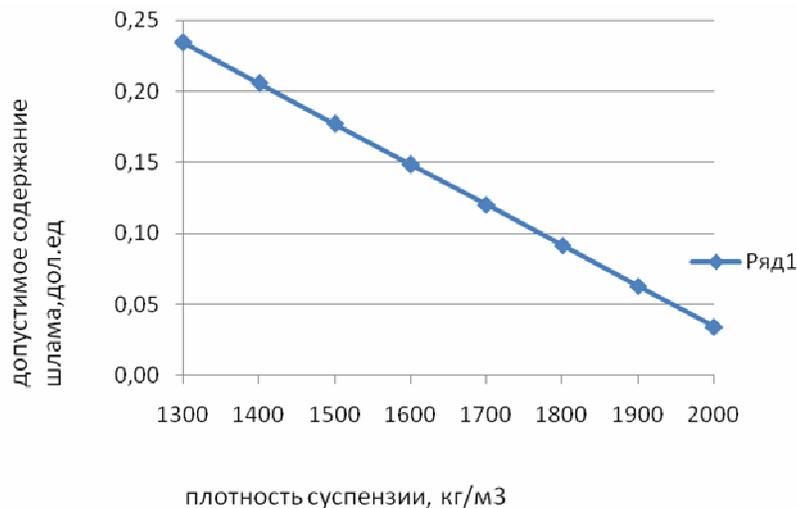


Рис. 2. График зависимости между плотностью суспензии и допустимым содержанием шлама

Из рис. 2 следует, что чем больше плотность разделения – тем большее количество шлама может присутствовать в суспензии. Таким образом, определенное количество шлама не вредит, а напротив способствует поддержанию плотности, необходимой для сохранения устойчивости суспензии и сохранения ее свойств.

Выводы

Применяя контроль накопления шлама, скорость его возрастания, можно получить стабильную суспензию со свойствами, которые способствуют эффективному разделению и снижению потерь ценных компонентов.

Список литературы

1. Осипова М.Р., Сербин Д.И, Горовой М.И. Моделирование процесса тяжелосредного обогащения // Молодежь и наука: Сб. матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной 155-летию со дня рождения К.Э. Циолковского [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2012. – Режим доступа: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2012/section03.html>.

Гравітаційна сепарація

2. Пілов П.И. Гравитационная сепарация полезных ископаемых: Учебное пособие. – Днепропетровск: Национальный горный университет, 2010. – 127 с.

© Горбачева А.П., 2014

*Надійшла до редколегії 23.11.2014 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*