

Шапвалов Н. А., д-р техн. наук, проф.,
 Ломаченко В. А., канд. хим. наук, доц.,
 Яшуркаева Л. И., канд. техн. наук, доц.,
 Ломаченко С. М., н.с.,
 Гребенюк А. А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ДОБАВКАМИ*

dsubway1@yandex.ru

Представлены результаты реологических исследований водных суспензий CaCO_3 , поверхность которого была первоначально модифицирована добавкой ПД-2 с суперпластификатором СБ-3. Определены реологические параметры этих суспензий. Показано, что применение последовательного комплекса ПД-2 + СБ-3 обеспечивает эффект синергизма воздействия на пластичные свойства суспензий.

Ключевые слова: пластифицирующие добавки, электролиты в суспензиях, модифицированные поверхности, реология суспензий, совместное действие различных добавок.

В последнее время в промышленности строительных материалов применяется большое количество добавок направленных на улучшение технологических свойств суспензий [1-9]. Однако мало изучено действие повторного модифицирования частиц суспензий различными по составу добавками. Поэтому нами было исследованы реологические свойства суспензий при последовательном введении добавок различного состава и строения. В качестве модельной дисперсной фазы при изучении механизма действия добавок в водных суспензиях использовали CaCO_3 ($S_{уд} = 2 \text{ м}^2/\text{г}$). Выбор был обусловлен однозначностью химического и дисперсионного состава, отсутствием заметных гидратационных процессов, а также тем, что он входит в состав промышленных дисперсий. В качестве добавок были выбраны пластифицирующая добавка ПД-2 [10] и суперпластификатор СБ-3 [11].

Влияние полученных и известных добавок на реологические свойства водных минеральных суспензий изучали на приборе "Реотест-2,1". Реологические параметры (предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 и пластическую вязкость $\eta_{пл}$) рассчитывали по зависимостям сдвигающего напряжения при различных значениях скорости сдвига (реологическим кривым). Концентрацию добавок рассчитывали в процентах на сухое вещество от массы дисперсной фазы. Добавка ПД-2 вводилась путем перетирания в шаровой мельнице.

Из реологических кривых (рис. 1) концентрированных бездобавочных суспензий видно, что они являются типичными вязкопластичными суспензиями с достаточно высокими значениями предельного напряжения сдвига и зависимостью эффективной вязкости от скорости дефор-

мации, присущей для сильно структурированных дисперсий. Введение добавки изменяет характер кривых

Как видно из рисунка, течение исходной суспензии и суспензий с добавкой достаточно хорошо описываются как уравнением Оствальда (1.1) так и уравнением Бингама (1.2).

$$\tau = k \dot{\gamma}^n \quad (1.1)$$

$$\tau = \tau_0 + \eta_{пл} \dot{\gamma} \quad (1.2)$$

Из полученных реологических кривых определяли предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 и пластическую вязкость $\eta_{пл}$, зависимости которых от количества ПД-2 представлено в таблице 1.

По мере увеличения концентрации ПД-2 характер реологического течения меняется. При достижении оптимальных дозировки 0,04% взаимодействие между частицами в суспензии, определяемое величиной предельного динамического напряжения сдвига, уменьшается в два раза, что следует из данных таблицы 1.

Таблица 1

Реологические параметры суспензии

Концентрация	Предельное динамическое напряжение сдвига, τ_0 , Па	Пластическая вязкость, $\eta_{пл}$, Пас
0	26,6	0,09
0,02	22,7	0,06
0,04	21,4	0,04
0,06	20,9	0,03
0,08	20,8	0,02
0,1	20,7	0,02

Пластическая вязкость также вначале значительно уменьшается, но затем достигает определенного минимального значения, причем выход на минимум коррелирует с концентрацией ПД-2, при котором τ_0 становится минималь-

ным. Уменьшение пластической вязкости связано в первую очередь с высвобождением иммобилизованной воды и увеличением, в связи с этим, относительного содержания дисперсионной среды. Увеличение толщины водных прослоек между частицами приводит к уменьшению трения между движущимися слоями и падению пластической вязкости.

Поскольку величина предельного динамического напряжения сдвига концентрированной суспензии обуславливается совокупностью сил сцепления частиц в местах их контакта с жидкостью, из полученных данных следует, что применение предложенной добавки приводит к лиофилизации поверхности частиц. Последнее подтверждается данными по измерению краевых углов смачивания: увеличение концентрации добавки до 1% приводит к уменьшению краевого угла смачивания на 15%.

На второй стадии из частиц мела с предварительно модифицированной ПД-2 поверхностью готовили водные суспензии с добавлением СБ-3. Измеряли реологические зависимости на ротационном вискозиметре Реотест-2.1 и рассчитывали реологические характеристики суспензий. В качестве сравнения использовали суспензии с немодифицированным мелом, а также с традиционно применяемой стандартной пластифицирующей добавкой С-3.

Ход реологических кривых носил характер аналогичный представленному на рисунке 1, т.е. суспензии ведут себя первоначально как твердообразные вязкопластичные жидкости. С увеличением количества добавки и достижения оптимальных значений при концентрациях 0,15% предельное динамическое напряжение сдвига суспензий приближается практически к нулю. Суспензия ведет себя как ньютоновская жидкость. Последнее означает, что добавка практически устраняет взаимодействие между частицами, за которые и отвечает значение предельного динамического напряжения сдвига. Результаты сравнения реологических параметров суспензий для частиц с различной поверхностью и различными добавками приведены на рисунках 2 и 3.

Как видно из рисунков для мела с поверхностью предварительно модифицированной ПД-2 минимальные значения предельного динамического напряжения сдвига и пластической вязкости наступают при меньших концентрациях добавки.

Таким образом, применение последовательного комплекса ПД-2 + СБ-3 обеспечивает эффект синергизма воздействия на пластичные свойства суспензий.

Величина предельного напряжения сдвига концентрированных суспензий обуславливается совокупностью сил сцепления частиц в местах их контакта друг с другом: прочностью P индивидуальных контактов между частицами и их числом α на единицу поверхности. В этом приближении $\tau_0 = P \alpha$, где величина α определяется размером частиц и плотностью упаковки, и при введении добавки изменяется только в определенных пределах за счет протекания процессов пептизации или коагуляции. Отсюда следует, что уменьшение предельного напряжения сдвига практически до нуля при оптимальных дозировках добавки обусловлено падением прочности индивидуального контакта до значений, сравнимых с энергией теплового движения.

Адсорбция СБ-3 на частицах мела приводит к снижению энергии коагуляционного контакта до энергии теплового движения и уменьшению предельного напряжения сдвига практически до нуля.

Уменьшение пластической вязкости связано в первую очередь с высвобождением иммобилизованной воды и увеличением, в связи с этим, относительного содержания дисперсионной среды. Увеличение толщины водных прослоек между частицами приводит к уменьшению трения между движущимися слоями и падению пластической вязкости.

**Работа выполнена в рамках г/б НИР № 3-11/12 «Развитие теории регулирования реологических свойств и агрегативной устойчивости концентрированных минеральных суспензий» по проекту № 7.4430.2011 от 01.01.12 г.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Слюсарь А.А., Слюсарь О.А., Ефимов К.А. Пластификатор на основе флороглюцина как разжижающая добавка для полиминеральных суспензий // Известия высших учебных заведений. Строительство 2006. №6. С. 39-42.
2. Ломаченко В.А., Яшуркаева Л.И., Яшуркаев О.В. Изучение адсорбционных и реологических свойств сырьевых материалов с добавкой СБ-3 // Успехи современного естествознания. 2008. №9. С. 123-124.
3. Ячеистые бетоны с суперпластификатором СБ-3 / Н.А. Шаповалов, В.А. Ломаченко, Л.И. Яшуркаева, О.В. Яшуркаев // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 33-35.
4. Слюсарь А.А., Полуэктова В.А. Механизм пластификации минеральных суспензий оксифенольными олигомерами // Строительные материалы. 2009. №2. С. 17-19.

5. Назарова В.В., Кудеярова Н.П., Шиманская М.С. Реология меловых суспензий. // Строительные материалы. 2011. №9. С.39-42.

6. Влияние СБ-3 и комплексных добавок на агрегативную и седиментационную устойчивость цементных суспензий / Н.А. Шаповалов, В.А. Ломаченко, Д.В. Ломаченко, Л.И. Яшуркаева, А.А. Гребенюк // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2012. №4. С. 156-158.

7. Ломаченко Д.В., Кудеярова Н.П. Коллоидно-химические свойства вяжущих с добавкой на основе отхода производства резорцина: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 72 С.

8. Панова О.А., Ивлева И.А., Беседин П.В. Исследование структурно-реологических свойств суспензий различного минералогического состава в присутствии углещелочного реа-

гента // Цемент и его применение. 2012. № 5. 4 С.

9. Ломаченко Д.В., Шаповалов Н.А. Регулирование реологических свойств цементных шламов с использованием отходов горнообогатительных производств // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. №2. С. 141-143.

10. Яшуркаев О.В. Влияние ПБ-2 на реологические свойства водных минеральных суспензий // Международная научно-практическая конференция «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии» изд-во БГТУ, Белгород. 2005. С.148-149.

11. Ломаченко В.А. Суперпластификатор для бетонов СБ-3 // Физико-химия строительных материалов: сб. науч.тр. – М.: МИСИ, БТИСМ, 1983. С.6-12.