

УДК 673

ИЗУЧЕНИЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И КОЭФФИЦИЕНТА ВЛАЖНОСТНОГО РАСШИРЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ С РАЗЛИЧНОЙ ГУСТОТОЙ СЕТКИ

© Резвых А.В., Мадиярова Г.М., Хамидуллин О.Л.

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Российская Федерация

e-mail: rezvykh_av@mail.ru

В процессе эксплуатации композитные конструкции подвергаются воздействию различных факторов окружающей среды, в том числе влаги. Наличие влаги в изделии приводит к ухудшению его механических и прочностных характеристик. При поглощении воды происходит набухание материала, сопровождаемое увеличением размеров. Величину изменения размеров при водопоглощении описывает коэффициент влажностного расширения (КВР) [1]. Для того чтобы использовать весь потенциал полимерного композита, необходимым является изучение реакции полимера на влажную среду [2; 3].

Целью работы являлось установить значение влагопоглощения и влажностного расширения для ряда эпоксидных полимеров с различной плотностью сетчатой структуры.

Для исследования были выбраны полимеры на основе ряда эпоксидных смол (D.E.R. 354, D.E.N. 425, D.E.N. 431, D.E.N. 438) с различной степенью полимеризации. Отверждение проводили с использованием аминного отвердителя ХТ-187Б.

Для всех образцов применялся трехступенчатый режим отверждения с максимальной температурой отверждения 180 °С. После отверждения образцы проверялись на отсутствие остаточного тепловыделения методом дифференциальной сканирующей калориметрии на DSC 204 F1 Phoenix.

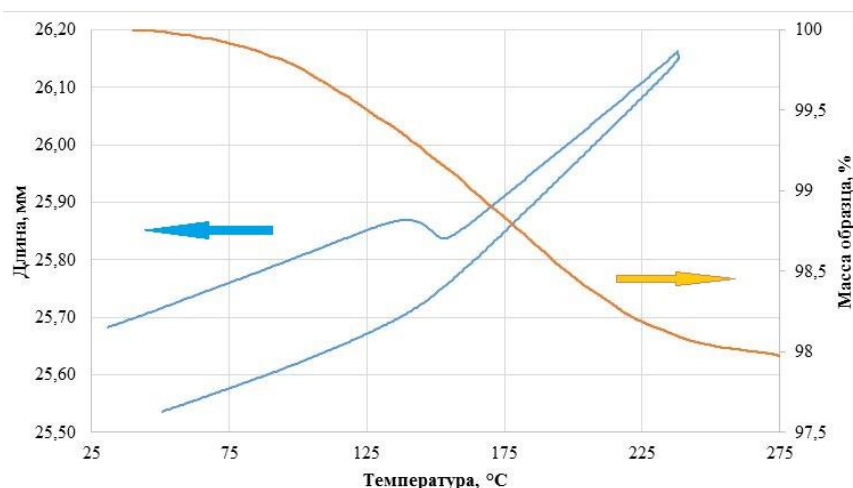


Рис. Дилатометрические и гравиметрические исследования образцов полимера (типичная кривая на примере системы D.E.N. 425+ХТ-187Б)

Водопоглощение отвержденных эпоксидных полимеров определялось по ГОСТ 4650-2014 (ISO 62:2008). Коэффициент линейного термического расширения влагонасыщенных и высушенных образцов измерялся на термомеханическом анализаторе ТМА 402 F1 Hyperion (Netzsch) на цилиндрических образцах при скорости

нагрева 1К/мин. Десорбция влаги изучалась на термогравиметрическом анализаторе при параллельном измерении.

Предварительно перед влагонасыщением образцы высушивались в сушильном шкафу при температуре 60 °С, после чего помещались в дистиллированную воду на 1500 часов при комнатной температуре.

Влияние влаги на расширение образцов определено при сравнении длины влагонасыщенных и высушенных образцов. Пример графика изменения длины и массы образца представлен на рисунке.

Коэффициент влажностного расширения вычислялся по формуле:

$$KBP = \frac{3 * L_{\text{влаж}} - L_{\text{сух}}}{L_{\text{сух}} * W},$$

где $L_{\text{влаж}}$, $L_{\text{сух}}$ – длина образца водонасыщенном и сухом состояниях соответственно, мм; W – объемная доля воды в образце.

Таблица. Параметры полимеров на основе различных эпоксидных смол

Смола	Плотность сшивки	W, %	KBP *10 ³ , 1/ %
D.E.R. 354	1,2	1,40	14,9
D.E.N. 425	1,7	1,42	16,1
D.E.N. 431	2,1	1,62	7,8
D.E.N. 438	5,6	1,92	6,1

Из таблицы видно, что значение водопоглощения при увеличении густоты сшивки увеличивается, в то время как влажностное расширение снижается при увеличении густоты сшивки эпоксидного полимера.

Работа выполнялась при финансовой поддержке АО «ОДК» (научная стипендия).

Библиографический список

1. Ghosh S., Woodward C., and Przybyla C. Integrated Computational Materials Engineering (ICME): Advancing Computational and Experimental Methods. Springer Nature, 2020.
2. Каблов Е.Н., Старцев В.О., Иноземцев А.А. Влагонасыщение конструктивно-подобных элементов из полимерных композиционных материалов в открытых климатических условиях с наложением термоциклов //Авиационные материалы и технологии. 2017. № 2 (47).
3. Колесник К.А. Моделирование влагонасыщения полимерных композитов в реальных климатических условиях //Авиационные материалы и технологии. 2017. № 4 (49).