

ВПЛИВ ПРИРОДИ ДИСПЕРСІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА НА ІНТЕНСИВНІСТЬ МІЖЧАСТИНКОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ У КОНЦЕНТРОВАНИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ СИНТЕТИЧНОГО АЛМАЗНОГО ПОРОШКУ

Досліджено вплив природи дисперсійного середовища (вода, органічні полярні й неполярні) на інтенсивність процесів міжчастинкової взаємодії в концентрованих дисперсних системах синтетичного алмазного порошку. За зміни дисперсійного середовища від води до органічних середовищ в системах, відбувається зменшення енергії взаємодії між частинками, що призводить до збільшення їх седиментаційної і агрегативної стійкості.

Результати досліджень рекомендовано враховувати під час здійснення низки технологічних процесів із використанням концентрованих дисперсних систем.

Ключові слова: дисперсійне середовище, інтенсивність міжчастинкової взаємодії, реологічні константи, синтетичний алмазний порошок.

Вступ

Перспективний напрям застосування вторинних енергоносіїв – створення на їх основі рідкого, усередненого за складом суспензійного палива. Дисперсійне середовище композиційного вуглецевого палива складається із рідких продуктів піролізу полімерних відходів та нафтошламів, які є відходами і їх склад не регламентується. Це зумовлює наявність у суміші широкого спектру органічних сполук, як полярних так і неполярних. Основні характеристики дисперсних систем (в'язкість, седиментаційна стійкість) визначаються властивостями структури, яка в них реалізується, тобто безпосередньо залежать від характеристик дисперсійного середовища [1-3]. Вугільні суспензії – складні фізико-хімічні системи, властивості яких визначаються рядом факторів – природою дисперсійного середовища, станом поверхні і природою частинок дисперсної фази. Це зумовлює необхідність проведення досліджень на модельних системах. Зручний об'єкт для модельних досліджень – суспензії синтетичного алмазного порошку, поверхня частинок якого має мозаїчний характер, як і частинок вугільної складової [4–6].

Методика експерименту

Об'єктом дослідження обрані гідросуспензії синтетичного алмазного порошку. Досліджували взаємодію фракцій із середніми радіусами частинок 12 мкм (дрібні частинки) і 28 мкм (великі частинки). Гранулометричний склад подано на рис. 1. Об'ємна частка дисперсної фази (ϕ) дорівнювала 0,059 і 0,086. У полідисперсних системах співвідношення

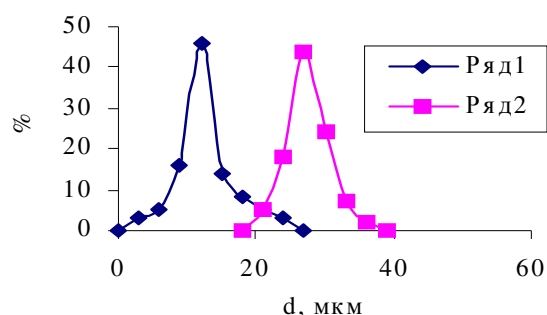


Рис. 1. Гранулометричний склад дисперсій СА порошку: 1 – дрібна фракція (Д); 2 – крупна фракція (К);

великої та дрібної фракції задавалося 1:1 ($\phi = 0,059$) і 1:2 ($\phi = 0,086$). Досліджували процеси міжчастинкової взаємодії у різних дисперсійних середовищах: *полярних* – вода, метанол, етанол, пропаном, ізопропанол, бутанол, пентаном; *неполярних* – бензол, толуол.

Розмір частинок дисперсної фази – один із головних факторів, які визначають агрегативну і седиментаційну стійкість дисперсної системи, а також їх зміну в залежності від природи дисперсійного середовища. Виділення монофракцій та їх гранулометричний склад визначали шляхом проведення седиментаційного аналізу. Седиментаційний аналіз, урахувавши густину дисперсної фази, проводили в 3 % розчині гліцерину.

Інтенсивність міжчастинкової взаємодії в концентрованих системах визначали за зміною їх реологічних властивостей. В якості критерію інтенсивності контактних взаємодій в концентрованих системах застосовували

добуток коефіцієнтів $m\beta$, які входять до рівняння Ейнштейна [7,8]:

$$\eta = \eta_0 e^{\alpha\varphi}, \text{ де}$$

η - в'язкість дисперсної системи;

η_0 - в'язкість дисперсійного середовища;

α - параметр, який характеризує взаємодію частинок між собою та середовищем;

φ - об'ємна частка дисперсної фази.

Параметр α характеризує взаємодію часток дисперсної фази між собою і дисперсійним середовищем і залежить від швидкості зрушення й від співвідношення швидкостей зрушення γ . Показано, що можна характеризувати систему залежністю параметра α від співвідношення швидкостей зрушення, оскільки в цьому випадку цей параметр буде пов'язаний функціональною залежністю з безрозмірною величиною γ . Коефіцієнти, що входять в цю залежність, характеризують зв'язок параметра α не з певною фізичною величиною, а зі зміною зовнішньої дії на систему. Ця залежність описується рівнянням [7]:

$$\gamma = D/D_{\max}; \alpha = \beta(\gamma)^{-m},$$

де m і β константи для конкретного експерименту, значення яких визначається природою часток дисперсної фази, сумарною енергією їх взаємодії між собою і середовищем. Обидві константи характеризують один і той же процес, пов'язаний з міжчастинковими взаємодіями, а їх добуток характеризує інтенсивність цієї взаємодії.

Результати й обговорення

Інтенсивність взаємодії частинок в системі, віднесена до одиниці об'ємної частки дисперсної фази зменшується в міру збільшення концентрації твердого (рис. 2–4). Ця залежність спостерігається як для монодисперсних, так і полідисперсних систем. Цей ефект свідчить про те, що у процесах структуроутворення в дисперсних системах лише певна частка частинок дисперсної фази розташовуються у вузлах структури. Інші розміщуються в комірках між вузлами і безпосередньої участі в структуроутворенні не приймають. Тобто в дисперсній системі встановлюється динамічна рівновага між частинками, що знаходяться у каркасі структури та «вільними» частинками, які розташовані у міжструктурному просторі:

Дисперсні частинки (структурний вузол)

↔ Дисперсні частинки (між структурний простір).

Частинки, що знаходяться у міжструктурному просторі також приймають участь у процесах міжчастинкової взаємодії, забезпечуючи фіксовану відстань між вузлами, але визначаючи роль відіграють частинки, що утворили у дисперсній системі просторову сітку. Цей ефект можна використати для пояснення причин стійкості дисперсних систем різної природи лише у певному, строго визначеному діапазоні концентрацій дисперсної фази. Наприклад водовугільні системи мають велику стійкість при концентрації дисперсної фази $59 \div 61$ % (мас). За менших концентрацій системи мають меншу в'язкість, але швидко і незворотно розшаровуються. Для більших концентрацій у системі експоненціально збільшується в'язкість, втрачаючи стійкість до зовнішніх впливів. Імовірно після досягнення вказаної концентрації існує достатня кількість частинок щоб повністю заповнити «вузли» структури. Подальше їх збільшення не призводить до утворення нових координаційних зв'язків. Розташовуючись у міжструктурному просторі такі частинки збільшують навантаження на структуру.

Інтенсивність міжчастинкової взаємодії під час зменшення розмірів частинок збільшується, що зумовлено як збільшенням концентрації частинок в одиниці об'єму, так і зменшенням маси частинок, що полегшує процес їх фіксацію у вузлах просторової структури, що реалізується в дисперсній системі.

В полідисперсних системах інтенсивність міжчастинкової взаємодії більше ніж у монодисперсних. Цей ефект обумовлений досягненням більш щільної упаковки в структурах, що реалізуються в полідисперсних системах.

Наявність в системі частинок різного розміру призводить до зміни інтенсивності міжчастинкових взаємодій, що дозволяє шляхом регулювання гранулометричного складу твердої фази цілеспрямовано змінювати властивості концентрованих суспензій.

При переході від води до органічних полярних середовищ (метанол – етанол – пропанол – ізопропанол – бутанол – пентанол) (рис. 2,3,4) відбувається зменшення інтенсивності міжчастинкових взаємодій у всіх досліджуваних системах. Виявлено різкий стрибок значень реологічних коефіцієнтів при переході «вода – спирти» (більше ніж на 10 %) з поступовою стабілізацією їх значень. В ряду спиртів чисельне значення добутку реологічних коефіцієнтів на кожен додаткову метильну групу у радикалі значен-

ня зменшується на 2,5÷3 %. З нашої точки зору зменшення інтенсивності міжчастинкової взаємодії при переході вода – спирт зумовлено більшою змочуваністю поверхні частинок синтетичного алмазнопорошку спиртами. Гідрофобні ділянки поверхні частинок у воді ускладнюють утворення суцільної сольватної оболонки, що збільшує імовірність ефективного зіткнення частинок дисперсної фази з утворенням седиментаційно нестійких агрегатів частинок. У органічних дисперсійних середовищах утворюється більш стійка структура, елементи якої надійно фіксуються на відстанях, яка запобігає їх взаємодії та

наступної агрегації. Відстань між частинками підтримується за рахунок сольватних оболонок, які утворюються на їх поверхні; міжчастинна взаємодія, головним чином, зумовлена дією молекулярної складової розклинюючого тиску. У таких системах більш дрібнодисперсні частинки імовірніше за все фіксуються у просторі між крупними частинками, запобігаючи безпосередньому контакту між ними. Разом з тим їх наявність збільшує стійкість самої системи за рахунок досягнення більш щільного пакування частинок.

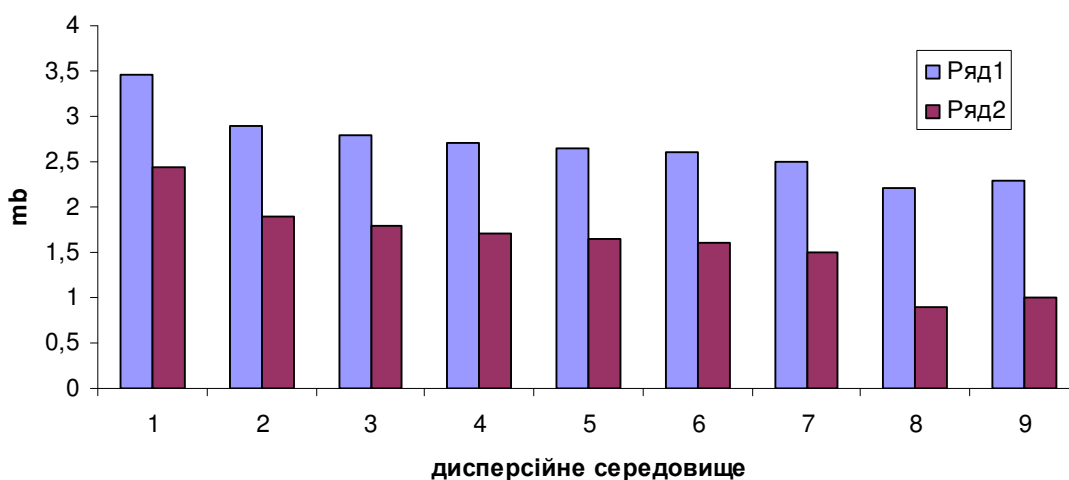


Рис. 2. Залежність добутку реологічних коефіцієнтів $m\beta$ суспензій синтетичного алмазного порошку, що містять крупну фракцію (СА(К)) з об'ємною часткою дисперсної фази $\varphi = 0,059$ (1) та $\varphi = 0,086$ (2) на основі: 1 – вода, 2 – метанол, 3 – етанол, 4 – пропанол, 5 – ізопропанол, 6 – бутанол, 7 – пентанол, 8 – бензин, 9 – толуен.

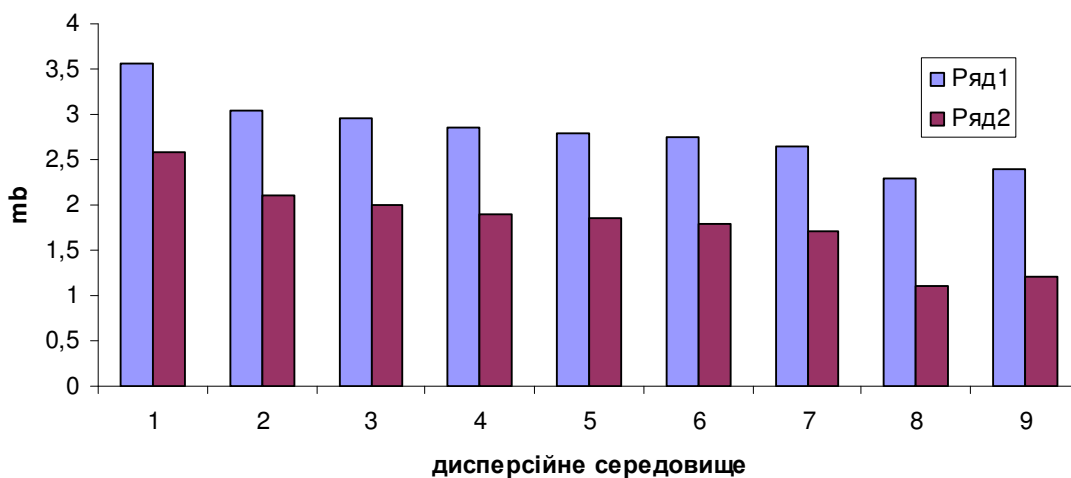


Рис. 3. Залежність добутку реологічних коефіцієнтів $m\beta$ суспензій синтетичного алмазного порошку, що містять дрібну фракцію (СА(Д)) з об'ємною часткою дисперсної фази $\varphi = 0,059$ (1) та $\varphi = 0,086$ (2) на основі: 1 – вода, 2 – метанол, 3 – етанол, 4 – пропанол, 5 – ізопропанол, 6 – бутанол, 7 – пентанол, 8 – бензин, 9 – толуен.

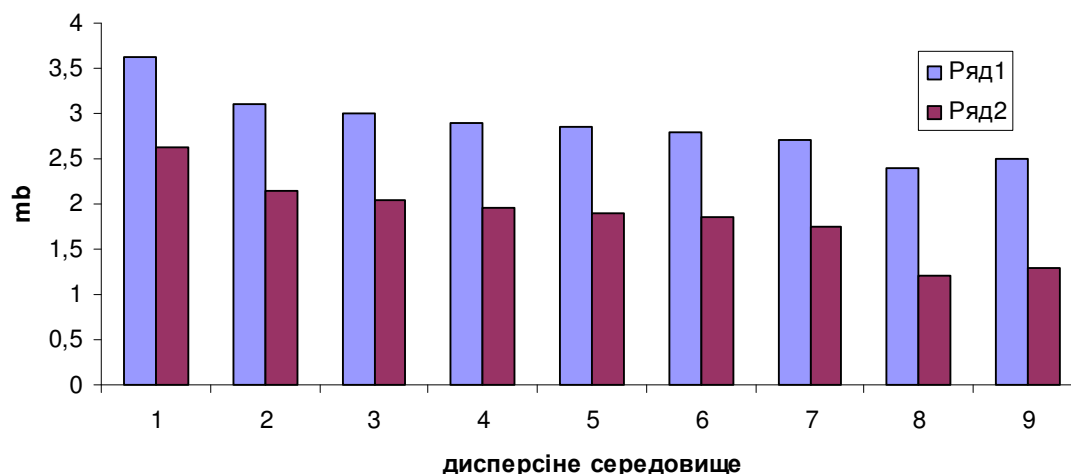


Рис. 3. Залежність добутку реологічних коефіцієнтів $m\beta$ суспензій синтетичного алмазного порошку, що містять суміш крупної і дрібної фракцій (СА(К+Д)) з об'ємною часткою дисперсної фази $\phi = 0,059$ (1) та $\phi = 0,086$ (2) на основі: 1 – вода, 2 – метанол, 3 – етанол, 4 – пропанол, 5 – ізопропанол, 6 – бутанол, 7 – пентанол, 8 – бензин, 9 – толуен.

У органічних неполярних середовищах (бензен, толуен) порівнянно із спиртами (рис. 2,3,4) відбувається подальше зменшення інтенсивності міжчастинкових взаємодій у всіх досліджуваних системах, що є наслідком утворення на поверхні частинок суцільної сольватної оболонки за рахунок більшої змочуваності поверхні частинок. Відстань між частинками збільшується, енергія їх взаємодії відповідно зменшується. Разом з тим в таких системах значно зменшується електростатична складова розклинюючого тиску. Стійкість дисперсних систем визначається, головним чином, адсорбційною складовою. Фіксація більш дрібнодисперсних частинок також відбувається у просторі між крупними частинками, запобігаючи безпосередньому контакту між ними. Разом з тим їх наявність збільшує стійкість самої системи за рахунок досягнення більш щільного пакування частинок.

Отже, можна стверджувати, що в дисперсних системах, частинки дисперсної фази яких мають мозаїчну або гідрофобну поверхню, при переході від води до органічних дисперсійних середовищ (як полярних так і не полярних) відбувається зменшення енергії взаємодії між частинками, що призводить до збільшення їх седиментаційної і агрегативної стійкості.

Висновки

В концентрованих дисперсних системах синтетичного алмазного порошку питома

інтенсивність міжчастинкової взаємодії зменшується під час збільшення вмісту дисперсної фази. Це зумовлене процесами конкуренції між частинками під час утворення координаційних зв'язків між елементами структури дисперсної системи. Полідисперсні системи характеризуються, порівняно з монодисперсними, більшою інтенсивністю міжчастинкової взаємодії та стійкістю, що зумовлено досягненням більш щільного пакування частинок дисперсної фази. Інтенсивність міжчастинкової взаємодії у органічних полярних середовищах суттєво менша (більше ніж на 10%), ніж у водному середовищі. У гомологічному ряду спиртів чисельне значення добутку реологічних коефіцієнтів на кожну додаткову метильну групу у радикалі зменшується на $2,5 \pm 3\%$. Інтенсивність міжчастинкової взаємодії у органічних неполярних середовищах мінімальна, що зумовлено утворенням на поверхні частинок суцільної сольватної оболонки за рахунок більшої змочуваності поверхні частинок синтетичного алмазного порошку.

Список літератури

1. Коллоидно-химические основы наноауки / Под ред. А.П. Шпака, З.Р. Ульберг. – К.: Академперіодика. – 2005. – 466 с.
2. Дерягин Б.В. Поверхностные силы и их роль в дисперсных системах / Б.В. Дерягин, Н.К. Чураев // ЖВХО им. Д.И. Менделеева. – 1989. – Т.34., №2. – С.151-158.
3. Дерягин П.В. Поверхностные силы /

- Дерягин П.В., Чураев Н.В., Муллер В.М. – М.: Наука, 1986. – 240 с.
4. 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.
 5. Решетняк А.А. Эффективность развития топливноэнергетического комплекса Украины. – К: Наукова думка, 1991. – 124 с.
 6. Гамера А.В. Взаимодействие частиц различной дисперсности в гидросуспензиях синтетического алмазного порошка /А.В. Гамера, С.Д. Борук, А.С. Макаров, В.А. Завгородний // Сверхтвердые материалы – № 2. – 1999 – С.59–62.
 7. Слипенюк Т.С. Флокуляция глинисто-солевых суспензий / Т.С. Слипенюк, В.И. Ватаманюк, В.П. Руди, С.Д. Борук // Журн. прикладной химии – № 2 – –1989 – С. 410 – 413.
 8. Слипенюк Т.С. Влияние ПЭО и ПАА на процессы флокуляции в глинистой суспензии / Т.С. Слипенюк, С.Д. Борук, И.Н. Скрипский // УХЖ. – № 3 – 1991. – С. 264-268.

Summary

Boruk S. D.

Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

INFLUENCE OF THE DISPERSE MEDIUM NATURE ON INTENSITY OF INTERPARTICLE INTERACTION IN HIGHLY CONCENTRATED SYSTEMS CONTAINING THE SYNTHETIC DIAMOND POWDER

An influence of different disperse medium types (water, organic polar and non-polar solvents) on intensity of interparticle interactions in the highly concentrated synthetic diamond systems has been investigated. For the changes of environment from water to the organic environments, there is reduction to energy of cooperation between particles, that results in the increase of them aggregative and sedimentation firmness.

Results of this investigation can be put into practice through various technologies where the highly concentrated disperse systems are used.

Key words: disperse medium, interparticle interaction intensity, rheological constants, synthetic diamond powder