

УДК 662.475:522.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ
ПРИМЕСЕЙ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ВОДОУГОЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ

*Елишевич А. Т., Корженевская Н. Г., Самойлик В. Г.,
Хилько С. Л.*

Изучены реологические свойства водоугольных суспензий, приготовленных из углей различной зольности. Показана возможность получения на основе низкозольного угля транспортабельной суспензии с массовой концентрацией твердой фазы 67%.

Интенсивное развитие трубопроводного транспорта угля во всех развитых странах мира, начавшееся в середине 80-х годов, связано с созданием нового эффективного вида топлива — высококонцентрированной водоугольной суспензии (ВВУС). Обладая свойствами жидкого топлива (текучестью, седиментационной устойчивостью), водоугольные суспензии способны в будущем заменить в энергетике мазут и другие нефтепродукты. В связи с этим при разработке технологий приготовления ВВУС, особое внимание уделяют вопросу повышения теплоты сгорания нового вида топлива. Этот вопрос может быть решен путем снижения зольности транспортируемого угля и повышения его концентрации в водоугольной суспензии.

Снижение содержания минеральных примесей в твердой фазе ВВУС, по-видимому, также связано с изменением реологических свойств суспензии. Как известно [1], минеральные примеси (в особенности глинистые минералы) способствуют образованию коагуляционных структур в ВВУС, тем самым повышая ее седиментационную устойчивость. Кроме того, длительное контактирование этих примесей с водой сопровождается процессами набухания и высаливания, что также может сказаться на реологических параметрах ВВУС.

Таблица 1

Петрографический состав углей шахты Инская, %

Зольность угля	Чистый уголь	Минеральные примеси			
		глинистое вещество	сульфиды железа	карбонаты	кварц
15,25	89,6	10,0	—	0,2	0,2
6,1	94,5	5,3	—	0,2	—
4,0	96,4	3,4	—	0,2	—
3,25	97,2	2,6	—	—	0,2
2,51	98,4	1,4	—	0,2	—

В этой связи важно получить данные о стабильности и вязкости суспензий, приготовленных из углей с различным содержанием минеральных примесей.

В настоящей работе приведены результаты исследований ВВУС из угля марки Д (Кузнецкий бассейн, шахта Инская). Угли различной зольности были получены при помощи сухого рассева рядового угля и выборки породы. Петрографическая характеристика исследованных углей приведена в табл. 1, из которой видно, что преобладающим компонентом минеральных примесей является глинистое вещество. Глина наблюдается

в виде отдельных обломков, а также сростков с органической массой. Карбонаты представлены кальцитом и сидеритом. Кальцит заполняет трещинки в угле. Кварц и пирит встречаются редко в виде отдельных зерен и преимущественно в высокозольном угле ($A^d=15,25\%$).

С целью определения минерального состава глинистого вещества был проведен рентгеновский дифрактометрический анализ углей. На установке ДРОН УМ1 получены дифрактограммы ориентированных препаратов проб в воздушно-сухом состоянии после насыщения глицерином и прокалки при температуре 600°C в течение 2 ч. На основании этих дифрактограмм было установлено, что в состав неорганической части высокозольного угля входят каолинит и гидрослюда с примесью пакетов монтмориллонита. В остальных пробах глинистое вещество представлено в основном каолинитом.

Водоугольные суспензии готовили следующим образом. Угли различной зольности раздельно измельчали до крупности <200 мкм и классифицировали по узким классам крупности. Смешением этих классов в

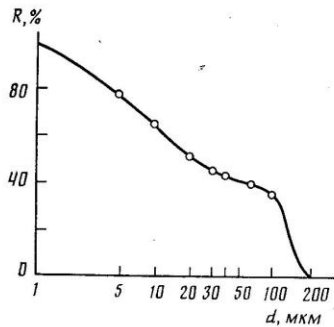


Рис. 1

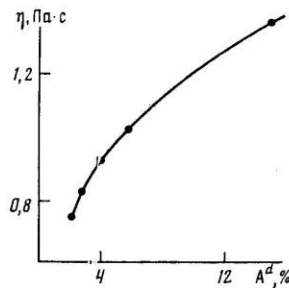


Рис. 2

Рис. 1. Гранулометрический состав исследованных проб углей

Рис. 2. Зависимость вязкости водоугольной суспензии от зольности твердой фазы при скорости 9 с^{-1}

определенной пропорции получали гранулометрический состав, аналогичный представленному на рис. 1. К навеске измельченного угля прибавляли соответствующее количество дистиллированной воды и перемешивали полученную суспензию в течение 30 мин лопастной мешалкой при скорости вращения вала 1500 об/мин. После окончания перемешивания определяли равновесное значение рН суспензии (pH_p).

Реологические исследования проводили на ротационном вискозиметре «Реотест-2» в диапазоне скоростей сдвига $0,5-437,4\text{ с}^{-1}$ при 25°C . Концентрация твердой фазы 63% .

Результаты исследований показали, что при длительном контактировании угля с водой происходит незначительное изменение реакции среды. Через 7 сут равновесное значение рН снижается с $8,02$ до $7,57$ в суспензиях из высокозольного угля ($A^d=15,25\%$) и с $7,65$ до $7,36$ в суспензиях с низкозольной ($A^d=2,51\%$) твердой фазой.

С увеличением содержания минеральных примесей в твердой фазе возрастают значения вязкости суспензии и напряжения сдвига при одинаковых скоростях деформации (рис. 2). Наиболее существенно эти различия проявляются в области минимальных скоростей сдвига.

Однако наряду с хорошей текучестью суспензии из низкозольного угля отличаются седиментационной неустойчивостью. В неподвижном состоянии они расслаиваются в течение первых суток с образованием рыхлого, подвижного осадка. Суспензии, приготовленные из высокозольного угля, характеризуются прочной коагуляционной структурой, равномерной по всему объему.

С целью определения изменения параметров ВВУС в случае длительной остановки трубопровода были сняты кривые течения исследованных суспензий через 7 сут их хранения. Имитацию сдвиговых напряжений, возникающих в трубопроводе в момент его запуска, проводили путем кратковременного перемешивания суспензии перед измерением ее вязкости. При зольности твердой фазы 2,51% полученные реологические характеристики практически совпадали с первоначальными (рис. 3). Для разрушения структуры ВВУС из высокозольного угля после 7 сут ее хранения понадобилось значительно большее напряжение сдвига, чем в начальный момент. При скорости деформации $\dot{\gamma}=9 \text{ с}^{-1}$ $\tau_7=21,5 \text{ Па}$, $\tau_0=12,4 \text{ Па}$. В области больших значений скоростей сдвига ($\dot{\gamma} \geq 81 \text{ с}^{-1}$) реологические кривые всех исследованных образцов выполаживаются, что свидетельствует о полном разрушении структуры суспензий.

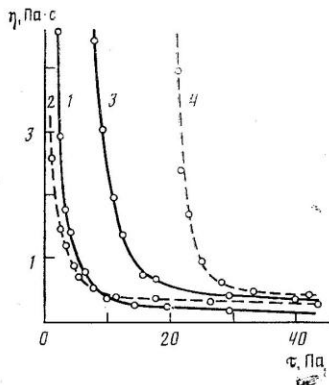


Рис. 3. Реологические кривые течения водоугольных суспензий, полученные в начальный момент (1, 3) и через 7 сут (2, 4), при зольности твердой фазы, %: 1, 2 — 2,51; 3, 4 — 15,25

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что минеральные примеси оказывают существенное влияние на реологические свойства ВВУС. Обладая повышенной дисперсностью, способностью даже при содержании их в суспензии порядка нескольких процентов образовывать коагуляционные структуры, глинистые частицы увеличивают вязкость ВВУС. Упрочнение структуры суспензии высокозольного угля в процессе ее хранения, по-видимому, связано со снижением содержания свободной жидкой фазы в объеме вследствие внутрикристаллического и капиллярного набухания глинистых минералов. В результате этого

возникает возможность сближения частиц до расстояния ближней коагуляции, что почти на два порядка увеличивает энергию и силу связи между ними по сравнению с начальным положением [2].

Удаление глинистых минералов в процессе обогащения углей способствует снижению вязкости суспензии, позволяет стабилизировать ее реологические параметры во времени. Это предопределяет возможность создания на основе обогащенных углей высококачественных водоугольных суспензий, выгодно отличающихся по своим свойствам от ВВУС из высокозольных углей.

Таблица 2

Влияние содержания минеральных примесей в твердой фазе на реологические свойства водоугольных суспензий

Зольность угля, %	Концентрация угля, мас. %	рН _p суспензии	Вязкость, Па·с		Напряжение сдвига при 9 с^{-1} , Па
			при 9 с^{-1}	структурная	
15,25	61	8,11	0,43	0,28	3,9
15,25	63	7,90	0,76	0,30	6,8
3,91	63	7,16	0,33	0,27	2,9
3,91	65	7,19	0,61	0,45	5,5
2,51	63	7,33	0,20	0,13	1,8
2,51	65	7,28	0,40	0,22	3,6
2,51	67	7,23	0,47	0,33	4,2

Промышленное освоение низкозольных ВВУС требует разработки специальных химических добавок, способствующих повышению седиментационной устойчивости и критической концентрации твердой фазы этих

суспензий. Используемые в нашей стране добавки [3, 4] эффективны только при зольности твердой фазы более 6–10%. Суспензии, полученные из низкосольных углей, при взаимодействии с этими добавками быстро расслаиваются с образованием нетранспортабельных осадков.

Синтезированная в Институте физико-органической химии и углехимии АН УССР на основе продуктов переработки бурых углей добавка — модифицированный гумат натрия оказалась наиболее эффективной при получении ВВУС из низкосольного угля. Отличие этой добавки от известных гуматов (например, УЩР) связано с изменением соотношения гидрофильных и гидрофобных центров в ее молекулах в сторону увеличения гидрофобности.

Данные реологических исследований, полученные с использованием синтезированной добавки, приведены в табл. 2. Расход модифицированного гумата во всех опытах составлял 1% от массы твердой фазы. Из табл. 2 видно, что при зольности твердой фазы 2,51% и концентрации ее в суспензии 67% значения вязкости и напряжения сдвига соответствуют требованиям, обеспечивающим эффективное транспортирование ВВУС по трубопроводу. Через 30 сут хранения эти показатели существенно не изменялись. Аналогичные результаты для суспензии из высокосольного угля удалось получить только при концентрации твердой фазы 61–63%.

ВЫВОДЫ

1. Для повышения текучести и стабилизации во времени реологических параметров ВВУС необходимо максимальное снижение зольности углей.
2. При использовании в качестве добавки модифицированного гумата натрия возможно получение транспортабельной ВВУС на основе низкосольного угля с концентрацией твердой фазы 67%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смолдырев А. Е., Сафонова Ю. К. Трубопроводный транспорт концентрированных гидросмесей. М.: Машиностроение, 1973. 208 с.
2. Полак А. Ф. Твердение мономинеральных вяжущих веществ. М.: Стройиздат, 1966. 208 с.
3. Борзов А. И., Колесникова С. М., Сикилинда Н. Г. и др. // ХТТ. 1987. № 2. С. 128–131.
4. Рукин Э. И., Горская Т. П., Десягин Г. Н. // ХТТ. 1976. № 4. С. 152–158.

Донецкий политехнический институт

Поступила в редакцию
24.XI 1987