

УДК 541.183:622.33 + 622.693

© Борук С.Д.¹, Запотічна Н.М.¹, Приймак О.Д.¹, Макаров А.С.², 2014

¹Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

²Інститут колоїдної хімії і хімії води НАН України

ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВУГІЛЬНОГО СУСПЕНЗІЙНОГО ПАЛИВА

Досліджено вплив вібраційної обробки на фізико-хімічні властивості суспензійного вугільного палива у часі, визначено оптимальні режими обробки. Показано, що проведення вібраційної обробки суспензійного вугільного палива з використанням як дисперсійного середовища технічної води, дозволяє запобігти збільшенню в'язкості. Характер впливу вібраційної обробки вугільних суспензій не залежить від природи частинок дисперсної фази.

Ключові слова: вібраційна обробка, суспензійне паливо, агрегативна та седиментаційна стійкість, реологічні властивості, дисперсійне середовище, в'язкість, фізико-хімічні й експлуатаційні характеристики.

Вступ

Енергетика країни гостро відчуває дефіцит енергоресурсів, що викликано як зменшенням об'ємів їх видобутку, так постійним зниженням якості. Проблема підвищення ефективності паливно-енергетичного сектору економіки в сучасному світі набуває особливої актуальності. Рівень розвитку технології не дозволяє суттєво підвищити частку альтернативних джерел енергії. Це призводить до того, що виникла стійка тенденція до збільшення об'ємів видобутку та переробки вугілля [1–3]. У перспективі вугілля може стати основним енергоносієм.

Одним із напрямів, який реалізується у світі, є створення та впровадження висококонцентрованих вугільних суспензій. Такий вид палива дешевший від мазуту, має значні екологічні переваги.

Одним із факторів, що обмежують широке впровадження суспензійного вугільного палива його недостатня стійкість до розшарування при тривалому збереженні. Також під час зберігання палива у статичних умовах відбувається поступове зростання в'язкості суспензій. Враховуючи відсутність розгалуженої системи виробництва та реалізації суспензійного вугільного палива, створені системи повинні зберігати свої фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики впродовж тривалого часу. Це зумовило необхідність проведення досліджень напрямів підвищення стійкості концентрованих вугільних суспензій [4–7]. З літературних джерел відомо, що вібраційна обробка дозволяє підвищити седиментаційну

стійкість дисперсних систем та запобігає швидкому зростанню їх в'язкості. Робота практично всіх потужних агрегатів супроводжується вібраціями, тому можна без застосування додаткового обладнання проводити на підприємствах потенційних споживачах вугільного суспензійного палива його вібраційну обробку.

Мета нашої роботи полягала у визначенні впливу вібраційної обробки на фізико-хімічні властивості суспензійного вугільного палива у часі, визначення оптимальних режимів обробки, а також дослідження екологічної доцільності впровадження суспензійного вугільного палива.

Методика експерименту

Для досягнення мети досліджували ряд твердих енергоносіїв, дисперсійних середовищ, потенційних пластифікаторів.

Тверді енергоносії:

– антрацит донбаського родовища марки «АПШ». Чорна блискуча маса, зольність 12,3%, вологість 2,1%, розміри частинок 2 – 7 мм;

– буре вугілля марки «Б», Олександрійського родовища. Бурий порошок, зольністю 22,5 %, вихідною вологістю 32,3 %. Розміри частинок 0,1–5 мм.

– відходи вуглезбагачення вугілля марки «Г», центральної збагачувальної фабрики «Кондратьєвська», вологістю 15%, зольністю 43,1%.

Дисперсійні середовища:

– технічна вода (забрана з водних об'єктів або частково очищена стічна вода, що за своєю санітарно-технічною якістю може

використовуватись для технологічних потреб виробництва).

– рідкі продукти піролізу (РПП) полімерних відходів є сумішшю продуктів, що значно відрізняються за своєю природою [8,9].

При проведенні помелу як пластифікатор застосовували лігносульфонат натрію (ЛСТNa) – сіль лігносульфонової кислоти спільно з лугом (далі добавка ЛСУ).

Помел проводили в кульовому млині об'ємом 1,0 літр сталевими кулями діаметром 28 мм і 10 мм. Для помелу використовували частинки вугілля розмірами до 2,5 мм. Час помелу визначали експериментально. Критерієм закінчення помелу була відсутність частинок розміром більше 300 мкм і вміст частинок більше 250 мкм менше 0,1 % (мас). Даний ступінь подрібнення антрациту досягався за 50 хвилин, шламі вуглезбагачення – 35 хвилин при 75 обертах корпусу млина за хвилину.

Вологість зразків визначали шляхом їх висушування до постійної маси при температурі 105° С та за різницею мас розраховували вологість зразка.

Зольність зразків шляхом їх прожарювання після висушування у муфельній печі при температурі 850° С до постійної маси та за різницею мас розраховували вміст золи.

В'язкість отриманих дисперсних систем визначалася безпосередньо після проведення помелу при швидкості зрушення 9 с⁻¹ на приладі “Реотест-2” за стандартною методикою.

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

Ступінь вигорання паливної складової визначали гравіметрично, шляхом визначення маси паливної складової, що не вигоріла за 10 хвилин у фарфоровому тиглі при температурі 800 °С.

Вібраційну обробку суспензійного вугільного палива на вібраційному столі із змінною частотою коливань та амплітудою коливань

1,5 × 10⁻² м. Проводили вібраційну обробку з частотою коливань 20,30,40 обертів за хвилину.

Результати й обговорення.

Проведені попередні дослідження [10,11] показали, що оптимальні характеристики мають водовугільні системи на основі антрациту із концентрацією 65 % (мас.), на основі антрациту і бурого вугілля – 60 % і 2,5 % відповідно, на основі шламі вуглезбагачення вугілля марки «Г» – 67 %. Для проведення досліджень ми створювали водовугільні суспензії вказаного складу. Фізико-хімічні характеристики створених систем наведені в таблиці 1.

Як видно з наведених даних (табл. 1), седиментаційна стійкість дисперсних систем, визначувана як час, що проходить до її розшарування в створених системах залишається малою, що значно звужує спектр їх використання як палива. Навіть за умов введення до складу суспензії бурого вугілля як стабілізатора стійких систем придатних до тривалого зберігання не утворюється. Крім того, при зберіганні суспензій відбувається поступове збільшення їх в'язкості, що теж небажано. Седиментаційна стійкість суспензій зростає із збільшенням концентрації дисперсної фази та часом помелу за рахунок досягнення щільнішої упаковки частинок у системі. Але в обох випадках збільшення седиментаційної стійкості супроводжується різким зростанням в'язкості, що неприйнятне.

Як показали проведені нами дослідження, вібраційна обробка водовугільних суспензій на основі антрациту у всіх випадках дозволяє запобігти зростанню в'язкості дисперсних систем (рис. 1А). Це пояснюється тим, що при зберіганні у статичних умовах в концентрованих суспензіях, за рахунок контактної взаємодії, утворюються нові зв'язки між структурними одиницями системи. Це супроводжується збільшенням енергії взаємодії та внутрішнього тертя.

Таблиця 1

Фізико-хімічні властивості водовугільних систем

Склад суспензії	Концентрація дисперсної фази, %	Ефективна в'язкість, Па×с	Седиментаційна стійкість, доба
Антрацит	65	1,45	1,5
Антрацит + Буре вугілля	60 2,5	1,3	4
Шлами вуглезбагачення вугілля марки «Г»	67	1,25	6

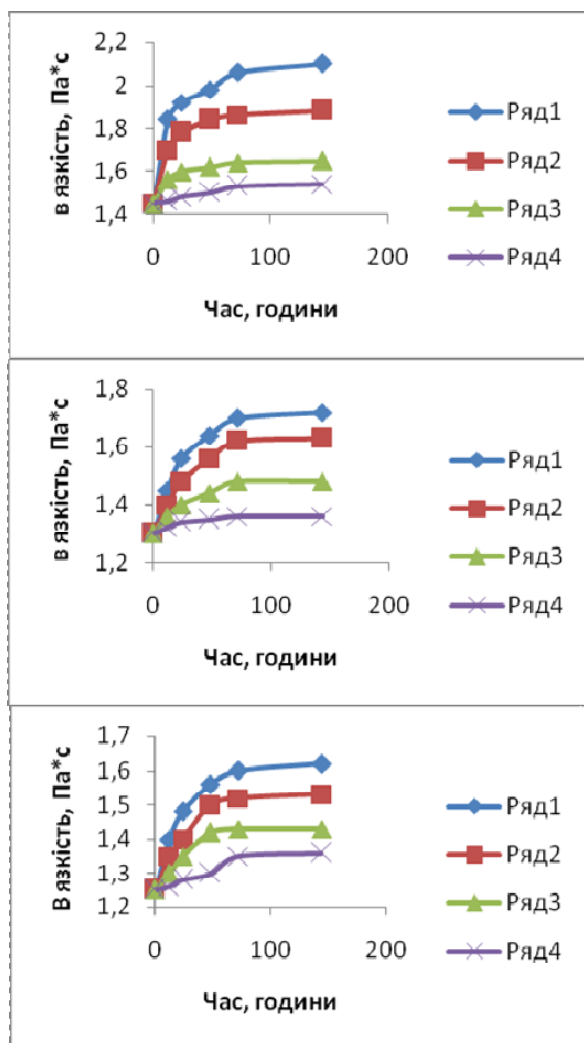


Рис. 1. Залежність в'язкості водовугільних суспензій на основі А – антрациту; Б – антрациту стабілізованих бурим вугіллям; В – шламів вуглезбагачення вугілля марки «Т» від часу зберігання: 1 – без вібраційної обробки; 2 – швидкість обертання 20 обертів за хвилину; 3 – 30 обертів за хвилину; 4 – 40 обертів за хвилину.

Руйнація такої системи, як правило призводить до незворотних змін і втрати седиментаційної стійкості. При вібраційній обробці дисперсної системи утворюється динамічна структура, коли в рівноважних умовах кількість розірваних унаслідок руху частинок зв'язків дорівнює кількості утворених.

На в'язкість водовугільних суспензій антрациту стабілізованих бурим вугіллям вібраційна обробка впливає в меншому ступені (рис. 1Б), але характер впливу не змінюється. Імовірно, це пов'язано з тим, що частинки бурого вугілля, розташовуючись між частинками антрациту, зменшують вплив вібраційних пульсацій на інтенсивність взаємодії між частинками. Структурні

одиниці такої системи взаємно екрануються (між частинками антрациту розташовані частинки бурого вугілля та навпаки), що робить її більш стійкою, що підтверджується більшою седиментаційною стійкістю. Навіть без вібраційної обробки в'язкість таких систем під час зберігання зростає в меншому ступені порівняно із суспензіями на основі антрациту.

Установлено, що характер впливу вібраційної обробки на в'язкість водовугільних суспензій на основі відходів вуглезбагачення вугілля марки «Т» не змінюється, але ступінь впливу значно відрізняється (рис. 1В). Це зумовлено меншою густиною частинок дисперсної фази, і, як наслідок, меншою амплітудою їх коливань. Такі системи більш седиментаційно стійкі, і як наслідок меншої маси частинок дисперсної фази, легше відновлюють властивості у випадку руйнування структури.

Показано, що вібраційна обробка не в усіх випадках призводить до підвищення седиментаційної стійкості досліджуваних дисперсних систем (рис. 2). Так, у системах на основі антрациту зростання інтенсивності вібраційної обробки з 30 до 40 обертів за хвилину супроводжується зменшенням седиментаційної стійкості. Це зумовлено тим, що при інтенсивних коливаннях важкі частинки антрациту можуть різко відхилятися, руйнуючи тим структуру дисперсної системи. Але в цілому вібраційна обробка сприяє підвищенню седиментаційної стійкості водовугільних систем.

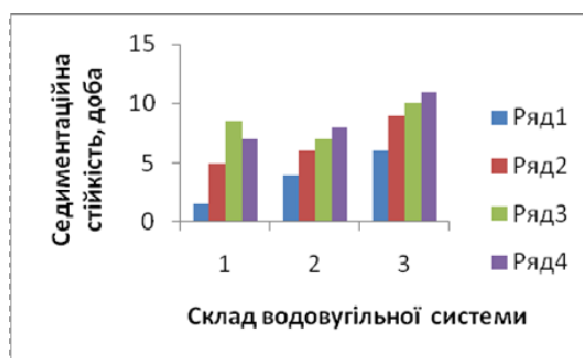


Рис. 2. Залежність седиментаційної стійкості водовугільних суспензій 1 – на основі антрациту; 2 – на основі антрациту стабілізованих бурим вугіллям; 3 – на основі шламів вуглезбагачення вугілля марки «Т». 1 – без вібраційної обробки; 2 – швидкість обертання 20 обертів за хвилину; 3 – 30 обертів за хвилину; 4 – 40 обертів за хвилину.

Створення суспензій із прийнятними фізико-хімічними властивостями не розв'язує проблему їх використання як палива. Для безпосереднього спалювання у котлоагрегатах можна використовувати тільки водовугільні системи на основі збагаченого вугілля марок «Г» і «Д». Суспензії на основі інших марок вугілля та вторинних паливних енергоносіїв самостійно, без постійної підсвічування іншими теплоносіями, не горять.

Розв'язати проблему горючості можливо шляхом створення вугільного суспензійного палива із використанням як дисперсійного середовища легкозаймистих органічних середовищ. Перспективним є застосування рідких продуктів піролізу полімерних відходів. Оптимальні характеристики мають вугільні системи на основі антрациту із концентрацією 65 % (мас.), на основі шламів вуглезбагачення вугілля марки «Т» – 67 %. Враховуючи відносну високу седиментаційну стійкість вугільних дисперсних систем із використанням як дисперсійного середовища рідких продуктів піролізу полімерних відходів, розглядати системи на основі антрациту додатково стабілізованих бурим вугіллям було недоцільно. Для проведення досліджень ми створювали вугільні суспензії вказаного складу. Фізико-хімічні характеристики створених систем наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні властивості вугільних систем створених на основі рідких продуктів піролізу

Склад суспензії	Концентрація дисперсної фази, %	Ефективна в'язкість, Па·с	Седиментаційна стійкість, доба
Антрацит	65	1,20	15
Шлами вуглезбагачення вугілля марки «Т»	67	1,45	25

Як видно з наведених даних седиментаційна стійкість дисперсних систем, створених із застосуванням як дисперсійного середовища рідких продуктів піролізу полімерних відходів, значна і нагальної необхідності її підвищення немає. Водночас, як показали проведені дослідження, в'язкість таких систем під час зберігання швидко

зростає, що зумовлено інтенсивною екстракцією органічних високомолекулярних речовин з вугільних частинок. Крім того, імовірно диспергування частинок дисперсної фази за рахунок вимивання з них органічних речовин, що призводить до зростання частки дрібнодисперсних частинок. Це також супроводжується зростанням в'язкості систем.

Як показали проведені нами дослідження, вібраційна обробка вугільних суспензій створених із застосуванням як дисперсійного середовища рідких продуктів піролізу полімерних відходів на основі антрациту у всіх випадках дозволяє запобігти зростанню в'язкості дисперсних систем (рис. 3А). Але, на відміну від водовугільних систем, зростання в'язкості все одно відбувається, але в значно меншому ступені. У динамічних умовах частинки дисперсної фази нездатні утворити жорстку структуру. Зростання в'язкості зумовлено, на наш погляд, зміною гранулометричного складу суспензій та збільшенням інтенсивності вимивання органічних речовин, що призводить до збільшення в'язкості дисперсійного середовища.

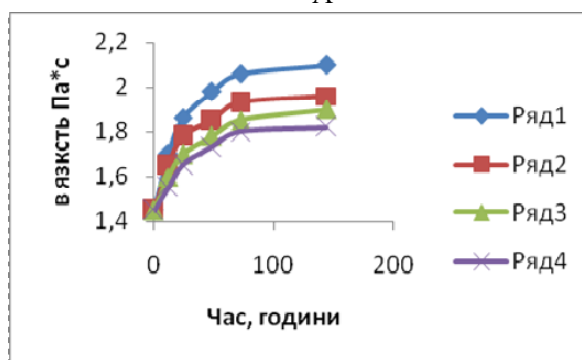
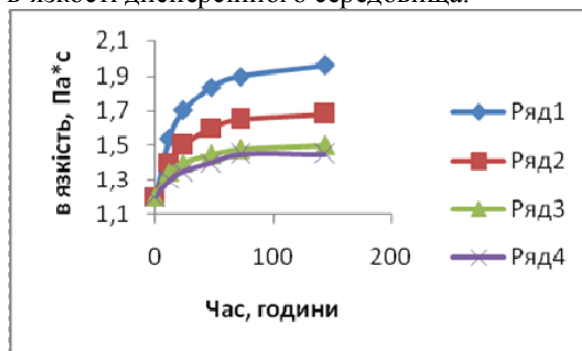


Рис. 3. Залежність в'язкості вугільних суспензій із використанням як дисперсійного середовища рідких продуктів піролізу на основі А – антрациту; Б – шламів вуглезбагачення вугілля марки «Т» від часу зберігання: 1 – без вібраційної обробки; 2 – швидкість обертання 20 обертів за хвилину; 3 – 30 обертів за хвилину; 4 – 40 обертів за хвилину.

Встановлено, що як і у випадку водовугільних суспензій, характер впливу вібраційної обробки на в'язкість вугільних суспензій із застосуванням як дисперсійного середовища рідких продуктів піролізу полімерних відходів на основі відходів вуглезабагачення вугілля марки «Г» не змінюється (рис. 3Б), але ступінь впливу значно відрізняється. Імовірно це пояснюється тими самими причинами.

Враховуючи великі значення седиментаційної стійкості створених систем, вплив вібраційної обробки на її значення визначити в наших умовах було не можливо, але на основі проведених досліджень можна стверджувати, що вона буде збільшуватись.

Висновки

Установлено, що проведення вібраційної обробки суспензійного вугільного палива дозволяє запобігти різкому збільшенню їх в'язкості. Характер впливу вібраційної обробки вугільних суспензій не залежить від природи частинок дисперсної фази. Показано, що не в усіх випадках вібраційна обробка призводить до підвищення седиментаційної стійкості досліджуваних дисперсних систем. У системах на основі антрацити зростання інтенсивності вібраційної обробки з 30 до 40 обертів за хвилину супроводжується зменшенням седиментаційної стійкості, що зумовлено руйнацією структури дисперсної системи. Проведення вібраційної обробки не дозволяє повною мірою запобігти збільшенню в'язкості вугільних систем, створених із застосуванням як дисперсійного середовища рідких продуктів піролізу полімерних відходів, але дає змогу зберегти її значення в прийнятному діапазоні (до 1,8 Па×с).

Список літератури

1. Котляр В.Р., Сернов Д.Е. Потребление первичной энергии и структура топливопотребления в мире // *Электр. Станции.* – 2002. – №7. – С. 71–73.
2. Lebowitz Howard E., Akers David, Simmons William, Hughes Evan/ Economics of waste coal utilization in Indiana // *Proc. Of the 23rd Intern. Techn. Conf. on Coal Utilization & Fuel Systems, March, 1998; Clearwater, Florida, USA.* – P. 757–760.
3. Решетняк А.А. Эффективность развития топливноэнергетического комплекса Украины. – К: Наукова думка, 1991 – 124 с.

4. Макаров А.С., Борук С.Д., Егурнов А.И., Макарова К.В. Композиционные угольные суспензии на основе вторичных топливных энергоносителей // *Уголь Украины,* – 2013. – №7 – С.50–52.
5. Егурнов А.И., Борук С.Д. Технология получения и перспективы применения суспензионного углеродного топлива на основе вторичных топливных энергоносителей // *Современная наука – Сборник научных статей* – №2(13) – 2013 – С. 18–21.
6. Егурнов А.И., Борук С.Д., Винклер И.А., Трояновская Н.М. Перспективы внедрения суспензионного угольного топлива с учетом рекомендаций европейского парламента и совета европейского союза // *Збагачення корисних копалин. Науково-технічний збірник* – 2013–Випуск 53(94) – С. 210 – 217.
7. Борук С.Д. Напрями підвищення екологічної безпеки спалювання вугілля із високим вмістом сульфуру та вугільних суспензій на їх основі // *Наук. вісник ЧНУ Хімія.- Чернівці, 2012. - Вип. 606 – С. 13 – 18.*
8. Малышев А.И., Помогайло А.С. Анализ резин. – М. Химия – 1977. – 232 с.
9. Белозеров Н.В. Технология резины. - М.: Химия, 1979. - 472 с.
10. Борук С.Д., Кобітович О.М., Никифорок Т.В. Напрями стабілізації водовугільних суспензій на основі антрацити // *Наук. вісник ЧНУ Хімія.- Чернівці, 2011. - Вип. 581 – С. 12–16.*
11. Борук С.Д., Егурнов О.І. Вплив умов проведення помелу на фізико-хімічні властивості суспензійного вугільного палива // *Український міжвідомчий науково-технічний збірник «автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні»* – 2011 – № 45 – С.270–274.

Summary

Boruk S.D., Zapotichna N.M., Pryimak O.D., Makarov A.S.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University
Institute of colloid chemistry and chemistry of water NAN Ukraine

INFLUENCE OF OSCILLATION TREATMENT ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF COAL SUSPENSION FUEL

Investigational influence of oscillation treatment is on physical and chemical properties of suspension coal fuel in time, certainly optimum modes of treatment. It is rotined that lead through of oscillation treatment of suspension coal fuel with the use as a dispersible environment of technical water allows to prevent the increase of their viscosity. Character of influence of oscillation treatment of coal suspensions does not depend on nature of particles of dispersible phase.