УДК 532.135

DOI 10.31554/978-5-7925-0544-5-2018-16-21

Е.Д. Намдакова, Д.Ж. Намдаков, Б.Б. Бадмаев

Лаборатория физики молекулярных структур, ИФМ СО РАН

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОРЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЯЧЕЙКА ДЛЯ ВИСКОЗИМЕТРА RHEOTEST 2

Электрореологический эффект (ЭРЭ) или мгновенное управляемое обратимое возрастание (снижение) реологических свойств (например, вязкости) во всем объеме системы («умном» материале) или в локальном месте – приповерхностном слое («умной» поверхности) может найти практическое применение в широком круге устройств в разных отраслях техники (управляемых муфтах, демпферах, жидкостных насосах, защитной спецодежде, судовых и подводных аппаратах, в водяных прямоходных двигателях, в энергетических установках и других). В этих устройствах нужно создать электроуправляемые элементы или чередующие элементы (по принципу «бегущей» волны), обладающие эффектом управляемого возрастания (уменьшения) реологических свойств во всем объеме («умном» материале) или в узком приповерхностном слое («умной» поверхности) указанного элемента.

Для создания таких «умных» материалов или «умной» поверхности надо решить материаловедческую задачу - установить влияние состава материала, технологии получения дисперсной системы, структуры дисперсной системы на ее реологическое состояние и величины реологических параметров [2] и поставить реологический эксперимент. Необходимо опытным путем установить, как ведет себя материал под нагрузкой в электрическом поле на специальных приборах, называемых электровискозиметрами [5-7] или, в отсутствие таких приборов, на приставках с подводом электричества к обычным вискозиметрам (назовем электроприставки – ЭП). Специально для вискозиметра RHEOTEST 2 были изготовлены ЭП, электрически изолированные от основного прибора, обеспечивающие подвод электрического напряжения к ротору и статору и однородное электрическое поле в рабочем пространстве между ними.

ЭП – прибор-приставка для измерения реологических параметров дисперсных систем в электрическом поле, который должен обеспечивать:

- однородность внешнего поля в рабочем зазоре прибора;
- однородность электрической поляризации по всему объему исследуемой системы;
- соблюдение определенной взаимной ориентации внешнего поля, направления течения и градиента скорости течения.

Чтобы удовлетворять вышеперечисленным требованиям ЭП должны быть, как правило, непроточного типа [4].

Конструирование ЭП к вискозиметру RHEOTEST 2 по классическим схемам затруднено в связи с необходимостью вводить скользящий контакт для подвода напряжения. Были изготовлены два варианта приставки ЭП1 и ЭП2.

ЭП1 – прибор с тонкостенным вращающимся ротором и неподвижным сосудом (рис.1). Такая приставка, хотя и обладает некоторыми недостатками, конструктивно проще, т.к. внутренний цилиндр или ротор служит датчиком величины крутящего момента. Его величина измеряется по деформации (углу закручивания) упругого элемента (спирального торсиона), через который на ротор передается вращательное движение. В такой приставке проще организовать термостатирование неподвижного стакана (внешнего цилиндра) с исследуемым материалом [4].

Рис. 1. Схема ЭП1 к ротационному вискозиметру RHEOTEST 2.

В приборе с тонкостенным ротором, размещенным в зазоре между двумя массивными коаксиальными цилиндрами, исследуемая дисперсная система находится в двух кольцевых зазорах одинаковой толщины (рис.1).

Измерительный вращающийся цилиндр (4) закреплен на шпинделе прибора через изолятор (1), подшипник, на который подается электрический ток (2), проводящую металлическую ось (3) и опущен в щель неподвижного сосуда (6) с суспензией (5). Разность потенциалов U подана между подшипником (2) и сосудом (6).

Ротационный ЭП2 с дисками-электродами – это приставка, обеспечивающая однородность электрического поля в рабочем пространстве вискозиметра – зазоре между параллельными дисками – электродами ротором и статором пригодна для исследования при низких скоростях вращения ротора, так как при высоких скоростях возникает радиальное течение суспензии под действием центробежных сил. Кроме того, как сказано выше, проявляется и общий недостаток всех ротационных вискозиметров с плоской донной частью внутреннего цилиндра, выполняющего функцию ротора или статора – непостоянство деформации (Рис. 3).

Рис. 2. Приставка ЭП1. Показан внутренний тонкостенный ротор, соединенный со шпинделем прибора через трубку полиметилакрилата, без неподвижного стакана – статора.

Рис. 3. Схема измерительной ячейки ЭП2:

1 – изолятор; 2 – скользящий контакт для подачи напряжения на вращающийся дисковый электрод; 3 – проводящая металлическая ось; 4 – электроореологическая жидкость; 5 – вращающийся дисковый электрод; 6 – стационарный дисковый электрод; 7 – ячейка-контейнер.

Ячейки вискозиметров (рис. 2, рис. 4.) выполнены из полиметилметакрилата, электрически изолирующего электродную систему от привода вискозиметра и его измерительной части.

Рис. 4. Приставка ЭП2.

Представленный на рисунке ротационный вискозиметр состоит из двух дисковых электродов: верхнего – вращающегося и нижнего – стационарного. При вращении верхнего дискового

электрода дисперсная среда тормозится нижним электродом. Усилие, с которым начинает вращаться нижний электрод позволяет измерить вязкость. Верхний диск соединен с валом вискозиметра через изолятор (изолятор нужен для того, чтобы не сгорел двигатель). Как и в первом случае, конструктивно проще приборы, у которых вращается верхний диск, обычно служащий и датчиком величины крутящего момента.

Заключение

Кроме ротационных приставок ЭП1 и ЭП2 были изготовлены два электровискозиметра самостоятельного применения, имеющие плоские каналы.

Первый – электровискозиметр состоит из пары пластин – электродов неподвижной и подвижной, между которыми имеется плоскопараллельный зазор определенной ширины h . Материал – дисперсная система – помещается в этот зазор и находится в однородном электрическом поле и подвергается деформированию путем перемещения одной пластины – электрода относительно другой при постоянстве h . Скорость деформации системы $\varepsilon = v/h$, где v – скорость перемещения подвижной пластины. Данный прибор лишен недостатков ротационных приставок ЭП1 и ЭП2.

Второй – плоский капиллярный электровискозиметр, который может быть использован для изучения свойств электро- и магнитореологических материалов. Особенностью прибора этого типа является наличие капилляра – зазора между электродами, устройства для измерения расхода или объема жидкости и системы, обеспечивающей создание гидростатического давления [5–9].

Описание указанных приборов и результаты экспериментов на них представляют тему для следующего выступления.

Список литературы

1. Бадмаев Б.Б., Дембелова Т.С., Дамдинов Б.Б. Вязкоупругие свойства полимерных жидкостей. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ, 2013. – 190 с.
2. Базарон У.Б. Низкочастотная сдвиговая упругость жидкостей – Улан-Удэ: Изд-во БНЦ, 2000. – 166 с.

3. Дамдинов Б.Б. Сдвиговые вязкоупругие свойства жидкостей – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2011. – 132 с.
4. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия. С. – Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. – 838 с.
5. Савиных Б.В., Зарипов Р.Н., Усманов А.Г. Влияние электрических полей на динамическую вязкость диэлектрических жидкостей. ИФЖ. 1983. 45, №6, с.926 – 968.
6. Остапенко А.А. Влияние электрического поля на вязкость жидких диэлектриков. ЖТФ, 1998, 68, №6, с. 40 – 43.
7. Нефедова Т.А. Электрореологический эффект в суспензиях наноструктурированных кремнеземов. Автореферат дис. на соискание уч. ст. к.х.н. Иваново, 2008.
8. Толстой Н.А., Спартаков А.А. Электрооптика и магнитооптика дисперсных систем. С. – Пб.: Изд-во С. – ПбГУ. 224 с.
9. Намдакова Е.Д. Прибор для определения электрореологических свойств дисперсных систем.
10. Семенов Н.А. Реология и механика электроуправляемых наносуспензий на основе полиимидов. Автореферат дис. на соискание уч. ст. к.т.н. Москва, 2013.