

В.Г.Самойлік, к.т.н., доцент
В.С.Білецький, д.т.н., професор
Д.В.Гудінов, магістрант

ВПЛИВ МІНЕРАЛЬНОЇ КОМПОНЕНТИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА

Досліджено вплив різних мінеральних домішок, - монтморилоніту, гідрослюди, каолініту, кварцу, - на седиментаційну стійкість висококонцентрованої водовугільної суспензії. Встановлено, що найбільше на структуроутворення у водовугільних суспензіях впливає монтморилоніт, який сприяє утворенню просторової коагуляційної структури при мінімальній кількості твердого і викликає різке зміцнення цієї структури при переході до більш концентрованих суспензій. Наявність кварцу в складі твердої фази викликає розшарування суспензії.

Исследовано влияние различных минеральных добавок, - монтмориллонита, гидрослюды, каолинита, кварца, - на седиментационную устойчивость высококонцентрированной водоугольной суспензии. Установлено, что больше всего на структурообразование в водоугольных суспензиях влияет монтмориллонит, который способствует образованию пространственной коагуляционной структуры при минимальном количестве твердого и вызывает резкое укрепление этой структуры при переходе к более концентрированным суспензиям. Наличие кварца в составе твердой фазы вызывает расслоение суспензии.

Постановка проблеми і стан її вивчення. Технологія одержання і спалювання водовугільного палива (ВВП) – одна з перспективних вугільних технологій, яка має екологічні, економічні і технологічні переваги в порівнянні з існуючим традиційним спалюванням пиловидного вугілля. Ця технологія досліджувалася і апробована в промисловості у ряді країн, зокрема, у США, Швеції, Великобританії, Китаї, Японії, Канаді, Італії, Росії, Україні.[1].

На сьогодні існує ряд технологічних варіантів одержання ВВП, досліджено вплив на характеристики висококонцентрованої водовугільної суспензії (ВВВС) гранулометричного складу вихідного вугілля, його поверхневих властивостей, рН суспензії, виду і витрат пластифікаторів, характеристик мінеральної компоненти. [2-4]. Ця стаття - продовження раніше розпочатих робіт, зокрема, В.Г. Самойліком, в яких досліджувався вплив мінеральної компоненти на характеристики ВВП [5].

Мета статті – дослідження і порівняльний аналіз впливу різних мінеральних домішок на седиментаційну стійкість ВВВС.

Виклад основного матеріалу. Об'єкт дослідження – енергетичне вугілля марки Г зольністю в межах 9,0-29,0%, вища теплота згоряння 7160-8000 ккал/кг. Петрографічний аналіз вмісних порід, показаний у табл. 1, свідчить що їхня основна маса (50-95%) глиниста, полімінеральна, гідрослюдиисто-каолінітова зі змішаношаруватими утвореннями гідрослюдиисто-монтморилонітового складу. Дрібноалевритовий уламковий матеріал крупністю 0,01-0,04 мм представлений окатаними зернами кварцу і польових шпатів, карбонатами, уламками глинистих і кременистих порід.

Таблиця 1 – Петрографічний склад вмісних порід

| Родовище | Місце відбору проби | Вміст, % | | | | |
|----------|---------------------|-------------------|-------|---------------|--------|------|
| | | Глиниста речовина | кварц | Польові шпати | детрит | інші |
| 1 | Підшва | 65-70 | 14-15 | 8-10 | 2-3 | 5-7 |
| | Прошарок | 65-70 | 10-15 | 5 | - | 15 |
| 2 | Прошарок | 90-92 | 3 | 2 | 5 | - |
| | Покрівля | 92-95 | 2 | 1 | 3-5 | - |
| 3 | Прошарок | 80 | 5-10 | 5-10 | 3 | 5 |
| | Підшва | 70-72 | 14-15 | 5-7 | 5 | 3-7 |
| | Покрівля | 70 | 15-20 | 5-7 | 5 | 1-2 |
| 4 | Покрівля | 65-70 | 10-15 | 5-10 | - | 5-10 |
| | Прошарок | 75-80 | 1-2 | - | 20 | - |

Для моделювання реальних дисперсних систем були відібрані мінерали, що становлять основу неорганічної фази досліджуваного вугілля (табл. 2).

Таблиця.2 – Характеристика мінералів

| Мінерали | Розмір частинок, мкм | Густина, кг/м ³ | Теплота змочування, кДж/кг | Форма частинок |
|---------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|
| Монтморилоніт | 0,03-0,3 | 2700 | 98,3 | Ізометрична |
| Гідрослюда | 0,01-1,0 | 2800 | 55,9 | Луската |
| Каолініт | 1-3 | 2640 | 8,2 | Пластинчата |
| Кварц | 1-40 | 2650 | 64,3 | Окатана |

Як органічна частина використовувалося вугілля марки Г6 зольністю 2,0% і крупністю зерен 0-75 мкм. Рідка фаза суспензії – дистильована вода; для визначення структуроутворюючої здатності та міцносних характеристик досліджуваних дисперсних систем застосовували конічний пластометр.

Структуроутворююча здатність дисперсної фази характеризувалася величиною початкової концентрації структуроутворення C_p , що визначає виникнення в усьому об'ємі суспензії просторової коагуляційної сітки [6]. Величина початкової концентрації структуроутворення мінімальна в суспензії мо-

нтморилоніту: $C_p = 18,8$ мас. %. Для гідрослюди, каолініту, вугілля та кварцу вона, відповідно, дорівнює: 26,9; 35,0; 46,2 і 68,5 мас. %.

Мінімальне значення C_p у суспензії монтморилоніту пояснюється його високою гідрофільністю та дисперсністю. Завдяки здатності диспергуватися (розмокати) у водному середовищі даний мінерал має найбільш розвинену зовнішню питому поверхню. Покриті товстими гідратними оболонками дрібні частинки монтморилоніту при взаємодії фіксуються в положенні далекого енергетичного мінімуму, створюючи коагуляційну структуру вже при невеликому вмісті твердої фази в суспензії [6].

У структуроутворенні вугільної суспензії поряд з дрібнодисперсними частинками беруть участь зерна крупністю 50-75 мкм. Це знижує кількість одиничних контактів, а отже, підвищує мінімальну концентрацію твердої фази в суспензії, необхідну для утворення коагуляційної просторової структури.

Крім того, при взаємодії вугільних частинок по гідрофобних ділянках, які займають значну частину їхньої поверхні, утворюються порівняно компактні агрегати, що швидко осідають і формують пухкі осади з високим вмістом дисперсної фази. Для дисперсій гідрослюди та каолініту характерні проміжні значення C_p .

Максимальна щільність упакування частинок кварцу ($C_p = 68,5$ мас. %) пояснюється їхньою низькою дисперсністю. Володіючи високою гідрофільністю, кварцові частинки практично не утворюють міцних коагуляційних зв'язків і осідаючи прагнуть зайняти положення з мінімальною потенційною енергією.

Введення мінеральних домішок до складу водовугільних дисперсій істотно змінює їхню структуроутворюючу здатність (рис. 1). При підвищенні вмісту глинистих мінералів у твердій фазі знижується величина C_p . Завдяки специфічним особливостям (високій дисперсності, гідрофільності) глинисті частинки сприяють утворенню у вугільних суспензіях просторової структурної сітки при концентраціях твердої фази менших, ніж у чистих водовугільних дисперсіях. У цьому випадку глинисті мінерали виступають як стабілізатори стосовно вугільних частинок. Найбільшою мірою стабілізуючий ефект характерний для домішок монтморилоніту і гідрослюди.

Присутність у вугільній суспензії домішок кварцу призводить до зростання мінімальної концентрації твердої фази, необхідної для утворення просторової структури. Оскільки сили взаємодії між частинками кварцу і вугілля значно менші, ніж між вугільними частинками, то під дією сили ваги відбувається мимовільне випадання зерен кварцу в осад. Це супроводжується місцевими руйнуваннями коагуляційної структури. Отже, кварц виступає в ролі дестабілізатора водовугільних суспензій.

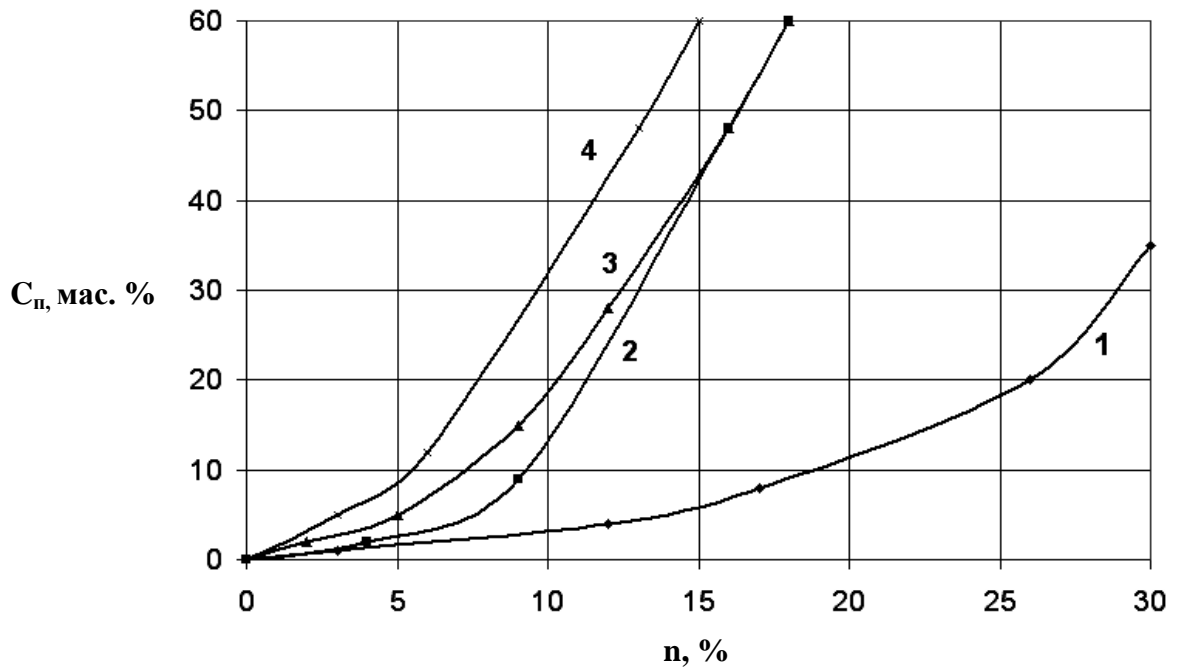


Рисунок 1 – Залежність початкової концентрації структуроутворення ВВВС ($C_{п}$) від вмісту (n) мінеральних домішок у твердій фазі:

1 - монтморилоніт; 2 - гідрослюда; 3 - каолінит; 4 – кварц.

$P_m \cdot 10^{-2}$, Па

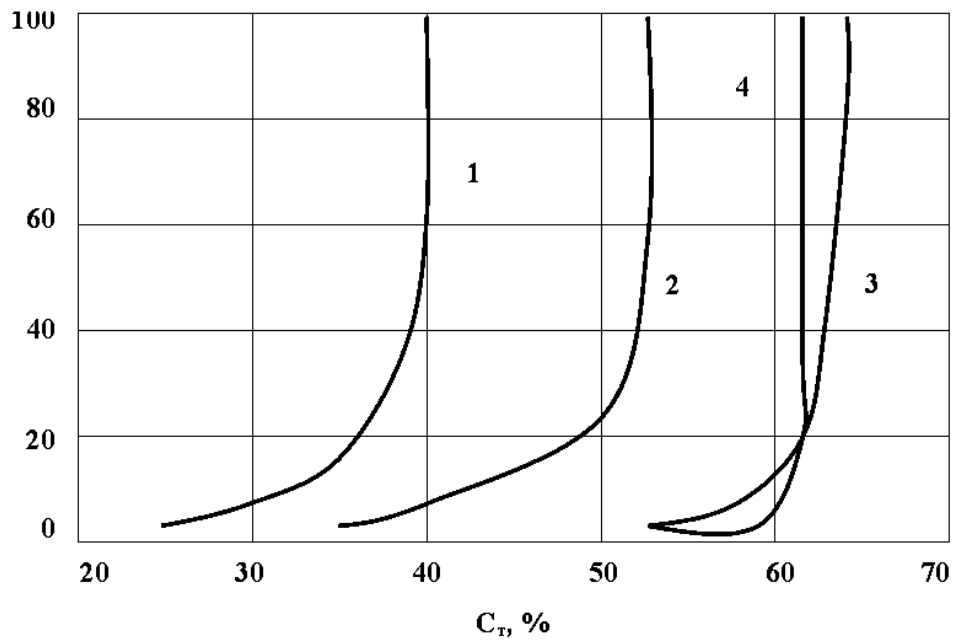


Рисунок 2 – Залежність пластичної міцності (P_m) від концентрації твердої фази (C_T) у суспензії:

1 - монтморилоніту; 2 - гідрослюда; 3 - каолініту; 4 – вугілля.

Початкова концентрація структуроутворення характеризує дисперсну систему зі слабкими коагуляційними контактами, що виникають у результаті фіксації частинок переважно в положенні далекого енергетичного мінімуму. При підвищенні концентрації твердої фази зростає міцність P_m дисперсної системи за рахунок збільшення числа контактів між частинками й у результа-

ті підвищення ймовірності фіксації частинок у положенні ближнього потенційного мінімуму з відповідним ростом міцності контактів. Характер зміни міцності залежно від концентрації твердої фази обумовлюється дисперсністю та фізико-хімічними особливостями поверхні частинок, а, отже, повинен бути неоднозначний для дисперсних систем з різним мінералогічним складом.

Дослідження впливу концентрації твердої фази на пластичну міцність структури суспензій вугілля та окремих мінералів показали (рис. 2), що при концентрації дисперсної фази більше 38 мас. % міцність структури суспензії монтморилоніту різко зростає. Величина 38 мас. % відповідає значенню критичної концентрації структуроутворення ($C_{кр}$), що характеризує завершення побудови коагуляційної об'ємної структури. Для вугілля та каолініту значення C істотно більші та дорівнюють 64,0 і 66,5 мас. % відповідно. У суспензії гідрослюди побудова коагуляційної структури завершується при концентрації твердої фази 54 мас. %.

Недосконалість кристалічної структури монтморилоніту, що обумовлює його здатність до диспергування пакетів і значного збільшення міжплощинних відстаней при контакті з водою, визначає участь всієї поверхні мінералу в утворенні коагуляційної структури. Розвинена поверхня та велика кількість контактів в одиниці об'єму сприяють досягненню максимальної міцності структури при порівняно невисоких концентраціях твердої фази в суспензії. Більші частинки каолініту із чітким огрануванням і малою ефективною питомою поверхнею утворюють у водних дисперсіях, очевидно, переважно площинні контакти. Внаслідок цього завершення побудови коагуляційних структур у суспензіях каолініту відбувається при порівняно більших концентраціях.

Висновок

1. Мінеральні домішки вугілля, - монтморилоніт, гідрослюда, каолініт, кварц, - по-різному впливають на седиментаційну стійкість висококонцентрованої водовугільної суспензії. Це свідчить про необхідність врахування при приготуванні водовугільного палива не тільки параметра зольності вугілля, але й виду золоутворюючих компонент та їх масового співвідношення.

2. Встановлено, що найбільше на структуроутворення у водовугільних суспензіях впливає монтморилоніт, який сприяє утворенню просторової коагуляційної структури при мінімальній кількості твердого і викликає різке зміцнення цієї структури при переході до більш концентрованих суспензій.

3. Вплив гідрослюди на властивості ВВВС аналогічний монтморилоніту, але слабший. Стабілізуюча дія каолініту нижче, ніж в інших глинистих мінералів. Наявність кварцу в складі твердої фази викликає розшарування суспензії.

Література

1. Круть О.А. Водовугільне паливо. – К.: Наукова думка, 2002. – 172 с.

2. Білецький В.С., Круть О.А., Світлий Ю.Г. Приготування водовугільного палива на основі бурого вугілля // Збагачення корисних копалин. – 2011. – Вип. 47 (88). – С.8-16.
3. Круть О.А. Аналіз енергетичного стану мінеральної частини водовугільної суспензії з позицій теорії ДЛФО / О.А.Круть, В.С.Білецький, П.В.Сергєєв // Вісті Донецького гірничого інституту. – Донецьк, 2010. – № 2, 2010. – С. 315-320.
4. Круть О. А. Фізико-хімічні аспекти технології водовугільного палива /О.А.Круть, В. С. Білецький, П. В.Сергєєв // Збагачення корисних копалин. – 2010. – Вип. 43(84). – С. 98–106.
5. Самойлик В.Г. Влияние состава минеральных примесей на реологические свойства реологических суспензий / В.Г. Самойлик, А.Т. Елишевич, А.С. Макаров // Химия твердого топлива. – 1990. - №5. – с. 76-81.
6. Макаров А.С. Водугольные суспензии / Макаров А.С., Сушко В.А. // Физ.-хим. Механика и лиофильность дисперсных систем. – 1984. Вып. 16. – С. 88-95.