

УДК 541.183:622.33 + 622.693

© Борук С.Д.¹, Дремлюженко К.С.¹, Капуш О.А.², 2016

¹ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича МОН України

² Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова НАН України

ВПЛИВ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИСОКОКОНЦЕНТРОВАНИХ ВУГІЛЬНИХ СУСПЕНЗІЙ

Досліджено вплив розміру частинок дисперсної фази на фізико-хімічні характеристики (седиментаційна стійкість, в'язкість) висококонцентрованих вугільних суспензій. Показано, що фізико-хімічні властивості дисперсних систем визначаються їх гранулометричним складом. Установлена наявність функціонального зв'язку між основними фізико-хімічними характеристиками вугільних суспензій.

Ключові слова: концентровані дисперсні системи, дисперсійне середовище, седиментаційна стійкість, в'язкість.

Вступ

Розвиток енергетики вимагає інтенсивного використання традиційних енергетичних ресурсів, одним із яких є вугілля. Необхідно враховувати, що якість вугілля постійно погіршується. Підвищити ступінь використання вугілля, та екологічну безпеку його використання можна шляхом впровадження технології водовугільного палива. Суспензійне вугільне паливо це концентровані суспензії, які для їх використання як палива повинні мати певні фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики. У першу чергу це в'язкість і седиментаційна стійкість у межах, які дозволять виготовляти, транспортувати та подавати суспензії на пальник трубами [1-3].

За своїм гранулометричним складом висококонцентровані вугільні суспензії відносять до грубодисперсних систем. Основні наукові принципи регулювання характеристиками таких систем розроблені в теорії Дерягіна–Ландау–Фервея–Овербека (ДЛФО), але основні експериментальні результати, на основі яких була розроблена та підтверджена ця теорія, отримані на модельних системах (аеросил, синтетичний алмазний порошок). Для таких систем відомий характер поверхні частинок дисперсної фази, вони не диспергуються у дисперсійному середовищі, тому їх властивості не залежать від ряду факторів, які впливають на реальні системи [4,5].

Так, вугільні суспензії містять частинки паливної та мінеральної складової, розчинні солі, які здатні до взаємодії з молекулами дисперсійного середовища. Залежно від родо-вища вміст і склад мінеральної складової змінюється. Під час створення суспензій на основі шламів збагачувальних фабрик

необхідно враховувати менший вміст у них паливної складової [6].

Тому переносити без попередньої перевірки дані, одержані на модельних системах, на реальні вугільні суспензії неможливо. Із урахуванням їх потенційного використання як енергоносія, в умовах енергетичної кризи актуальним стають дослідження спрямовані на пошук напрямів цілеспрямованої зміни характеристик таких систем.

Метою нашої роботи було визначення впливу співвідношення частинок дрібної та крупної фракцій на реологічні характеристики вугільних суспензій (в'язкість) та їх седиментаційну стійкість.

Методика експерименту.

Як об'єкт досліджень нами було обрано:

- збагачене вугілля марки «Г» (зольність 0,5 %, вологість 4,3 %).
- гідрослюди́ста глина.

Під час дослідження шляхів створення та регулювання властивостями суспензій застосовували такі фізико-хімічні та хімічні методи.

Фракціонування та визначення гранулометричного складу дисперсних частинок.

Вихідну мінеральну сировину механічно подрібнювали і за допомогою мокрого ситового аналізу розділяли на частинки 0–100 мкм і 100–250 мкм. Після чого шляхом відмучування відділяли найменші частинки. Гранулометричний склад дисперсних систем визначали шляхом проведення седиментаційного аналізу. Метою аналізу є одержання кривих розподілу, які дозволяють установити фракційний склад системи, а також розділення

частинок дисперсної фази на фракції. Седиментаційний аналіз, урахуваючи різну густину частинок дисперсної фази, проводили в етанолі.

Методика створення висококонцентрованих вугільних суспензій

Висококонцентровані вугільні суспензії створювали шляхом змішування у різних співвідношеннях вугільних частинок (крупної та дрібної фракції) і частинок мінеральної складової. До дисперсійного середовища (вода) вводили добавку-пластифікатор – лігносульфонат натрію (ЛСТNa), концентрація складала 1 % (мас).

Визначення в'язкості концентрованих дисперсних систем

В'язкість отриманих дисперсних систем визначали на приладі “Реотест-2” за стандартною методикою при швидкості зрушення 9 с^{-1} .

Визначення седиментаційної стійкості концентрованих дисперсних систем

Седиментаційну стійкість висококонцентрованих суспензій визначали за часом, необхідним до початку їх розшарування.

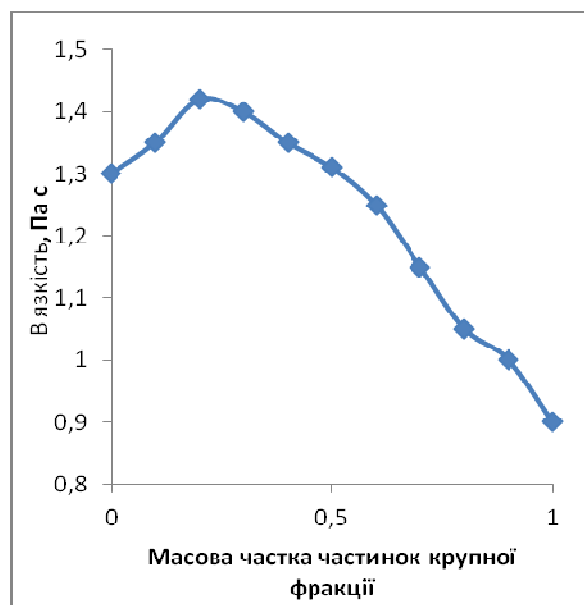
Визначення вологості та зольності вихідної сировини, ступеня вигорання паливної складової суспензійного палива

Вологість і зольність вихідної вугільної сировини визначали гравіметрично, шляхом визначення різниці мас при просушуванні за температури 378 K та спалюванні у тиглі за температури 1100 K відповідно.

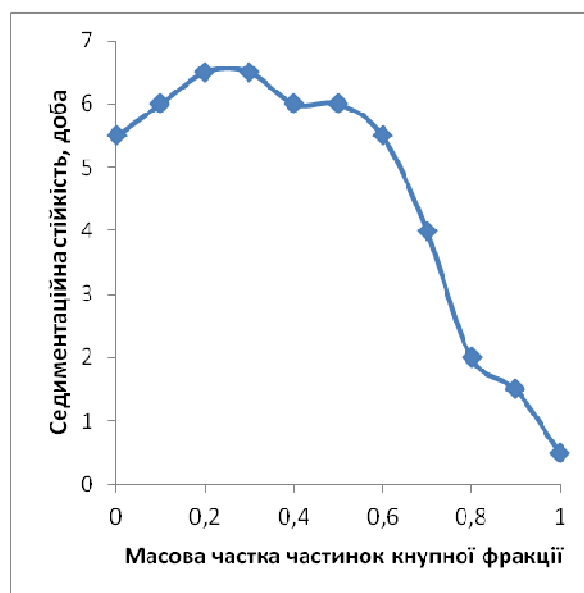
Результати й обговорення

Для визначення впливу співвідношення частинок крупної та дрібної фракції вугільної на фізико-хімічні характеристики створених дисперсних систем досліджені системи в яких масову частку крупної фракції змінювали від 0 до 1 з кроком 0,1. Як видно з даних, наведених на рис. 1, оптимальними характеристиками (відносно невелика в'язкість, висока седиментаційна стійкість) мають системи з умістом частинок крупної фракції в діапазоні $0,3 \div 0,4$.

Як видно з наведених даних, за наявності в системі дисперсних частинок однакової природи (вугільна складова) полідисперсні системи мають більшу в'язкість і седиментаційну стійкість. Це пов'язано з різницею



А



Б

Рис.1. Залежність в'язкості (А) та седиментаційної стійкості (Б) дисперсної системи від співвідношення частинок крупної та дрібної вугільної фракції

осідання частинок у монодисперсних і полідисперсних системах. Частинок однакового розміру осідають з однаковою швидкістю, що робить їх зіткнення менш імовірним. Процес утворення агрегатів частинок і просторової структури в такій системі починається лише за умов більш високої концентрації частинок на одиницю об'єму. Такі структури не стійкі і легко руйнуються. За наявності в системі частинок, що значно відрізняються за розміром, картина різко змінюється. Рухаючись у дисперсійному середовищі з різною швид-

кістю, вони суттєво впливають одна на одну, створюючи перепони, тобто підвищують внутрішнє тертя, мірою якого і є в'язкість. Так, частинка великого розміру рухається у дисперсійному середовищі, насиченому частинками дрібної фракції. В'язкість такого середовища більша, отже, спротив руху зростає. Частинка меншого розміру рухається не лінійно, а оминаючи частинки великого розміру. Зміна напрямку руху призводить до її гальмування. Крім того, під час утворення структури в такій системі навколо частинок великого розміру утворюється шар дрібних, які надійно її фіксують.

Важливим показником, що визначає можливість застосування суспензій, є їх седиментаційна стійкість. Цілеспрямовано змінювати седиментаційну стійкість вугільних суспензій можна шляхом обґрунтованого підбору регульованих параметрів, які характеризують: природу дисперсійного середовища і дисперсної фази, розміри частинок і концентрацію дисперсної фази, температуру тощо. З практичного погляду доцільно обирати такі регульовані параметри, які легко змінювати. Якщо природа дисперсійного середовища і температура постійні, концентрація дисперсної фази задається як максимально досяжна, то седиментаційна стійкість суттєво залежить від співвідношення частинок різного розміру, що відносно легко змінювати, змінюючи час проведення помелу дисперсної фази.

Для моделювання впливу співвідношення вмісту частинок дисперсної фази різного розміру на седиментаційну стійкість суспензії використано такі параметри:

- вхідна регульована змінна величина (С) – вміст частинок великої фракції (в масових частках) від загальної маси дисперсної фази;
- вхідна нерегульована змінна величина (η) – в'язкість ефективна (Па·с);
- вихідна змінна величина (СС) – седиментаційна стійкість суспензії (доба).

Аналіз графічних залежностей (рис. 1) дозволяє стверджувати існування функціональних залежностей між обраними параметрами, які можна описати за допомогою рівнянь.

Під час створення суспензій важливе оцінювання інтегрального впливу регульованих і нерегульованих параметрів на величину седиментаційної стійкості системи.

Для цього використано можливості множинного регресійного аналізу.

Спочатку ми розраховували коефіцієнти рівняння першого порядку:

$$CC = 0,55005C + 13,3171\eta - 12,0491; \quad (1)$$

$$R = 0,98$$

Коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,976$ свідчить про хорошу лінійну залежність між вихідним і вхідними параметрами.

Нами був проведений аналіз відповідності розрахункових значень експериментальним даним у діапазоні масової частки частинок великої фракції $0,4 \div 0,6$ (табл. 1). Як видно з наведених даних, похибка не перевищує 10 %. Отже, проведений аналіз даних дозволяє стверджувати, що рівняння (1) можна застосовувати для прогнозування впливу співвідношення вмісту частинок дисперсної фази різного розміру на седиментаційну стійкість дисперсних систем за вказаних вище умов.

Таблиця 1
Розрахункові значення седиментаційної стійкості дисперсної системи для заданих значень вмісту частинок дисперсної фази та динамічної в'язкості в системі велика – дрібна вугільні фракції

Вміст частинок великої фракції (масова частка)	В'язкість (Па·с)	Седиментаційна стійкість (доба)	Похибка (%)
0,4	1,35	6,15	2,5
0,42	1,34	6,03	
0,44	1,33	5,90	
0,46	1,32	5,78	
0,48	1,31	5,66	
0,5	1,3	5,54	7,67
0,52	1,29	5,42	
0,54	1,28	5,29	
0,56	1,27	5,17	
0,58	1,26	5,05	
0,6	1,25	4,93	9,36

Висновки

Показано, що фізико-хімічні властивості дисперсних систем, які містять частинки однакової природи, визначаються їх гранулометричним складом. Монодисперсні, не залежно від розміру частинок, менш стійкі швидко розшаровуються. Полідисперсні мають більшу стійкість. Оптимальними

характеристиками володіють системи зі співвідношення між частинками крупної та дрібної фракції 0,7 : 0,3 та 0,6 : 0,4. Характеристики дисперсних систем які містять частинки різної природи (гідрофобні та гідрофільні), значно залежать від ступеня спорідненості поверхневих шарів частинок дисперсної фази і дисперсійного середовища. Установлена наявність функціонального зв'язку між основними фізико-хімічними характеристиками вугільних суспензій (масова частка дисперсних частинок, в'язкість, седиментаційна стійкість). Показано, що зміна однієї характеристики супроводжується відповідною зміною інших. Для окремих випадків установлена математична залежність між ними.

Список літератури

1. Boruk S. Technology of lowering of wastes of oxides of nitrogen and sulphur at incineration of high ash coal and coal refining wastes // *Annals of the Suceava University* – Year VI, - 2007 - № 1. – P. 16-24
2. Ayush Singha Rheological Behaviour of Coal Water Slurries with and Without Additive / Ayush Singh , Amir Hussain Idrisi , Ankit Kulshrestha // *Journal of Fuel Chemistry and Technology* – 2008, -V. 36, - P. 524-529
3. Jan S. Sedimentation of concentrated monodisperse colloidal suspensions: Role of collective particle interaction forces / Jan S. Vesaratchanon, Alex Nikolov, Darsh T. Wasan // *Journal of Colloid and Interface Science.* – 2008. – V.322, №1. – P. 180–189.
4. Dincer, F. The effect of chemicals on the viscosity and stability of coal water slurries / Dincer, F. Boylu, A.A. Sirkeci, G. Atesok // *International Journal of Mineral Processing* – 2003 Н.- P. 41-51
5. Sergey Boruk and Igor Winkler. Highly concentrated water-coal suspensions: preparation from the coal concentration slurries, rheological and energetic characteristics // *Polish journal of applied chemistry* – 2008 – LII, no. 3–4, – P. 149–155.
6. O. Yegurnov, S. Boruk, I. Winkler, A. Stromenko, N. Troyanovska. New Technology for Efficient and Environment Friendly Treatment of Various Secondary Energy Resources // *Inzynieria Mineralna – Journal of the Polish Mineral Engineering Society* – 2016 – 1(37) – P. 69 – 74.

Summary

Boruk S. D.¹, Dremlyuzhenko K. S.¹, Kapush O. A.¹

¹ Yuriy Fedkovych National University of Chernivtsi, Ministry of Education of Ukraine

² V. Ye. Laskaryov Institute of semiconductors physics, NAS of Ukraine

PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF THE HIGHLY CONCENTRATED DISPERSE SYSTEMS COAL-HYDROMICA

An influence of the disperse phase particles size on some physicochemical characteristics (sedimentation stability, viscosity) of the highly-concentrated coal suspensions has been investigated. It is shown that the granulometric composition of the suspensions is the most influencing factor for these characteristics. A functional relation between main physicochemical characteristics of the suspensions has been found.

Key words: concentrated disperse systems, disperse medium, sedimentation stability, viscosity