

Л и т е р а т у р а

1. Breczko T.W. sprawie pewnego zalozenia o stalosci tempe ratury w lozysku slizgowym, Rozpr. Inzyn., 24,3. 1976. 2. Stasiak J.M. Rozklad cisniania i nośność hydrodynamiczna w lozysku z panewka perycykloidalna. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, 2,1975. 3. Kaniewski W., Stasiak M. Rozklad cisnienia w lozysku z panewka perycykloidalna. Zesz. Nauk. PL., Mechanika, 37,1937. 4. Breczko T. Pewne aspekty obliczania poprzecznego hydrodynamicznych lozysk slizgowych, Rozpr. Inzyn., 23, 3,1975.

УДК 532.135.001.5

С.В. Несенчук, канд.техн.наук

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ С ПЕРЕМЕННЫМИ РЕОЛОГИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Изучение систем, реологические параметры которых изменяются во времени и зависят от других факторов, имеет свои особенности. Представляется удобным исследование таких систем с использованием ротационного вискозиметра [1] с осциллографической записью механического момента на внутреннем вращающемся цилиндре.

Угловая скорость вращения внутреннего цилиндра вискозиметра постоянна, изменяется только величина зазора δ между цилиндрами. Таким образом, в процессе опытов измеряется зависимость между напряжением сдвига τ на внутреннем цилиндре радиусом r и зазором δ .

Искомое реологическое уравнение состояния исследуемой системы представляется в виде ряда

$$\frac{1}{\eta_*} = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} a_i \tau^i, \quad (1)$$

где η_* - эффективная вязкость.

При обработке экспериментальных данных, полученных при исследовании пластрасктора, приготовленного по уже описанному способу [2], было установлено, что удовлетворяется достаточная точность, если использовать уравнение, содержащее только два слагаемых,

$$\frac{1}{\eta_*} = \frac{a}{\tau} + b \tau . \quad (2)$$

Для нахождения коэффициентов a и b применяются результаты измерения момента при двух значениях зазора δ между цилиндрами. Остальные значения момента используются для проверки применимости приближения (2) в пределах точности измерения, обусловленного точностью самого вискозиметра.

В ротационном вискозиметре между напряжением сдвига и расстоянием до оси цилиндра r существует зависимость

$$\tau = \frac{M}{2\pi H r^2} \quad (3)$$

и поэтому основное уравнение, определяющее эффективную вязкость

$$\tau = \eta_* r \frac{d\omega}{dr} , \quad (4)$$

может быть записано в форме

$$\eta_* = - \frac{1}{2} \frac{d\tau}{d\omega} . \quad (5)$$

Если уравнение (5) проинтегрировать, то угловая скорость вращения внутреннего цилиндра вискозиметра (при неподвижном внешнем) получится равной

$$\omega = - \frac{1}{2} \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{d\tau}{\eta_*} , \quad (6)$$

где τ_2 - напряжение на внутренней поверхности внешнего цилиндра, $\tau_1 = \frac{M}{2\pi H (r + \delta)^2}$.

Если вместо эффективной вязкости η_* подставить ее выражение из формулы (2), то получается уравнение

$$\omega = \frac{1}{2} \left[a \ln \frac{\tau_1}{\tau_2} + \frac{b}{2} (\tau_1^2 - \tau_2^2) \right] . \quad (7)$$

Подставим в зависимость (7)

$$\tau_2 = \tau_1 \frac{r^2}{(r + \delta)^2}$$

и преобразовывая запишем

$$\omega = \frac{1}{2} \left\{ a \ln \frac{(r_1 + \delta)^2}{r_1^2} + \frac{b}{2} \cdot \tau_1^2 \delta \left[\frac{2r_1 + \delta}{(r_1 + \delta)^2} \right] \right\}. \quad (8)$$

Уравнение (8) используется для вычисления коэффициентов a и b и проверки применимости формулы (2).

Ниже приводится пример расчета по формуле (8) при использовании результатов опытов, проводимых с пластрастом, приготовленным по способу [2]. Рассматривается случай, когда процесс полимеризации протекает при температуре среды 20°C и концентрации катализатора в растворе 8% к весу мономера. В момент времени $t = 20$ мин напряжение сдвига τ_1 , соответствующее зазору $\delta = 0,2$ см, будет равно $0,93 \text{ Г/см}^2$, а зазору $\delta = 0,8$ мм — $0,69 \text{ Г/см}^2$. Угловая скорость вращения внутреннего цилиндра вискозиметра ω в наших опытах была постоянной и равной $0,437 \text{ с}^{-1}$. Подставляя все эти известные величины, а также $r_1 = 0,4$ см в формулу (8), запишем соответственно два уравнения:

$$0,437 = \frac{1}{2} \left\{ a \ln \frac{(0,4+0,8)^2}{0,4^2} + \frac{b}{2} \cdot 0,69^2 \left[1 - \frac{0,4^4}{(0,4+0,8)^4} \right] \right\};$$

$$0,437 = \frac{1}{2} \left\{ a \ln \frac{(0,4+0,2)^2}{0,4^2} + \frac{b}{2} \cdot 0,93 \left[1 - \frac{0,4^4}{(0,4+0,2)^4} \right] \right\}.$$

После преобразования имеем $0,874 = 2,19a + 0,235b$;
 $0,874 = 0,808a + 0,377b$, откуда $a = 0,203$ и $b = 1,837$.

Подставляя найденные таким образом численные значения коэффициентов a и b в формулу (2), получим величину эффективной вязкости η_* для данного случая

$$\frac{1}{\eta_*} = \frac{0,203}{0,69} + 1,837 \cdot 0,69 = 1,554,$$

откуда $\eta_* = 630$ пз.

С целью проверки точности расчета в формулу (8) для этого же случая подставим значение напряжения сдвига, соответствующее зазору $\delta = 0,6$ см, $\tau_1 = 0,73 \text{ Г/см}^2$ и найденные коэффициенты a и b .

Таблица 1. Значения коэффициентов а и b. Угловая скорость вращения внутреннего цилиндра вискозиметра $\omega = 0,437 \text{ с}^{-1}$

T °C	K, %	t, мин	a	b	$\Gamma / \text{см}^2$		Расчетное (проверочное) $\omega, \text{с}^{-1}$
					$\delta = 0,8 \text{ мм}$	$\delta = 0,2 \text{ мм}$	
20	8	20	0,203	1,837	0,69	0,93	0,421
"	"	40	0,185	1,841	0,72	0,94	
"	"	60	0,159	1,894	0,75	0,94	
"	"	80	0,148	1,838	0,78	0,96	
"	"	100	0,141	1,704	0,82	0,00	
"	"	120	0,120	1,637	0,87	1,03	
"	"	140	0,124	1,407	0,93	1,11	
"	"	160	0,115	1,261	1,00	1,18	0,432
24	8	20	0,243	2,305	0,55	0,81	
"	"	40	0,213	2,215	0,61	0,84	
"	"	60	0,198	2,12	0,65	0,87	
"	"	80	0,179	2,37	0,69	0,90	
"	"	100	0,174	1,777	0,75	0,96	
"	"	120	0,176	1,549	0,80	0,03	
"	"	140	0,171	1,246	0,90	1,15	0,430
28	8	20	0,247	2,815	0,49	0,73	
"	"	40	0,214	2,718	0,55	0,76	
"	"	60	0,203	2,193	0,63	0,85	
"	"	80	0,193	1,675	0,74	0,98	
"	"	100	0,166	1,226	0,92	1,16	
"	"	120	0,150	0,870	1,13	1,39	0,428
32	8	20	0,266	3,013	0,44	0,70	
"	"	40	0,238	2,860	0,50	0,73	
"	"	60	0,212	1,977	0,65	0,89	
"	"	80	0,165	1,254	0,91	1,15	
"	"	100	0,159	0,471	1,51	1,88	0,426
36	8	10	0,283	5,330	0,31	0,52	
"	"	20	0,262	5,090	0,34	0,54	
"	"	30	0,247	4,670	0,38	0,57	
"	"	40	0,240	3,840	0,43	0,63	
"	"	50	0,216	2,858	0,53	0,74	
"	"	60	0,190	1,903	0,70	0,92	
"	"	70	0,213	0,844	0,96	1,37	0,430
40	8	10	0,283	6,540	0,28	0,47	
"	"	20	0,270	4,690	0,35	0,56	
"	"	30	0,230	2,675	0,53	0,76	
"	"	40	0,156	1,515	0,85	0,05	0,436

После такой подстановки и соответствующих преобразований уравнение (8) переписывается

$$2\omega = 0,203 \cdot 1,83 + \frac{1,887}{2} \cdot 0,73^2 \cdot 0,9644,$$

откуда $\omega = 0,421 \text{ с}^{-1}$.

Сравнивая расчетные значения угловой скорости с действительными, видим, что погрешность не превышает 5%.

Коэффициенты a и b были найдены при различных значениях времени t , температуры T среды и концентрации K катализатора. Величины этих коэффициентов (при $K = 8\%$) сведены в табл. 1.

Резюме. В работе представляется способ определения эффективной вязкости пластраствора на основе мономера. ФА-М в зависимости от времени и температуры среды.

Л и т е р а т у р а

1. Ким А.Х., Несенчук С.В. Прибор для исследования реологических характеристик неньютоновских жидкостей в процессе их полимеризации. - В сб.: Производство и переработка пластмасс, синтетических смол и стеклянных волокон, 1966, № 7.
2. Ким А.Х., Несенчук С.В. Экспериментальное исследование влияния различных факторов на процесс полимеризации пластрастворов на основе фурфурола-ацетонного мономера. - В сб.: Тепло- и массообмен в неньютоновских жидкостях. М., 1968.