

Литература

1. Voskamp W., Risseuw P. Method to Establish the Maximum Allowable Load under Working Conditions of Polyester Reinforcing Fabric. Geotextiles and Geomembranes. 1987. Vol. 6. № 1-3. P.173-184.
2. Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. М., Наука. 1977. 383 С.
3. Suvorova J.V. The influence of Time and Temperature on the reinforced plastic strength. In book: Failure Mechanics of Composites. Amsterdam. North-Holland. 1985. V.3. P.177-214.
4. Суворова Ю.В., Алексеева С.И. Инженерные приложения модели наследственного типа к описанию нелинейного поведения полимеров и композитов с полимерной матрицей. Заводская лаборатория, 2000. Т.66. №5. С.47-51.
5. Ашпиз Е.С., Сорина Т.Г., Суворова Ю.В. Прогнозирование долговечности геосинтетических материалов. В сб.: Внедрение опыта прикладных перспективных технологий авиастроения в промышленности и на транспорте. Москва. Труды НПП «Прикладные перспективные технологии – АпАТЭК». 2001. С. 141-146.
6. Суворова Ю.В., Викторова И.В., Машинская Г.П., Финогенов Г.Н., Васильев А.Е. Исследование поведения органопласта при различных режимах нагружения и температур. Машиноведение. 1980. № 2. С.67-71.
7. Суворова Ю.В., Васильев А.Е., Машинская Г.П., Финогенов Г.Н. Исследование процессов деформирования органотекстолитов. Механика композитных материалов. 1980. № 3. С.538-540.
8. Суворова Ю.В., Павлов А.П. Прогнозирование ползучести и длительной прочности геосинтетических материалов с помощью модели наследственного типа. Проблемы машиностроения и автоматизации. 2003. №2. С.52-57.

РЕОЛОГИЯ СМЕШАННЫХ ДИСПЕРСИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОШКОВ И ЛАТЕКСОВ, СОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУРООБРАЗУЮЩИЕ ДОБАВКИ

Кошевар В. Д., Кажуро И. П.

Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, 220072, г. Минск, ул.

Сурганова, д. 9

e-mail: koshevar@igic.bas-net.by

При создании рецептур воднодисперсионных лакокрасочных материалов (ВД ЛКМ) часто прибегают к применению различного типа реологических добавок, что позволяет управлять седиментационной и агрегативной устойчивостью и структурно-реологическими параметрами композиции [1]. Однако ввиду отсутствия систематических исследований по влиянию химической природы структурирующих агентов, концентраций их в составе ВД ЛКМ на реологическое поведение этих сложных систем подбор добавок к тому или иному составу осуществляется зачастую методом «проб и ошибок». Также весьма мало данных, содержащих информацию о возможности применения известных реологических уравнений состояния для описания реальных лакокрасочных систем [2].

В работе ставилось целью провести сравнительное исследование влияния химической природы и концентраций широко представленных на рынке коммерческих структурообразующих агентов на реологические параметры систем и дать оценку применимости для их описания некоторых известных реологических уравнений. С целью получения результатов важных для практики в качестве реального объекта была выбрана дисперсная система, являющаяся базовой для водно-дисперсионной антикоррозионной грунтовки [3].

В качестве реологических добавок применяли: гидрофобно-модифицированный сложный уретановый сополимер на основе оксида этилена Акрисол RM 2020 с ньютоновской реологией и акриловый сополимер Акрисол ГТ 935 (ROHM and HAAS, Англия) с псевдопластичной реологией. Исследуемые композиции получали смешиванием пленкообразователя с преддиспергированной пигментной частью состава [3] и последующим введением реологических добавок с концентрациями в диапазоне 0,15-1,0. Динамическую вязкость определяли на реометре «Physika MCR 101» (Anton Paar, Австрия) с программным обеспечением «Rheoplus» и использованием системы пластина-пластина с зазором между ними 0,05 мм (температура измерения - $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$).

Проанализированы зависимости эффективной вязкости (η) и напряжения сдвига (τ) от скорости деформации (D), которой подвергались исследуемые системы с фиксируемым содержанием реологических добавок (0,7%), минеральной части (33 об.%) и переменной концентрацией латексов (30-60 об. %). Из общего анализа реологических кривых следует, что данные системы проявляют свойства вязкопластичных неньютоновских жидких сред с относительно невысокой прочностью и наличием условного статического предела текучести $\tau_{k1} > 0$ (ползучести). Величина τ_{k1} существенно зависит от объемной доли латекса (изменяясь симбатно), что свидетельствует об интенсификации процесса структурообразования с её увеличением.

Для добавки RM 2020 в интервале изменений концентраций латекса 30-60% τ_{k1} возрастает от 0,5 до 120 Па. Снижение эффективной вязкости с ростом скорости деформации (напряжения) сдвига обусловлено, по аналогии с известными системами [2, 4], ориентацией агрегатов частиц вдоль направления потока (движение из хаотичного превращается в упорядоченное), разрушением агрегатов частиц на более мелкие.

Формально описание таких реологических кривых можно провести, используя модель Шведова-Бингама [5]. В частности, с этой целью может быть использовано уравнение Шведова

$$\eta_{ш}^* = (\tau - \tau_{k1})/D,$$

где $\eta_{ш}^*$ - наибольшая пластическая вязкость Шведова, τ_{k1} - статический предел текучести, τ - действующее напряжение сдвига, из которого $\tau = \tau_{k1} + \eta_{ш}^* D$, или упрощенное Бингамом уравнение пластично-вязкого течения с τ_{k2} (условным динамическим пределом текучести) и наименьшей бингамовской пластической вязкостью η_B^* . ($\tau_{k2} > \tau_{k1}$) $\tau = \tau_{k2} + \eta_B^* D$.

Из расчетных данных следует, что с ростом концентрации структурирующих добавок и объемной доли латекса наблюдается заметный рост предела текучести τ_{k2} , свидетельствующий о повышении прочности образующихся структур. Об этом также говорит увеличение значения критерия $(\eta_0 - \eta_m)$, наибольшей пластической вязкости Шведова (η_0^*) и пластической вязкости Бингама.

Иную картину наблюдали в композициях, содержащих реологическую добавку ГТ 935. Для придания текучести системам, содержащим ГТ 935 также необходимо превысить напряжение сдвига больше некоторого критического τ_{k1} , причем с увели-

чением концентрации латексов предел статического напряжения сдвига (предел ползучести) возрастает еще более значительно - от 20 до 350 Па. Далее с ростом τ практически для всех составов наступает такое течение (в интервале скоростей - 100 - 3000 с^{-1}), которое уже не требует дальнейшего заметного повышения интенсивности механического воздействия. Оно осуществляется при почти постоянном τ (система ползет). Для описания этих реологических кривых модель Шведова-Бингама неприменима. Наличие такой зависимости τ от D становится понятным, если условно разделить общее напряжение сдвига на структурную (не зависящую от D) и вязкую составляющие и использовать для описания известное уравнение Гершеля-Балкли [6]:

$$\tau = \tau_0 + \Phi D^{m-1} D + \eta_B D_\infty$$

где $\tau = \tau_0$ при $D=0$; Φ - пластическая (структурная) вязкость, которая определяется как $\tau = \tau_0$ при $D = 1$ и η_∞ при $D \rightarrow \infty$, где η_∞ - предельная вязкость системы, совпадающая с вязкостью среды. С использованием зависимостей η от D для обеих структурообразующих добавок были определены эффективные вязкости при $D = 630 \text{ с}^{-1}$ и получены зависимости η от объемной доли латексов. Эти зависимости не подчиняются уравнению Эйнштейна, предсказывающему увеличение вязкости пропорционально объемной доле дисперсной фазы. Характер зависимостей τ от D , например, для дисперсий, содержащих ТТ 935, и η от ϕ , может быть описан с применением обобщенной модели Кэссона [4, 7]. Исходя из уравнения Кэссона, значение эффективной вязкости при предельно высоких скоростях сдвига описывается формулой $\eta_\infty = \eta_0 [1/1 - K\Phi]^{A^*}$, где η_∞ - вязкость при предельно высоких скоростях сдвига, η_0 - вязкость при $D \rightarrow 0$, K и A^* - коэффициенты, связанные с гидродинамическим воздействием отдельных частиц; для латекса $A^*=1,7$; $K=1,6$. Величины η_0 и η_∞ определяли, используя зависимости η от D . Получена общая теоретическая кривая для относительной вязкости $\eta_\infty(\Phi)$, хорошо описывающая данные как в области ньютоновского течения η_N , так и области неньютоновского течения η_C .

В условиях непрерывного сдвигового деформирования при низких скоростях деформации ($5-20 \text{ с}^{-1}$) в исследуемых системах, содержащих добавку ТТ 935, обнаружен разрыв сплошности, означающий [8], что дальнейшее разрушение структуры и снижение эффективной вязкости носит не объемный (изотропный), а местный (локальный) характер (т.е. предельное разрушение локализовано в зоне разрыва сплошности).

Таким образом, смешанные дисперсии минеральных веществ и латексов, содержащие реологическую добавку с ньютоновским характером течения, представляют собой вязко-пластичные системы невысокой прочности, характеризующиеся предельными статическим и динамическим напряжениями сдвига. Их реологические кривые могут быть описаны с применением обобщенного уравнения Шведова-Бингама. В режимах сдвиговой деформации от 0,1 до 3000 с^{-1} вязкость их близка к вязкости предельно разрушенной структуры а их состояние - к изотропному, что позволяет прогнозировать получение на типовом оборудовании качественного состава ЛКМ.

Сделана попытка применить для объяснения реологических кривых систем, включающих добавку ТТ 935 с квазипластичной реологией, не подчиняющихся модели Шведова-Бингама, известные представления Гершеля-Балкли и обобщенное уравнение Кэссона для эффективной вязкости при предельно высоких скоростях сдвига.

Из-за возможного разрыва сплошности реологических систем с добавкой ТТ 935, происходящего при очень низких скоростях сдвиговой деформации, маловероятно

ятно достижение предельного изотропного разрушения структуры при значительных градиентах скорости. На практике это означает, что энергетически затруднен процесс разрушения агрегатов частиц и их равномерного распределения по объему дисперсионной среды.

Литература

1. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Под ред. У. Цоррля – М.: Пэйнт-Медиа, 2004. – 548 с.
2. Бирик Е.Е. Уравнения реологии концентрированных суспензий // ЖПХ - 2005. - Т. 78. - № 2. – С. 219-223.
3. Кажуро И.П., Кошевар В.Д., Бычко Г.В. Водно-дисперсионная антикоррозионная грунтовка. Патент № 13631 Беларусь, МПК С 09 D. Заявл. 06.02.2009, опубл. 23.06.2010
4. Матвеев В.Н., Кирсанов Е.А., Ремизов С.В. Реология структурированных дисперсных систем // Вестн. моск. ун-та. Сер. 2. Химия – 2006. - Т. 47 - № 6. – С. 393-397.
5. Щукин Е.Д, Перцов А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия. – Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 352 с.
6. Мельников В.Г. Реологические уравнения состояния пластичных смазок // Мир нефтепродуктов. – 2009, № 6. – С. 20-25.
7. Кирсанов Е.А., Ремизов С.В., Новоселова Н.В., Матвеев В.Н. Физический смысл реологических коэффициентов в обобщенной модели Кэссона // Вестн. моск. ун-та. Сер. 2. Химия. – 2007. – Т. 48, № 1. – С. 22-26.
8. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. – М.: Химия, 1980. – 320 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ, ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА И СВОЙСТВ НОВОГО КЛАССА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЛЕГИРОВАННОГО ПРИМЕСЯМИ НИТРИДА ТИТАНА, НАНЕСЕННЫХ МЕТОДОМ КОНТРОЛИРУЕМОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Бурмаков А.П.¹, Комаров Ф.Ф.¹, Константинов С.А.¹, Пилько В.В.¹,
Пилько В.В.²

¹Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

²Объединенный институт энергетических и ядерных исследований «Сосны»
НАН Беларуси, Минск, Беларусь

Использование интенсивных корпускулярных потоков в настоящее время обеспечивает осуществление целенаправленной модификации свойств поверхностного слоя основных конструкционных металлов и сплавов, а также позволяет создавать на их поверхности новые наноструктурированные слоистые структуры с уникальными параметрами [1]. На широком классе металлов, сплавов и изделий из них продемонстрировано существенное улучшение таких эксплуатационных характеристик, как коэффициент трения, износостойкость, коррозионная и термическая стойкость при уменьшении размера зерна покрытия.