

## ВПЛИВ СКЛАДУ МАСЕЛ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАСЛЯНО-ВУГІЛЬНИХ ЕМУЛЬСІЙ

*Кручко І.М., Косигіна І.М., Макаров А.С.*

Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України,  
[iryana.kruchko03@gmail.com](mailto:iryana.kruchko03@gmail.com)

Збільшення обсягів споживання нафтопродуктів у транспортній та енергетичній системах, а також активний розвиток групи галузей промисловості (особливо нафтохімічної і нафтопереробної) призводить до накопичення численних відходів у вигляді відпрацьованих масел, нафтошламів та інших нафтовмісних рідин [1-3].

Вирішити проблему утилізації відходів можна шляхом застосування їх в якості палива при спалюванні на теплоенергетичних станціях (ТЕС) з метою отримання теплової та електричної енергії. Однак в початковому стані зробити це досить важко, так як вимагає зміни топкових камер, модифікації систем приготування палива, транспортування і зберігання. Створення масло-водо-вугільних емульсій (МВВЕ) для спалювання в ТЕС, а також котельнями та іншими енергетичними установками без значних конструктивних змін [4-5], є перспективним напрямком для вирішення даного завдання.

Технологія отримання висококонцентрованих масло-водо-вугільних емульсій (МВВЕ), які застосовуються в якості рідкого палива в енергогенеруючих установках, пов'язана з теплотехнічними вимогами: максимального наповнення дисперсійного середовища емульсії горючими компонентами (наприклад, дисперсним вугіллям). При цьому система повинна бути стабільною (протягом тривалого періоду) та мати в'язкість, яка забезпечуватиме можливість легкого транспортування емульсій по трубах, зберігання і розпилювання форсунками (при в'язкості 1,5-2 Па·с) [6-7].

З метою створення композиційного палива та дослідження впливу складу масел на реологічні властивості масло-водо-вугільних емульсій (МВВЕ) були отримані системи на основі антрациту з концентрацією твердої фази  $C_T = 40\%$ , концентрацією масляної фази (Comma Xtech 5W-30 чисте та відпрацьоване)  $C_M = 49\%$ , концентрацією води  $C_{H_2O} = 10\%$  та стабілізатором неіоногенної природи 1%.

Вихідне вугілля з діаметром частинок  $d = 1$  мм подрібнювали в фарфоровому барабані ємністю 2 дм<sup>3</sup> на валковому млині. Для цього використовували керамічні кулі. З метою виключення впливу фактору різної дисперсності на реологічну поведінку дисперсних систем, всі зразки вугілля просівали на ситах СЛМ 200 і отримували порошки однакового гранулометричного складу: фракція 250-160 мкм - 40%, 160-100 мкм - 20%, 100-63 мкм - 5%, 63-40 мкм - 32%. Для отримання МВВЕ проводили гомогенізації порошку вугілля з додаванням моторного масла та 1 % емульгатору на масу твердої фази, в якості якого використовували неіоногенний ПАВ.

В результаті дослідження впливу складу масел на реологічні властивості висококонцентрованих масло-водо-вугільних емульсій було встановлено, що значення ефективної в'язкості ( $\eta_{eff}$ ) при швидкості зсуву  $D\dot{\gamma} = 9$  с<sup>-1</sup>, яка спостерігається в системах з використанням антрациту при концентрації твердої фази ( $C_T = 40\%$ ) з додаванням чистого масла Comma Xtech 5W-30 становить 1,19 Па·с, а з додаванням відпрацьованого масла Comma Xtech 5W-30 становить 1,33 Па·с (табл.1).

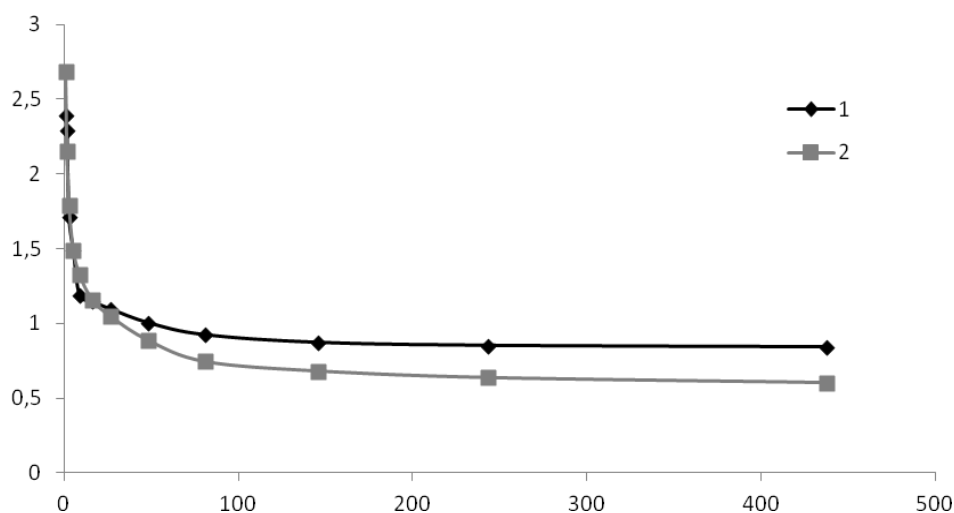
Слід зазначити, що досліджені масло-водо-вугільні емульсії не розшаровуються протягом тижня при зберіганні в статичних умовах навіть за відсутності стабілізуючих реагентів. Це можна пояснити тим, що в системі спостерігається утворення просторової сітки з міцною фіксацією анізотричних частинок вугілля без втрати седиментаційної стійкості.

Таблиця 1

Реологічні характеристики масло-водо-вугільних емульсій на основі антрацити

D, с-1	Comma Xtech 5W-30			
	чистий		відпрацьований	
	$\tau$ , Па	$\eta$ , Па·с	$\tau$ , Па	$\eta$ , Па·с
1	2,39	2,388	2,69	2,687
1,8	4,12	2,289	3,88	2,156
3	5,13	1,711	5,37	1,791
5,4	8,06	1,493	8,06	1,493
<b>9</b>	<b>10,69</b>	<b>1,187</b>	<b>11,94</b>	<b>1,327</b>
16,2	18,57	1,146	18,81	1,161
27	29,55	1,095	28,24	1,046
48,6	48,72	1,002	43,04	0,886
81	74,75	0,923	60,38	0,745
145,8	127,08	0,872	99,48	0,682
243	207,00	0,852	155,25	0,639
437,4	368,00	0,841	264,50	0,605

На основі експериментальних даних були побудовані криві в'язкості (рис. 1) досліджуваних систем. З рисунку видно, що в результаті вивчення реологічних властивостей масло-водо-вугільних емульсій (МВВЕ) на основі масла Comma Xtech 5W-30 (чистого та відпрацьованого) з концентрацією масляної фази  $C_M = 49\%$  та антрацити з концентрацією твердої фази  $C_T = 40\%$ , з додаванням води  $10\%$  встановлено, що склад дисперсного середовища (моторного масла) не впливає на реологічні характеристики МВВЕ.



**Рис.1** Криві динамічної в'язкості масло-водо-вугільної емульсії на основі антрацити і моторного масла Comma Xtech 5W-30: 1) чисте масло (вихідне); 2) відпрацьоване масло.

При дослідженні реологічних властивостей і процесів структуроутворення МВВЕ на основі антрацити спостерігаються ділянки різкого падіння в'язкості в діапазоні швидкостей зсуву  $D\gamma = 1,0-16,2\text{ с}^{-1}$  (рис. 1), які вказують на руйнування структури емульсії, і ділянки незначного падіння в'язкості  $D\gamma = 16,2-48,6\text{ с}^{-1}$ , характерні для перебігу емульсій з істотно зруйнованою структурою. Крім руйнування структури, додатковим чинником, що знижує

в'язкість емульсій з ростом швидкості зсуву, може бути орієнтація анізотричних частинок вугілля в потоці [19]. При перевищенні навантаження  $Dr > 100 \text{ c}^{-1}$  досліджувані системи МВВЕ характеризуються виходом на ділянки ньютонівської течії, коли спостерігається лінійний характер залежності в'язкості від швидкості зсуву, така поведінка підтверджує можливість застосування МВВЕ для факельного спалювання в енергетичних установках. Структурування в емульсії слід розуміти як встановлення коагуляційних контактів між частинками і їх агрегатами. Наслідком руйнування контактів частинок в структурі є посилення неньютонівського характеру течії системи – перехід від в'язкопластичної до псевдопластичної рідини [8].

Як видно з отриманих даних для масло-водо-вугільних систем фізико-хімічні та експлуатаційні характеристики дозволяють використовувати їх як паливо. З огляду на доступність і відносну дешевизну вихідної сировини, такий вид палива може успішно конкурувати з традиційними видами рідкого палива.

Створення МВВЕ на основі різних відпрацьованих горючих і легкозаймистих рідин (водонафтових емульсій, нафтошламів, відпрацьованих автомобільних, турбінних, трансформаторних або інших масел) дозволить безпечно утилізувати пожежонебезпечні рідини з мінімальними антропогенними викидами в навколишнє середовище, а також одержати високоенергетичне рідке суспензійне паливо з високою теплотою згорання і стабільними реологічними властивостями протягом тривалого часу.

1. Перов М.О., Макаров В.М., Новицький І.Ю. Аналіз потреби ТЕС України в енергетичному вугіллі з урахуванням вимог до якості палива. Проблеми загальної енергетики. 2016. Вип. 3 (46). С. 40—49. Халатов А.А. Енергетика України: сучасний стан і найближчі перспективи. Вісник НАН України. 2016. № 6. С. 53—61.

2. Дмитриенко М.А., Няшина Г.С., Шлегель Н.Е., Шевырев С.А. Снижение антропогенных выбросов при сжигании углей и отходов их переработки в качестве компонентов органомоугольных суспензий. Проблемы энергетики. 2017. Вып 19. № 3-4. С. 41—52.

3. Курганкина М.А., Вершинина К.Ю., Озерова И.П., Медведев В.В. К вопросу о переходе тепловых электрических станций с традиционных топлив на органомоугольные топливные композиции. Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 9, С. 72—82.

4. Титов Е.В., Хилько С.Л. Получение и использование в энергетике экологически чистых видов альтернативных топлив на основе эмульсий и суспензий.

5. Макаров А.С. Перспективы развития и использования водоугольного топлива. Энерготехнологии и ресурсосбережения. 2018. № 2. С.3—9.

6. Пинчук В.А., Губинский М.В., Потапов Б.Б. Использование водоугольного топлива и продуктов его переработки в энергетике и металлургии. Металургійна теплотехніка: Збірник наукових праць Національної металургійної академії України. Днепропетровск: Новая идеология, 2008. С. 221—227.

7. Мурко В.И., Федяев В.И., Карпенко В.И., Дзюба Д.А. Результаты исследования вредных выбросов при сжигании суспензионного угольного топлива. Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии. 2012. Т. 5. № 5. С. 512.

8. Ходаков Г.С. Реология суспензий. Теория фазового течения и ее экспериментальное обоснование // Российский химический журнал. – 2003. Т.47. - №2. – С.33—44.