

В соответствии с современными представлениями механизм реологической дилатансии заключается в следующем. В области малых сдвиговых напряжений частицы могут легко перемещаться друг относительно друга, поскольку их перекрывающиеся поверхностные слои вызывают отталкивание частиц и играют роль своеобразной смазки. Перемещению частиц также способствует наличие в пространственной структуре дефектов (вакансий). В результате при небольших значениях P эффективная вязкость системы остается невысокой. При увеличении сдвиговых напряжений регулярная структура превращается в неупорядоченную. При такой перестройке структуры в системе возникают высокие локальные напряжения, под действием которых преодолевается сопротивление поверхностных слоев, и между частицами формируются атомные контакты. Происходит так называемая вынужденная лиофобизация частиц. Число таких контактов возрастает с увеличением нагрузки, обуславливая возникновение структурной сетки, сопротивляющейся деформированию системы. После снятия нагрузки исходная регулярная структура быстро восстанавливается в результате взаимного отталкивания поверхностных слоев.

Работа 29

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ СТРУКТУРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ КАПИЛЛЯРНОГО ВИСКОЗИМЕТРА

Цель работы:

получение кривых течения для ньютоновской жидкости (воды) и неньютоновской жидкости; определение предельного напряжения сдвига и вязкости растворов полимера; построение графиков зависимости вязкости от нагрузки.

Реологические методы и приборы подразделяют на интегральные и дифференциальные с учетом «однородности» и «неоднородности» полей напряжений и деформаций.

Дифференциальные методы дают возможность исследовать непосредственно изменение деформации во времени в каждой точке системы при ее течении, т. е. установить поле деформаций и скоростей деформаций, а иногда и поле напряжений. К таким методам относятся микрокиносъемка процессов течения, рентгеновское просвечивание и др. Интегральные методы позволяют наблюдать суммарный эффект течения. К наиболее применяемым интегральным методам, при которых проявляется неоднородность полей напряже-

ний и деформаций, относится капиллярная вискозиметрия, метод внедрения конуса, метод падения шарика.

Капиллярные вискозиметры используют для исследования реологических свойств относительно невязких жидкостей. Разработано большое число конструкций капиллярных вискозиметров. Одним из них является вискозиметр Уббелодде (рис. VI.11).

Вискозиметр Уббелодде представляет собой U-образную трубку с расположенными на одном уровне небольшими резервуарами (шариками) одинакового объема. В одно из колен впаян капилляр, через который исследуемая жидкость под давлением перетекает из одного шарика в другой. Измерение с помощью капиллярного вискозиметра сводится к определению времени вытекания жидкости через капилляр с известными геометрическими параметрами. При стационарном ламинарном течении жидкости вязкость рассчитывают по уравнению Пуазейля (получаемому путем интегрирования уравнения Ньютона):

$$\frac{V}{\tau} = \frac{\pi r^4 \Delta p}{8 \eta l}, \quad (\text{VI.9})$$

где V — объем жидкости, вытекающей из капилляра радиусом r и длиной l за время τ ; Δp — разность давлений на концах капилляра; η — вязкость (динамическая) жидкости.

При работе с вискозиметром Уббелодде объем вытекающей жидкости (равный объему шарика) постоянен. Поэтому при расчетах можно использовать уравнение Пуазейля в более простом виде:

$$\frac{l}{\tau} = k \frac{\Delta p}{\eta}, \quad (\text{VI.10})$$

где k — константа, характерная для данного вискозиметра.

Измерение вязкости методом капиллярной вискозиметрии проводят с помощью установки, схема которой приведена на рис. VI.12. Порядок работы на ней следующий. В тщательно вымытый вискозиметр с помощью воронки, вставленной в левое колено, наливают исследуемую жидкость. Жидкость наливают в таком количестве, чтобы ее уровень доходил примерно до середины шариков. Жидкость в правый шарик прокачивают с помощью резиновой груши. После этого воронку вынимают и вискозиметр помещают в термостат.

После термостатирования на левое колено вискозиметра надевают резиновую трубку и соединяют его с системой разрежения, как

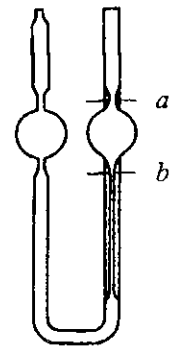


Рис. VI.11. Вискозиметр Уббелодде

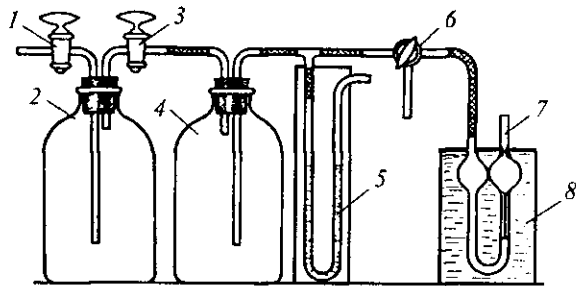


Рис. VI.12. Схема установки для измерения вязкости с помощью капиллярного вискозиметра:

1, 3 — двухходовые краны; 2 — ресивер; 4 — моностат; 5 — манометр; 6 — трехходовой кран; 7 — вискозиметр; 8 — термостат

это показано на рис. VI.12. В системе создают требуемое разрежение, для чего используют вакуумный насос. Предварительно проверяют положение кранов установки: краны 1 и 3 должны быть закрыты, а кран 6 находится в положении «вакуум» (вискозиметр соединен с атмосферой). Включают насос (на рис. VI.12 не показан), открывают кран 1 и в системе создают требуемое давление, которое контролируют по манометру 5 (давление регулируют с помощью крана 3). Давление можно снизить, поворачивая трехходовой кран 6 в положение «атмосфера». Установив нужное давление, краны 1 и 3 закрывают, а насос выключают.

С помощью резиновой груши засасывают жидкость в вискозиметре выше отметки *a* в правом колене (см. рис. VI.11), а трубку, надетую на это колено, зажимают пальцами. Переводят кран 6 в положение «вискозиметр» (при этом вискозиметр соединяется с системой вакуума) и тут же разжимают резиновую трубку. Жидкость при этом перетекает из правого колена вискозиметра в левое. По секундомеру фиксируют время, в течение которого жидкость проходит расстояние от верхней отметки *a* до нижней отметки *b*, т. е. определяют время истечения постоянного объема жидкости *V* через капилляр вискозиметра.

После прохождения уровня жидкости через отметку *b* кран 6 переводят в положение «вакуум», в противном случае жидкость из вискозиметра попадает в вакуумную систему.

Порядок выполнения работы

Для проведения работы необходимы:

- установка для измерения вязкости;
- секундомер;
- воронка;

- резиновая груша;
- раствор полимера (например, желатины) или гидрозоль (например, $\text{Fe}(\text{OH})_3$).

Вискозиметр заполняют дистиллированной водой и определяют время истечения τ при давлении 50–60 см столба манометрической жидкости. Далее проводят измерения при других давлениях, уменьшая его каждый раз примерно на 5 см столба жидкости (всего проводят 7–8 измерений).

Аналогичные измерения проводят для растворов полимера (гидрозолей), только для них измерения следует начинать с наименьших давлений (~10–15 см столба манометрической жидкости).

После окончания работы вискозиметр промывают дистиллированной водой с помощью водоструйного насоса. Полученные результаты записывают в таблицу (табл. VI.1).

Таблица VI.1. Результаты измерения времени истечения с помощью капиллярного вискозиметра

Вода			Раствор полимера (гидрозоль)			
Δp , Па	τ , с	$1/\tau$, с ⁻¹	Δp , Па	τ , с	$1/\tau$, с ⁻¹	η , Па·с

По данным табл. VI.1 строят кривые течения для воды и раствора полимера (или гидрозоля) в координатах $1/\tau - \Delta p$ и находят для раствора полимера (или гидрозоля) предельное напряжение сдвига по Бингаму P_T (в H/m^2). Используя справочные данные о вязкости воды (см. таблицу I в приложении), по тангенсу угла наклона кривой течения для нее находят константу k в уравнении (VI.10) и по этому уравнению рассчитывают значения η раствора полимера (или гидрозоля) как функцию Δp . Для раствора полимера (или гидрозоля) строят графики в координатах $\eta - \Delta p$.

Работа 30

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВЫСОКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ СУСПЕНЗИЙ С ПОМОЩЬЮ РОТАЦИОННОГО ВИСКОЗИМЕТРА

Цель работы:

изучение реологических свойств высококонцентрированных суспензий пылевидного кварца при помощи ротационного вискозиметра; построение кривых течения и