

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭПОКСИ-ПОЛИЭФИРНЫХ НЕНАПОЛНЕННЫХ ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИХ СИСТЕМ

Балаш А. Ю., Глоба А. И.

*Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь
e-mail: A.I.Globa@yandex.by*

В современной лакокрасочной промышленности все больший интерес привлекают материалы, которые могут комбинировать свойства сразу нескольких пленкообразующих материалов. Например, эпоксидные полимеры характеризуются высокой стойкостью к износу и низкими показателями водопоглощения, однако, существенным их недостатком является отсутствие УФ-стойкости покрытий, низкая эластичность, а также медленное отверждение покрытий на их основе [1]. Именно поэтому эпоксидные пленкообразующие системы комбинируют с аддуктами другой природы: полиэфирами, акрилатами, каучуками и т.д. [2]. Рынок эпокси-полиэфирных лакокрасочных материалов на данный момент в основном состоит из европейских продуктов. Большинство компаний полностью ушли с белорусского и российского рынков из-за чего стоимость материалов выросла в несколько раз, поэтому разработка импортозамещающих гибридных систем вызывает все больший интерес у потребителя.

Целью данной работы является разработка ненаполненных гибридных пленкообразующих систем на основе эпоксидных и полиэфирных смол, а также исследование физико-механических характеристик покрытий на их основе с целью выбора наиболее оптимального состава пленкообразующей системы.

Расчет начальной рецептуры производился исходя из стехиометрического соотношения [3]:

$$\frac{m_{\text{эпоксид}}}{m_{\text{полиэфир}}} = \frac{KЧ \times \text{эп.экв.}}{56100},$$

где $m_{\text{эпоксид}}$ – масса эпоксидного пленкообразователя, г;

$m_{\text{полиэфир}}$ – масса полиэфирного пленкообразователя, г;

КЧ – кислотное число полиэфира, мг КОН/г;

эп.экв. – эпоксидная эквивалентная масса эпоксиды, г/экв.

Для разработки композиций был выбран ненасыщенный полиэфир с КЧ= 25–30 мг КОН/г и эпоксидная смола с эп.экв.=450–490 г/экв. Подбор отвердителя осуществляли теоретически-практическим методом.

Наиболее распространенными отвердителями для данных систем являются полиэтиленполиамины, полиамиды и фенолкамины. Недостатком полиэтиленполиаминного отверждения эпоксидной системы является высокая экзотермичность реакции, что может привести к возгоранию полиэфирно-пероксидного

компонента гибридной системы [4]. В связи с этим в эпокси-полиэфирных системах естественного отверждения чаще применяются полиамидные и фенолкаминные отвердители с различными ускоряющими добавками на основе фенолов. Фенолкамины являются наиболее современным типом отвердителей, которые получают по реакции Манниха из карданола, формальдегида и амина. Они отличаются от полиамидных отвердителей высокой реакционной способностью благодаря катализирующему действию фенола [3, 4]. В качестве пероксидной составляющей для инициирования отверждения по ненасыщенным связям полиэфира использовался метилэтилкетон пероксид в виде 50%-ного раствора в диметилфталате. Количество пероксида варьировали от 2 до 4 % от общей массы смеси, масса активного кислорода – 9 %.

В работе исследованы отвердители на основе полиамидных смол и фенолкамина. Расчет количества отвердителя проводили по следующей формуле [3]:

$$\text{Количество отвердителя} = \text{ЭЧ} \cdot \text{НН-экв.},$$

где ЭЧ – эпоксидное число эпоксида.

Для полиамидных смол НН-экв.=230–240 г/экв., для отвердителя на основе фенолкамина НН-экв.=180–190 г/экв.

На основании расчетов разработаны рецептуры двухкомпонентных эпокси-полиэфирных пленкообразующих систем с допустимым интервалом концентраций компонентов. Различие в рецептурах заключалось в соотношении эпоксидной и полиэфирной составляющих, а также в количестве и природе отвердителя. Отверждение осуществляли в естественных условиях.

В качестве основных контролируемых физико-механических показателей были выбраны прочность при ударе (ГОСТ 4765-73); адгезия методом решетчатых надрезов (ГОСТ 31149-2014); твердость по маятниковому прибору (ГОСТ 5233-2021); эластичность пленки при изгибе (ГОСТ 6806-73); время высыхания до степени 3 (ГОСТ 19007-73). Физико-механические свойства эпокси-полиэфирных ненаполненных пленкообразующих систем представлены в табл. 1.

Табл. 1. Физико-механические свойства эпоксидных, полиэфирных и гибридных пленкообразующих систем

Образец	Удар, см	Время высыхания, мин	Твердость, отн.ед.	Адгезия, баллы	Эластичность, мм
Эпоксидная система					
1	50/70	320/210	0,19/0,27	1/0	1/1
2	50/80	350/210	0,19/0,27	1/0	2/1
3	60/60	350/210	0,19/0,27	1/1	1/1
4	50/60	350/210	0,19/0,27	1/1	1/1
5	60/80	350/210	0,19/0,27	1/1	2/1
Полиэфирная система					
1	30	60	0,13	2	2
2	30	65	0,12	2	2

3	40	55	0,15	1	2
4	30	65	0,13	2	2
5	30	60	0,13	2	2
Эпокси-полиэфирная система					
1	40/80	245/110	0,24/0,32	1/0	2/1
2	40/100	280/85	0,24/0,36	1/0	3/1
3	40/70	250/110	0,28/0,31	1/0	1/1
4	80/80	210/110	0,3/0,34	0/0	1/1
5	70/80	215/110	0,28/0,33	1/0	2/1

Примечание: через «/» указаны результаты для систем на основе «полиамидного/феналкаминного» отвердителя

По результатам испытаний прослеживается существенная зависимость физико-механических показателей покрытий от выбора природы отвердителя. Системы на основе феналкаминного отвердителя (арилалифатических полиаминов) показали лучшие результаты по всем параметрам, по сравнению с полиамидными. Это связано с наличием в данном отвердителе фенольного кольца, которое повышает реакционную способность подвижного атома водорода, и, как следствие, полимеризация происходит быстрее. Также добавление полиэфирного пленкообразующего в систему значительно улучшило показатели времени высыхания до 3 степени и твердость ненаполненных гибридных систем, при сохранении адгезионных и прочностных характеристик эпоксидных материалов.

Литература:

1. Wei, H., Xia, J., Zhou, W., Zhou, L., Hussain, G., Li, Q., Ostrikov, K. Adhesion and cohesion of epoxy-based industrial composite coatings // *Composites Part B*. – Vol. 193. – 2020. – p. 879–899.
2. Cao, Y., Shao, Y., Sun, J., & Lin, S. Mechanical properties of an epoxy resin toughened by polyester // *Journal of Applied Polymer Science*, 2003 – Vol. 90 (12). – p. 3384–3389.
3. Мюллер, Б. Лакокрасочные материалы и покрытия. Принципы составления рецептур / Б. Мюллер, У. Пот. – М. : Пэйнт-Медиа, 2007. – 546 с.
4. Buketov, A., Brailo, M., Yakushchenko, S., Sapronova, A. Development of Epoxy-Polyester Composite with Improved Thermophysical Properties for Restoration of Details of Sea and River Transport // *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018. – p. 1–6.