

УДК 665.7.035.6:532.133

ЭФФЕКТИВНАЯ ВЯЗКОСТЬ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ И КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИЭФИРНОЙ СМОЛЫ И БЕТУЛИНА

Н. И. Полежаева, И. В. Бабита

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
 Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31
 E-mail: piv-80@mail.ru

Методом вискозиметрии определены эффективные вязкости растворов полиэфирной смолы и композиций полиэфирной смолы и бетулина. Проведена их математическая обработка.

Ключевые слова: полиэфирная смола, бетулин, ротационный вискозиметр, вязкость, абсолютная ошибка.

EFFICIENT VISCOSITY OF CONCENTRATED SOLUTIONS OF POLYESTER RESIN AND COMPOSITIONS OF POLYESTER RESIN AND BETULIN

N. I. Polezhaeva, I. V. Babita

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
 31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation
 E-mail: piv-80@mail.ru

Effective viscosities of solutions of polyester resin and compositions of polyester resin and betulin are determined by viscometry method. Their mathematical processing is carried out.

Keywords: polyester resin, betulin, rotational viscometer, viscosity, absolute error.

Разработка органических связующих для паяльных паст, используемых в технологии поверхностного монтажа, со строго заданными реологическими характеристиками продолжает оставаться актуальной [1; 2].

При нанесении паст на поверхность подложки методом трафаретной печати важным является знание их реологических свойств. Изучение реологии необходимо не только для установления законов течения различных металлополимерных систем, но и для оценки внутренних сил, приводящих к деформации [3].

Реологические характеристики растворов полиэфирной смолы, модифицированной канифолью и композиций на её основе изучали на ротационном вискозиметре «Реотест-2» (Германия), с постоянными скоростями сдвига по методу коаксиальных цилиндров. Измерения проводили в интервале температур 20–80 °С для каждой концентрации, при сдвигающем напряжении 4–800 Па и скорости сдвига 0,0167–145,8 с⁻¹. Объем измеряемого материала 50 мл. Каждый образец перед проведением измерения термостатировали в течение 15 минут [4; 5].

На основании проведенных реологических исследований рассчитаны величины эффективной вязкости при установившемся течении растворов полиэфирной смолы и композиций полиэфирной смолы и бетулина.

Проведена математическая обработка полученных экспериментальных данных для эффективной вязкости исследуемых концентрированных растворов полиэфирной смолы и композиций полиэфирной смолы и бетулина. Для контроля качества аппроксимации применялась абсолютная ошибка, вычисляемая по формуле (1):

$$E = \sum_i^N \left[\eta_0 - \eta_0(\tau) \right]^2, \quad (1)$$

где E – абсолютная ошибка; η_3 – вычисленное модельное значение эффективной вязкости; $\eta_3(\tau)$ – экспериментальное значение эффективной вязкости.

Значения величин абсолютной ошибки представлены в табл. 1.

Эффективная вязкость растворов полиэфирной смолы и композиций на её основе, как и низкомолекулярных жидкостей, с повышением температуры уменьшается [6].

Таблица 1

Абсолютная ошибка для вязкости растворов полиэфирной смолы и композиций полиэфирной смолы и бетулина

	Абсолютная ошибка						
	Температура, °C						
	20	30	40	50	60	70	80
Концентрированные растворы полиэфирной смолы, масс. %							
66,7	0,21624140	0,08431103	0,0307118	0,01089621	0,00629295	0,00348163	0,00232606
69,6	0,64043884	0,12736974	0,06455509	0,03026107	0,01249962	0,007965300	0,00240085
75,0	0,68375267	0,19602051	0,08759051	0,03637973	0,01587099	0,00939681	0,00460526
Композиция бетулина (6,2 масс. %) и полиэфирной смолы (масс. %)							
66,7	0,26985600	0,09366800	0,04402800	0,01478100	0,00653400	0,00807000	0,00402100
69,6	0,51544400	0,30648400	0,10522400	0,05475400	0,01337600	0,00699900	0,00236959
75,0	2,66092900	0,41927900	0,28607000	0,07687100	0,02991800	0,00802300	0,00466500

Таблица 2

Эффективная вязкость растворов полиэфирной смолы и композиций на их основе в зависимости от температуры

	Эффективная вязкость (Па·с)						
	Температура, °C						
	20	30	40	50	60	70	80
Концентрированные растворы полиэфирной смолы, масс. %							
66,7	9,30±0,2162	3,0±0,0843	1,0±0,0307	0,43±0,0109	0,20±0,0063	0,10±0,0034	0,07±0,0023
69,6	38,0±0,6404	9,70±0,1274	3,18±0,0645	1,22±0,0303	0,55±0,0125	0,26±0,0797	0,14±0,0024
75,0	49,6±0,6838	12,3±0,1960	3,6±0,0876	1,4±0,0364	0,6±0,0159	0,29±0,0093	0,15±0,0046
Композиция бетулина (6,2 масс. %) и полиэфирной смолы (масс. %)							
66,7	9,10±0,2699	3,20±0,0937	1,30±0,0440	0,50±0,0148	0,24±0,0065	0,14±0,0081	0,06±0,0040
69,6	40,0±0,5154	9,80±0,3065	3,3±0,1052	1,30±0,0548	0,56±0,0134	0,26±0,0070	0,16±0,0024
75,0	86,0±2,6609	14,5±0,4193	5,6±0,2861	2,0±0,0769	0,86±0,0299	0,38±0,0080	0,20±0,0047

В широком диапазоне температур не наблюдается линейной зависимости между величинами $\ln \eta$ и T^{-1} . Зависимости $\ln \eta = f(T^{-1})$, имеющие кривизну, для расчета энтальпии активации вязкого течения для аппроксимации можно представить уравнением вида

$$\ln \eta = a + \frac{b}{T} + c \cdot \ln T. \quad (2)$$

где η – эффективная вязкость, Па·с; T – температура, К; a , b , и c – коэффициенты уравнения.

Параметры этого уравнения находят методом наименьших квадратов (МНК). Соответствующие расчетные данные приведены для уравнения (2) в табл. 2.

Данные табл. 2 показывают, что величина абсолютной ошибки, следовательно, погрешность определения эффективной величины вязкости уменьшается с увеличением температуры. Математическая обработка полученных величин эффективной вязкости для растворов полиэфирной смолы и композиций полиэфирной смолы и бетулина показала, что они определены с достаточной точностью, так как допустимая погрешность определения величины вязкости составляет 4,5 кДж/моль [7].

Библиографические ссылки

1. Trease R.E., Dietz R.L. Rheology of pastes in thick-film printing // Solid-State Technology. 1972. V.15, N 1. P. 39–43.
2. Kardashian V.S., Raovellanki S.I. Method for the rheological characterization of thick-film pastes. IEEE Trans. 1979. V.CHMT-2. №2. P. 232–235.
3. Красов В.Г., Петраускас Г.Б., Чернозубов Ю.С. Толсто пленочная технология в СВЧ микроэлектронике. М: Радио и связь, 1985. 168 с.
4. Полежаева Н.И., Радзюк А.Ю. Реологические свойства растворов композиций полиэфирной смолы, модифицированной канифолью, и бетулина // Журнал Химия растительного сырья. 2008. №3. С. 151–155.
5. Исследование реологических свойств концентрированных растворов полиэфирной смолы, модифицированной канифолью / Полежаева Н.И., Радзюк А.Ю., Бабкин В.А. и др. // Химия растительного сырья. 2010. №4. С.171-175.
6. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Госхимиздат, 1963. 528 с.
7. Виноградов Г.В., Малкин А.Я. Реология полимеров. М.: химия, 1977. 440 с.

© Полежаева Н.И., Бабита И.В., 2019