

равенства размерностей в обеих частях уравнения получим:

$$\pi\rho_0 U_0^2 R^2 = \frac{\pi R_0^2 U_0}{\rho} \cdot \frac{g(\rho_n - \rho_0) d_{90}^2}{36\nu_n} + I_1 \quad (5)$$

Преобразуем зависимость (5), и запишем:

$$\pi\rho_0 U_0^2 R^2 = \frac{\pi R_0^2 g(\rho_n - \rho_0) d_{90}}{36} \cdot \text{Re} + I_1$$

$$\frac{U_0 d_{90}}{\nu_n} = \text{Re}$$

где $\frac{U_0 d_{90}}{\nu_n}$ – число Рейнольдса.

После соответствующих преобразований получим зависимость для определения потерь импульса на отрыв частиц грунта от массива, на вязкое трение при поперечных перемещениях масс в теле струи и при фильтрационном течении:

$$I_1 = \pi\rho_0 U_0^2 R^2 - \frac{\pi R_0^2 g(\rho_n - \rho_0) d_{90}}{36} \cdot \text{Re}$$

Таким образом, проведенные теоретические исследования показывают, что процесс распространения струи жидкости в несвязную однородную среду и образующийся при этом фильтрационный поток можно моделировать посредством критерия Рейнольдса.

Список литературы

1. **Кухарь В.Ю.** Гидродинамика процесса поддонного гидроразмыва несвязных полезных ископаемых//Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. –2002. - Вып. 15(56). – С.109 – 116.
2. **Бондаренко А.А., Кухарь В.Ю.** Критерии подобия в наклонной турбулентной струе. // Тез. докл. на Междунар. науч.-техн. конф. "Форум горняков-2003", Национальный горный университет. – Днепропетровск, 2003г.
3. Гидротехнические сооружения: Справочник проектировщика. Под ред. **В.П. Недриги** -М.:Стройиздат.-1983.-543с.
4. **Истомина В.С.** Фильтрационная устойчивость грунтов.-М.:Стройиздат.-1957.-295с.

*Поступила в редколлегию 27.04.2004
Рекомендована к публикации*

УДК 622.7

Е.Ю. Светкина, канд. хим. наук,
В.П. Франчук, д-р техн. наук

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОУДАРНОЙ АКТИВАЦИИ УГЛЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ВОДОУГОЛЬНЫМ СУСПЕЗИЯМ

Розглянуто процес віброударного навантаження вугілля.

Ключові слова: вібронанвантаження, вугілля, водовугільна суспензія, механоактивація.

Рассмотрен процесс виброударного нагружения угля.

Ключевые слова: вибронангружение, уголь, водугольная суспензия, механоактивация.

Получение различного рода дисперсных структур при подготовке сырья, в частности, к процессу обогащения путем флотации определяется прочностью коагуляционных структур, устойчивостью неньютоновских систем, кинетическими особенностями долговечности пространственных каркасов и термодинамикой процессов возникновения, развития и реализации меж- и надмолекулярных взаимодействий в коагуляционном, коагуляционно-конденсационном и кристаллизационном состояниях. Эти вопросы имеют чрезвычайно важное значение в разработке общих качественных и количественных закономерностей формирования огромного множества минеральных дисперсий и систем на их основе.

Образующиеся структуры отличаются следующими особенностями в зависимости от агрегатного состояния:

1. Кристаллизационные структуры характеризуются упругохрупкими характеристиками, зависящими от свойств самих элементарных частиц, образующих пространственную сетку. К таким характеристикам относятся пластические показатели – способность к большим остаточным деформациям без разрушения сплошности, а также эластические параметры, определяющие восстановление больших по величине деформаций.

2. Коагуляционные структуры характеризуются пластично-вязкими и эластическими свойствами, которыми описываются не только состоянием частиц, участвующих в формировании структуры, но и характером, особенностями коагуляционных связей, ответственных за построение пространственного каркаса, т.к. в коагуляционной структуре частицы связаны между собой ван-дер-ваальсовскими силами через тонкие остаточные прослойки жидкой (водной) среды. Наличие таких прослоек облегчает процесс уплотнения. Постепенное удаление воды с больших площадок контакта обеспечивает сближение частиц по ним и вызывает значительное повышение прочности.

Как известно, при виброударном диспергировании углей происходит разрыв валентных связей – механодеструкция. Возникающие при этом новые атомные группировки связаны с разрушением углерод-кислородных и углерод-углеродных связей. Происходит переалкилирование конденсированных ароматических ядер, образование летучих веществ и растворимых продуктов, источником которых могут служить концевые группы и деструктурированные фрагменты структуры угля.

Цель работы – представить картину изменений, происходящих в органической массе угля (ОМУ) под действием виброударного нагружения, а также стабилизацию углей при подготовке водоугольных суспензий (ВУС). Объектами исследования были каменные угли различной степени метаморфизма (Д, Г, Ж, К, ОС, Т) и остаточный уголь (ОУ) марки Ж. Последний получен путем исчерпывающей экстракции хлороформом угля Ж и представляет собой углеводородный каркас ОМУ, из которого путем экстракции удалена "подвижная молекулярная фаза".

Виброударную активацию углей проводили в лабораторной вертикальной вибрационной мельнице (ВВМ). Отличительной их особенностью от мельниц других типов является то, что помольные камеры совершают колебательные движения по прямолинейной траектории в вертикальной плоскости. Такие параметры обеспечивают преимущественно виброударное воздействие на разрушаемый материал с проникновением зоны деформации на весь объем частицы. Износ шаров при этом незначительный и происходит равномерно по всей поверхности с сохранением сферической формы. Проведенные исследования показали, что данный вид движения позволяет реализовать более высокую энергонапряженность технологической загрузки.

Эксперименты по измельчению исследуемых материалов проводились в непрерывном и периодическом режимах, для чего использовались помольные камеры разной конструкции:

1. В непрерывном режиме материал из бункера-питателя поступает в помольную камеру, проходит через нее путь L и далее направляется в бункер-приемник. Величина L определяется высотой помольной камеры и количеством пропусков через нее материала. В данной работе использовалась стальная камера, а мелющими телами служили шары из стали ШХ15. Материал пропусклся через помольную камеру определенное количество раз для набора пути измельчения L , равного 1,2 и 3 м.

2. В периодическом режиме навеска материала засыпается в камеру, герметически закрывается в ней и измельчается заданное время. При этом фиксируется масса порции измельчаемого материала m_m , ее отношение к массе шаров $m_m/m_{ш}$, время измельчения t .

Интенсивность подвода механической энергии составляла 2 Вт/г. Изменение структуры и свойств угля изучали методами ИК-спектроскопии, химического функционального анализа, а также с помощью определения потенциометрических характеристик углей, которые зависят от функциональных групп. При исследовании углей разной стадии метаморфизма после виброударной активации в двух режимах проведена оценка энергетического выхода механодеструкции ОМУ по углерод-кислородным и углерод-углеродным связям. По ходу виброударного нагружения определяли содержание функциональных групп (K^{Γ}) на поверхности углей согласно методике [1].

После виброударного нагружения в периодическом режиме углей разной стадии метаморфизма была определена оценка энергетического выхода механодеструкции ОМУ по углерод-кислородным и углерод-углеродным связям.

Связь между виброударным активированием материала и энергетическим выходом проводилась по формуле [2]:

$$G = W / I,$$

где G – энергетический выход моль/МДж; W – количество продукта, образующегося в единицу времени на 1 кг измельчаемого продукта, моль/(кг·с); I – энергонапряженность аппарата, МВт/кг.

Данные приведены в табл. 1.

Таблица 1
Процесс деструкции угля при виброударном нагружении

Процесс деструкции	Марка угля					
	Д	Г	Ж	К	ОС	Т
По связи C-C	0,04	0,43	0,19	0,09	0,1	0,11
По связи C-O	0,12	0,12	0,10	0,08	–	0,03

Энергетический выход механохимических превращений органических веществ угля зависит от стадии метаморфизма. Величина деструкции по C-C-связям максимальна для углей средней стадии метаморфизма.

Изучены изменения фрагментов структуры и молекулярная масса структурной единицы остаточного угля – углеводородного каркаса угля средней стадии метаморфизма (марки Ж) после виброударного воздействия в МВВ. Рентгенографические исследования показали, что при увеличении дозы механического воздействия от 0,6 до 1,2 МДж/кг после извлечения вновь появившихся растворимых продуктов, размер слоя, высота кластера, число ассоциированных в нем слоев и расстояние между ними уменьшалось, а

увеличивались период γ -полосы и ее площадь. Наблюдали уменьшение массы как ароматического диска, так и структурной единицы в целом. При механическом воздействии дозой 2,4 МДж/кг происходили процессы структурирования: возрастание размера слоя, высоты кластера и массы структурной единицы.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о разрыве мостиковых $-CH_2-$ и $-CH_2-CH_2-$ связей между конденсированными ароматическими фрагментами в слое и об образовании $-CH_3$ -групп (период γ -полосы – 4,44-4,70Å). Установлено уменьшение молекулярной массы структурной единицы остаточного угля от 700 до 440 а.е.м. , связанное с процессами деструкции метиленовых мостиков при изменении режимов виброударного нагружения.

Интерес представляет тот факт, что при виброударной активации материалов повышается адсорбционная способность измельченных частиц. В связи с этим были проведены опыты по определению изотерм адсорбции активированных углей.

В табл. 2 представлены значения электрокинетического потенциала $\Delta\xi_{max}$ от времени виброударного воздействия.

Таблица 2

Изменение электрокинетического потенциала после виброударной активации угля					
$\Delta\xi_{max}$, мВ	0	3,2	4,1	3,9	3,5
Время нагружения, мин	0	10	20	30	40

Таким образом, результаты экспериментальных данных показывают, что виброударное нагружение приводит к сжатию двойного электрического слоя, т.е. переходу катионов из диффузионного слоя в адсорбционный. Снижение

ξ -потенциала оказывает существенное влияние на гидратированность угольных частиц.

Регулирование электрокинетическим потенциалом частиц дисперсной фазы за счет различных режимов виброударного нагружения при подготовке угля и в процессе приготовления водоугольных суспензий (ВУС) позволяет повысить устойчивость и улучшить реологические характеристики конечного продукта. Эффективность виброударного воздействия на свойства поверхности твердой фазы ВУС определяется, прежде всего, характеристиками угля (зольность, состав минеральной части, степень окисления поверхности, стадия метаморфизма), а также условиями получения системы (температура, состав воды и др.).

Введение экспериментальных образцов, активированных методом виброударного нагружения, в водоугольную систему приводит к изменению поверхностного заряда частиц дисперсной фазы за счет виброударной активации, а также за счет агрегации или повышенной адсорбционной способности активированных частиц. В таких случаях разделение различных вкладов ξ -потенциала необходимо проводить исходя из гранулометрического состава и потенциометрических характеристик исследуемых суспензий.

Результаты – в табл. 3.

Таблица 3
Характеристика суспензий

Образец	Режим измельчения	ξ -потенциал поверхности частиц, мВ	Массовая доля твердого, %	Эффективная вязкость со скоростью сдвига, с^{-1} . Па·с	Седиментационная устойчивость, сутки
Уголь	–	-43	60,0	3,12	0,06
-«-	Периодический, 10 мин	-40	60,1	1,93	0,1
-«-	Периодический, 20 мин	-36	60,1	1,58	0,1
-«-	Непрерывный L= 1м	-39	60,2	1,86	0,1
-«-	Непрерывный L= 2м	-25	60,2	1,16	0,1

Из табл. 3 видно, что величина ξ -потенциала частиц угля в непрерывном и периодическом режимах падает, причем действие непрерывного виброударного режима проявляется сильнее. Это обусловлено тем, что при виброударной активации происходит смещение плоскости скольжения вглубь раствора.

Выводы:

1. Проведенные исследования подтвердили, что устойчивость и реологические характеристики водоугольных суспензий связаны с различными режимами измельчения и в связи с этим – наличием двойных электрических слоев у поверхности частиц.

2. Считаю перспективным приготовление водоугольных суспензий при измельчении угля в водной среде или добавлении определенного количества воды в непрерывном режиме виброударной активации.

Список литературы

- ГОСТ 8930-79. Угли каменные. Методы определения окисленности. – Введен 01.07.80. – М.: Изд-во стандартов, 1980 – 10 с.
- Энергетические выходы в условиях высокого давления и деформации сдвига / Н.Г. Даниелян, А.Р. Торосян и др. // Сб. науч. тр. Механохимический синтез в неорганической химии. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. – С.56-59.

*Поступила в редколлегию
Рекомендована к публикации*