

DOI: 10.12737/article_5bf7e3572873a5.94360721

¹Кочергин Ю.С., ¹*Золотарева В.В.¹Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского
Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31

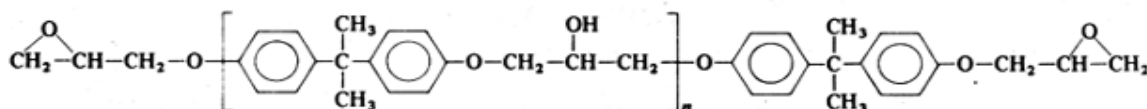
*E-mail: viktoria802@gmail.com

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДИГЛИЦИЛОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ДИФЕНИЛОЛМЕТАНА И ДИФЕНИЛОЛПРОПАНА

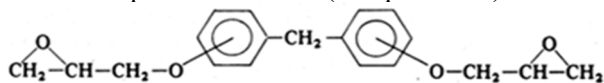
Аннотация. Проведено сравнительное исследование комплекса физико-химических, деформационно-прочностных и адгезионных свойств эпоксидных композиционных материалов на основе дифенилолметана и дифенилолпропана. Установлено, что полимеры на основе дифенилолметана превосходят аналоги на основе дифенилолпропана по уровню прочности при растяжении, деформации при разрыве, водостойкости, адгезионной прочности при сдвиге и отрыве при близких значениях теплостойкости и модуля упругости. Наблюдаемый эффект объяснен явлением антипластификации в результате взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора, функцию которого выполняют непрореагировавшие части эпоксидной смолы и отвердителя.

Ключевые слова: диглицидиловые эфиры дифенилолметана и дифенилолпропана, отвердитель, эпоксидный композиционный материал, физико-механические и адгезионные свойства.

Введение. Эпоксидные смолы (ЭС), благодаря сочетанию высоких механических свойств и адгезии ко многим субстратам, представляют особый класс материалов с очень широкими возможностями их применения [1–6]. В настоящее время большинство производимых ЭС получают путем химического взаимодействия эпихлор-



отличаются сравнительно высокой вязкостью. Для ее снижения требуется введение в диановую смолу активных разбавителей или растворителей, которые характеризуются повышенной токсичностью и летучестью. Для преодоления этого недостатка были синтезированы ЭС на основе дифенилолметана (бисфенола F):



Они отличаются меньшей вязкостью и лучшей текучестью, что исключает применение разбавителей, а следовательно, позволяет получать полимерные композиционные материалы с улучшенными технологическими и экологическими свойствами для различных отраслей народного хозяйства. В частности, в строительстве они применяются в составах для покрытия полов, адгезивов, сухих строительных смесей и пр. В настоящее время производство этих смол осуществляется мировыми лидерами – компаниями «Dow Epoxy», «Resolution Europe BV», «Nan Ya Plastics Corporation». Отечественные смолы на основе бисфенола F синтезированы только в последнее время в ГП «УкрНИИпластмасс» (г. Донецк). Ра-

гидрина с бисфенолом А (другие названия дифенилолпропан и диан). Эти смолы (в отечественной практике они называются диановыми в честь русского химика А. Н. Дианина, который первым получил дифенилолпропан в 1891 г) общей формулы:

нее [7] нами описаны свойства полимеров на основе дифенилолметана в зависимости от молекулярной массы смолы (то есть длины молекулы олигомера).

В продолжение работ в данном направлении целью настоящей работы является сравнительное исследование композиционных материалов на основе эпоксидированных производных дифенилолметана (ДФМ) и дифенилолпропана (ДФП).

Методология. В работе использованы смолы на основе дифенилолметана марок ЭДФМ-22 и ЭДФМ-24 и их ближайшие аналоги на основе дифенилолпропана (соответственно смолы марок ЭД-22 и ЭД-24), а также импортная смола на основе дифенилолметана марки NPEF-170 производства тайваньской компании «NAN YA». Физико-химические свойства смол представлены в табл. 1. Из нее видно, что отечественные продукты на основе ДФМ отличаются существенно меньшим содержанием вредного хлора по сравнению со смолами на основе ДФП и практически не уступают по этому показателю импортной смоле. По другим показателям (содержанию эпоксидных групп и динамической вязко-

сти) смола ЭДФМ-24 также сопоставима со смолой NPEF-170. В качестве отверждающих агентов использовали триэтилтетраминометилфенол (продукт УП-583Т) и триэтилтетрамин

(ТЭТА), которые вводили в стехиометрическом соотношении.

Таблица 1

Свойства эпоксидных смол на основе ДФМ и ДФП

Показатели	ЭДФМ-22	ЭДФМ-24	NPEF-170	ЭД-22	ЭД-24
Содержание хлора, %	0,20	0,18	0,15	0,4	0,4
Содержание эпоксидных групп, %	22,2	24,9	23,8–26,7	22,7	24,5
Динамическая вязкость при 25 °С, Па·с	15,4	4,1	2,0–5,0		7,0

В работе использовали следующие методы исследования. Относительную реакционную способность глицидиловых эфиров ДФМ и ДФП оценивали по времени гелеобразования ($\tau_{\text{гел}}$) методом сканирующей микрокалориметрии [8]. Величину $\tau_{\text{гел}}$ определяли визуальным методом с точностью ± 1 мин в стеклянной пробирке, помещенной в воздушный термостат типа ТК-400, в котором заданная температура поддерживалась с точностью $\pm 0,5$ °С. Энергию активации (E_a) процесса отверждения эпоксидной композиции оценивали по углу наклона кривой зависимости $\lg(1/\tau_{\text{гел}}) - (1/T)$. Микрокалориметрические исследования проводили на калориметре типа Кальве при скорости повышения температуры 0,7 град/мин и навеске образца $\sim 0,5$ г. При этом в качестве эталона использовали силиконовую жидкость. Разрушающее напряжение при растяжении (σ_p) и относительное удлинение при разрыве (ε_p) пленочных образцов толщиной 100–150 мкм. измеряли на динамометре типа Поляни. Модуль упругости при растяжении (E_b) рассчитывали по углу наклона начального участка кривой

растяжений. Мерой работы разрушения (A_p) служила площадь под кривой нагрузка – удлинение. Температуру стеклования (T_c) определяли при постоянном растягивающем напряжении. 1,5 МПа по известной методике [9]. Сопротивление сдвигу ($\tau_{\text{сд}}$) клеевых соединений оценивали по ГОСТ 14759-69, сопротивление отрыву ($\sigma_{\text{отр}}$) – по ГОСТ 14760-69. Степень отверждения композиций определяли методом экстрагирования в ацетоне в аппарате Сокслета. Водопоглощение оценивали по приращению массы пленочных образцов после их выдержки в воде в течении 24 ч. Динамический модуль сдвига (G') и тангенс угла механической потерь ($\text{tg}\delta$) образцов размером 35x10x0,5 мм измеряли с помощью обратного крутильного маятника типа МК-1 в интервале температур от минус 100 до плюс 120 °С.

Основная часть. Как следует из данных табл. 2, полимеры на основе ДФМ превосходят диановые (при примерно равном содержании эпоксидных групп) по значениям σ_p , ε_p и адгезионной прочности τ_b и σ_b при близких значениях модуля упругости и температуры стеклования.

Таблица 2

Свойства эпоксидных полимеров*

Показатели	ЭДФМ-22	ЭД-22	ЭДФМ-24	ЭД-24	NPEF-170
σ_p , МПа	<u>67,4</u>	<u>51,9</u>	<u>64,0</u>	<u>43,2</u>	<u>50,5</u>
	89,0	60,7	73,1	59,1	59,9
ε_p , %	<u>10,6</u>	<u>4,6</u>	<u>8,4</u>	<u>6,8</u>	<u>7,7</u>
	10,2	7,6	10,6	8,9	9,3
E, ГПа	<u>1,33</u>	<u>1,31</u>	<u>1,20</u>	<u>1,23</u>	<u>1,21</u>
	1,36	1,32	1,39	1,10	1,30
T_c , °С	<u>56</u>	<u>58</u>	<u>52</u>	<u>54</u>	<u>56</u>
	111	113	112	116	108
τ_b , МПа	<u>19,6</u>	<u>13,6</u>	20,3	15,7	21,2
	21,4	19,4			
σ_b , МПа	44,6	29,7	35,5	28,3	
W, %	-	-	<u>1,2</u>	<u>3,2</u>	<u>1,5</u>
			2,3	3,0	2,5
α , %	-	-	<u>77,2</u>	<u>87,1</u>	<u>83,4</u>
			89,3	98,7	92,1
ρ , кг/м ³	1220	1180	1250	1205	1245

Примечание. В числителе приводятся значения показателей образцов, отвержденных по режиму 25 °С/240 ч, в знаменателе – по режиму 25 °С/72 ч + 120 °С/3 ч.

*Отвердитель ТЭТА.

Что касается полноты отверждения, то для диановых смол она выше как при отверждении без подвода тепла, так и после термообработки. Причина этого, по-видимому, заключается в различной реакционной способности диглицидиловых эфиров ДФМ, которые, как показано нами ранее [7], являются либо продуктами смешения индивидуальных глицидиловых эфиров ДФМ, либо получены синтезом эпоксидных олигомеров из смеси *o,n'*-, *o,o'*-, и *n,n'*-изомеров ДФМ, взятых в том же массовом соотношении, что и глицидиловые производные 49:13:38 соответственно. Вследствие этого после полимеризации более реакционноспособных изомеров из-за значительного увеличения вязкости после прохождения точки геля реакция отверждения менее реакционноспособных изомеров затрудняется. По всей видимости непрореагировавшие части смолы и отвердителя выполняют функции антипластификатора, что обуславливает, с одной стороны, большие значения σ_p и E (в результате усиления взаимодействия полярных групп полимера и антипластификатора [10]), а с другой – меньшее значение T_c для отвержденных смол ДФМ по сравнению с диановыми. Еще одним подтверждением эффекта антипластификации может служить более высокая плотность ρ полимеров на основе ДФМ (см. табл. 2).

Как известно [10–16], физическая сущность пластификации заключается в повышении подвижности макромолекул полимеров, вследствие ослабления межмолекулярных физических связей, ограничивающих кинетическую гибкость цепей блокированием полярных групп молекулами пластификатора, или вследствие разделения ими цепей или агрегатов макромолекул [10–14]. Поэтому пластификаторы, как правило, снижают модуль упругости, механическую прочность и несколько увеличивают разрывное удлинение полимеров в стеклообразном состоянии. Обратный эффект изменения этих показателей при введении значительных доз (10–30 %) пластификаторов получил по предложению Джексона и Колдуэлла [14] название «антипластификация».

Основным и необходимым признаком антипластификации, по мнению авторов термина, является одновременное повышение модуля упругости и прочности стеклообразного полимера при монотонном снижении T_c . Исходя из этого, понятие антипластификации сводится, прежде всего, к механическим аномалиям, хотя вполне очевидно, что это «прикладное» определение отражает лишь конечный результат изменения термодинамических и структурных параметров системы «полимер-пластификатор» и не раскрывает сути антипластификации, как физического

явления. Анализ работ, посвященных «эффектам малых добавок» пластификаторов [10–16], а также непосредственно антипластификации [14, 15] приводит к следующим выводам:

а) антипластификация проявляется только в стеклообразных системах «полярный полимер – полярный пластификатор» при наличии их хорошей совместимости, причем максимум эффекта достигается при 20–40 %-ной концентрации, свыше которой, как при обычной пластификации, начинается снижение прочности и модуля упругости стеклообразного полимера;

б) температура стеклования при антипластификации линейно убывает с ростом концентрации добавок;

в) один и тот же пластификатор в зависимости от концентрации и температуры может оказывать различное действие на полимер: при постоянном содержании добавки понижение температуры приводит к переходу от пластификации к антипластификации, а при постоянной температуре к такому изменению приводит уменьшение концентрации;

г) величина антипластифицирующего эффекта зависит от химического строения молекул пластификатора.

Из этого следует, что деление на пластификаторы и «антипластификаторы» весьма условно и антипластификация является скорее закономерным эффектом обычной пластификации полярных полимеров, чем аномальным фактом.

Эпоксиполимеры на основе ДФМ намного превосходят диановые по работоспособности при низких температурах (см. табл. 3). Эффект возрастает с уменьшением температуры. Так, если при комнатной температуре σ_p полимеров на базе СБФ-22 больше, чем ЭД-22, в 1,12 раза, то при -60 °С различие составляет 1,44, а при минус 120 °С 1,78 раза. Благодаря более высоким прочностным и деформационным показателям полимеры на основе ДФМ во всем исследованном интервале стеклообразного состояния (от -120 до $+80$ °С) характеризуются существенно большим значением работы разрушения и с учетом хорошей корреляции A_p и ударопрочности [17, 18] имеют лучшую работоспособность при динамическом нагружении.

Зависимость $\tau_{гел}$ от температуры для всех исследованных композиций имеет практически линейный характер и может быть с достаточно высокой точностью описана соотношением:

$$\tau_{гел} = 10^{(A-B \cdot T)}, \quad (1)$$

где T – абсолютная температура, A и B – постоянные.

Таблица 3

Зависимость свойств эпоксидных полимеров от температуры испытания*

Параметры	Марка смолы	Температура стеклования, °С				
		-120	-60	20	80	150
σ_p , МПа	ЭДФМ-22	91,0	72,6	63,2	4,9	1,7
	ЭД-22	50,8	50,7	56,6	5,6	1,9
	ЭДФМ-24	105,6	89,1	64,2	8,9	1,8
ε_p , %	ЭДФМ-22	4,8	5,2	6,6	8	12,1
	ЭД-22	3,8	4,2	5,8	39,1	11,8
	ЭДФМ-24	6,2	6,4	6,5	47,9	14,8
E, ГПа	ЭДФМ-22	2,60	2,18	1,53	0,05	0,007
	ЭД-22	2,24	2,15	1,35	0,26	0,015
	ЭДФМ-24	2,01	1,78	1,56	0,46	0,012
$\sigma_{ост}$, МПа	ЭДФМ-22		22,8	0,8	-	-
	ЭД-22	52,6	26,3	0,8	-	-
	ЭДФМ-22	48,3	26,2	0,8	-	-
A_p , кДж/м ²	ЭДФМ-22	3,10	2,60	2,78	3,05	0,15
	ЭД-22	1,35	1,52	2,31	1,75	0,17
	ЭДФМ-24	4,51	3,99	2,90	2,98	0,20

*Отвердитель УП-583 Т, режим отверждения 25 °С/24 ч. + 80 °С/6 ч.

Расчет с помощью этого соотношения значений А и В позволяет сопоставить относительную реакционную способность различных композиций при любой температуре. Видно (табл.4), что реакционная способность композиций изменяется в зависимости от температуры. Так, при 20 °С время гелеобразования $\tau_{гел}$ композиции на основе смол ЭДФМ-22 и ЭДФМ-24 с отвердителем ТЭТА примерно в 1,5 раза ниже, чем у их аналогов на основе смол ЭД-22 и ЭД-24 соответственно. При 60 °С величина $\tau_{гел}$ не зависит от химической природы смолы и типа отвердителя и характеризуется одним и тем же временем гелеобразования.

Относительную реакционную способность эпоксидных композиций можно оценить не только по величине $\tau_{гел}$ и E_a , но и по значениям параметров А и В. Наибольший интерес с практической точки зрения представляют композиции с достаточно высокими значениями В (относительно величины А), поскольку, как известно [19, 20], такие композиции обладают длительной жизнеспособностью при температуре переработки (в нашем случае 20–60 °С), а при более высоких температурах процесс их отверждения протекает с максимальной скоростью.

Таблица 4

Реакционная способность эпоксидных смол

Марка смол	E_a , кДж/моль	А	В · 10 ⁴	$\tau_{гел}$, мин	
				При 20 °С	При 60 °С
ЭД-22	<u>65,43</u>	<u>12,83</u>	<u>359</u>	<u>139</u>	<u>12</u>
	69,17	13,42	383	182	4
ЭДФМ-22	<u>82,12</u>	<u>14,73</u>	<u>430</u>	<u>135</u>	<u>3</u>
	67,46	13,14	376	133	4
ЭДФМ-24	<u>48,60</u>	<u>9,19</u>	<u>250</u>	<u>73</u>	<u>7</u>
	75,00	14,43	417	163	4
ЭД-24	<u>43,99</u>	<u>8,63</u>	<u>225</u>	<u>109</u>	<u>14</u>
	83,80	15,91	461	253	4

Примечание: числитель – отвердитель УП-583Т, знаменатель – ТЭТА

Микрокалориметрические исследования показали, что отверждение смолы ЭДФМ-24 и ее эпоксидианового аналога ЭД-24 в присутствии ТЭТА (рис. 1, кривые 1 и 2) сопровождается выделением практически одинакового количества тепла (Q), тогда как при использовании отвердителя УП-583Т (рис. 1, кривые 1' и 2') экзотермический эффект реакции отверждения композиции на основе смолы ЭДФМ-24 значительно выше.

В заключение рассмотрим динамические механические свойства исследуемых смол. Из рис. 2 видно, что на температурных зависимостях тангенса угла механических потерь наблюдаются два максимума. Первый, более интенсивный максимум (α -переход), связанный с расстеклованием полимера в результате кооперативного движения сегментов макромолекул, проявляется при тем-

пературах выше 100°C. Температура этого перехода хорошо коррелирует с температурой стеклования, определенной из термомеханических исследований (табл. 2). Второй, намного меньший по интенсивности, низкотемпературный максимум (так называемый β-переход) наблюдается при температурах вблизи -65 °С. Его проявление обычно связывают с движением небольших участков макромолекулярной цепи вблизи узлов химической сетки. Меньшая величина β-пика для смолы на основе ДФМ (0,062 против 0,099 для

эпоксидиановой смолы) и несколько большая температура, при которой он проявляется (-60 против -70 °С для дианового аналога), могут быть обусловлены ограничениями в молекулярной подвижности, налагаемыми более плотной сеткой физических связей. По величине динамического модуля сдвига G' композиты на основе диглицидилового эфира ДФМ имеют ощутимое преимущество перед смолами на основе ДФП особенно при отрицательных температурах (рис. 3).

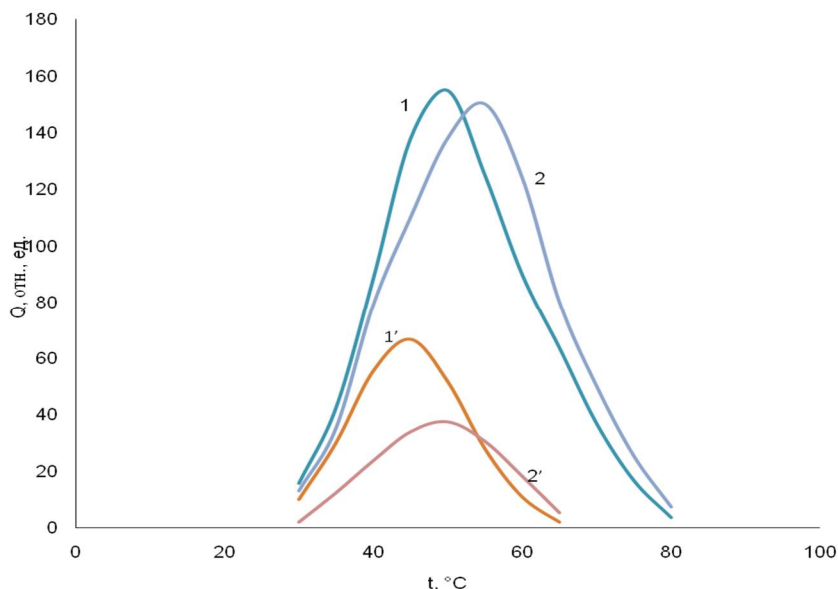


Рис. 1. Зависимость скорости тепловыделения от температуры при отверждении композиций на основе смол ЭДФМ-24 (1, 1') и ЭД-24 (2, 2') в присутствии отвердителей ТЭТА (1, 2) и УП-583Т (1', 2')

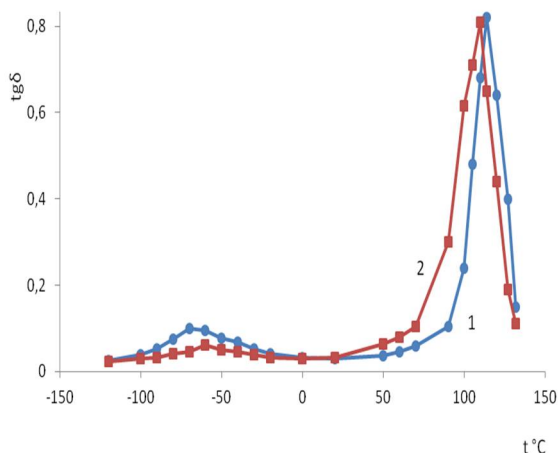


Рис. 2. Температурные зависимости тангенса угла механических потерь $tg\delta$ для эпоксидных полимеров на основе ЭД-24 (1) и ЭДФМ-24 (2), отвержденных ТЭТА по режиму 25 °С/24 ч. + 80 °С/6

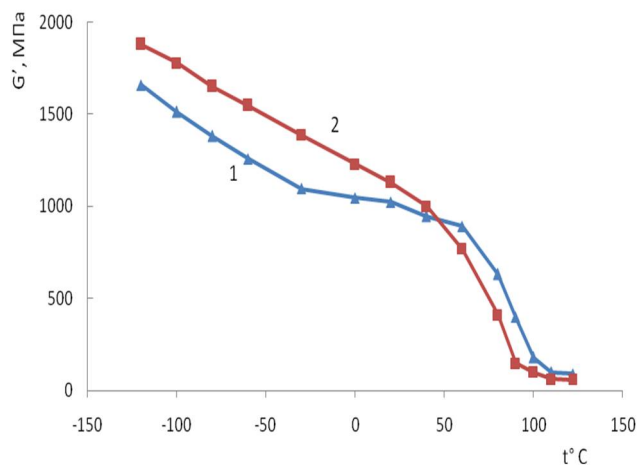


Рис. 3. Температурные зависимости динамического модуля сдвига G' для эпоксидных полимеров на основе ЭД-24 (1) и ЭДФМ-24 (2), отвержденных ТЭТА по режиму 25 °С/24 ч. + 80 °С/6 ч.

Выводы. Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют о целесообразности применения диглицидиловых эфиров дифенилолметана для получения композиционных материалов с повышенным комплексом физико-механических и адгезионных свойств взамен традиционных эпоксидных смол на основе дифенилолпропана или в качестве упрочняющего компонента в сочетании с ними.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. 416 с.
2. Мошинский Л.Я. Эпоксидные смолы и отвердители. Тель-Авив: Аркадия Пресс Лтд., 1995. С. 40 – 142.
3. Еселев А.Д., Бобылев В.А. Сырьевая база клеев и лакокрасочных материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2012. № 4. С. 25 – 31.
4. Кербер М.Л., Виноградов В.М., Головкин Г.С. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учебное пособие / под ред. А.А. Берлина. СПб.: Профессия, 2008. 560 с.
5. Князев В.К. Эпоксидные конструкционные материалы в машиностроении. М.: Машиностроение, 1977. 183 с.
6. Справочник по композиционным материалам: В 2-х кн. Кн. 1/ Под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; Под ред. Б.Э. Геллера. М.: Машиностроение, 1988. 448 с.
7. Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Свойства композитов на основе диглицидиловых эфиров дифенилолметана // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 4. С. 96–101.
8. Пактер М.К., Парамонов Ю.М., Яровая Е.П. и др. Физико-химическая характеристика эпоксифенольных олигомеров и полимеров на их основе // Пластические массы. 1984. № 5. С. 34–37.
9. Кочергин Ю.С., Аскадский А.А., Слонимский Г.Л. и др. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиакрилатов и эпоксидных полимеров // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 1978. Т. 20, № 4. С. 880–887.
10. Козлов П.В., Ефимов А.В. Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 2. С. 627–633.
11. Козлов П.В., Папков С.П. Физико-химические основы пластификации полимеров. М.: Химия, 1982. 224 с.
12. Барштейн Р.С., Кириллович В.И., Носовский Ю.Е. Пластификаторы для полимеров. М.: Химия, 1982. 216 с.
13. Козлов П.В., Ефимов А.В. Пластификация // Энциклопедия полимеров. М.: Советская энциклопедия, 1974. Т. 2. С. 627–633.
14. Jackson W.J., Caldwell J.R. Antiplasticization. II. Characteristics of plasticizers // J. Appl. Polymer Science. 1967. Vol. 11, №2. P.211–227.
15. Ефимов А.В., Козлов П.В., Бакеев Н.Ф. Явление пластификации и антипластификации в полимерных стеклах // Докл. АН СССР. 1974. Т. 230, № 3. С. 639–641.
16. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. 446 с.
17. Бакнелл К.Б. Ударопрочные пластики. Пер. с англ. Под ред. И.С. Лишанского. Л.: Химия, 1981. 327 с.
18. Зайцев Ю.С., Кочергин Ю.С., Пактер М.К., Кучер Р.В. Эпоксидные смолы и клеевые композиции. Киев: Наукова думка, 1990. 200с.
19. Иржак В.И., Розенберг Б.А., Ениколопян Н.С. Сетчатые полимеры. Синтез, структура, свойства. М.: Наука, 1979. 248с.
20. Пактер М.К., Полянский А.А., Будник Ю.М. О структурных особенностях эпоксидно-диановых олигомеров // Синтез, свойства и методы исследования реакционноспособных олигомеров: Сб. науч. тр. М.: НИИТЭХИМ, 1985. С. 3–10.

Информация об авторах

Кочергин Юрий Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры общинженерных дисциплин. E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31.

Золотарева Виктория Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы непродовольственных товаров. E-mail: viktoria802@gmail.com. Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. Украина, 83117, Донецк, ул. Щорса, 31.

Поступила в сентябре 2018 г.

© Кочергин Ю.С., Золотарева В.В., 2018

¹Kochergin Y.S., ^{1,*}Zolotareva V.V.¹Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky
Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31

*E-mail: viktoria802@gmail.com

COMPARATIVE STUDY OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON DIGLYCYLIC DERIVATIVES OF DIPHENYLMETHANE AND DIPHENYLPROPANE

Abstract. A comparative study of physico-chemical, strength and adhesive characteristic of epoxy materials based on diphenylmethane and diphenylpropane is conducted. It is found that diphenylmethane polymers outstrip diphenylpropane analogues, according to a degree of tensile strength, deformation at break, water resistance, adhesive strength of shift and tear at similar values of heat resistance and elastic module. The observed effect is explained by the antiplasticization in result of polar group interaction of the polymer and antiplasticizers, whose function is performed by the unreacted parts of the epoxy resin and the hardener.

Keywords: diglycidyl ethers of diphenylmethane and diphenylpropane, hardener, epoxy composite material, physico-mechanical and adhesive properties.

REFERENCES

1. Lee H., Neville K. Handbook of epoxy resins. Moscow: Energy, 1973, 415 p.
2. Moshinsky L.Ya. Epoxy resins and hardeners. Tel Aviv: Arcadia Press Ltd.. 1995, pp. 40–142.
3. Eselev A.D., Bobylev V.A. resources of adhesives and coating materials. Klei. Sealants. Technologies, 2012, no. 4, pp. 25–31.
4. Kerber M.L., Vinogradov V.M., Golovkin G.S. et al. Polymer composite materials: structure, properties, technology: textbook edited by A. A. Berlin. SPb.: Profession, 2008, 560 p.
5. Knyazev V.K. Epoxy construction materials in mechanical engineering. Moscow: Mechanical Engineering, 1977, 183 p.
6. Handbook of composite materials: in 2 b., B. 1/ Under the editorship of John Lubin; Trans. from English A. B. Heller, M. Gelmont; ed. by B. E. Geller. Moscow: Mechanical Engineering, 1988, 448 p.
7. Kochergin Yu.S., Zolotareva V.V. Properties of composites on the basis diglycidyl ethers difenylolmethane. Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov, 2018, no. 4, pp. 96–101.
8. Pakter M.K., Paramonov Yu.M., Yarovaya E.P. et al. Physico-chemical characterization epoxyphenolic oligomers and polymers on their basis. Plastic masses, 1984, no. 5, pp. 34–37.
9. Kochergin Yu.S., Askadsky A.A., Slonimsky G. L. et al. Study of creep in linear and reticulated polymers based polyarylates and epoxy polymers. High molecular compounds. Series A, 1978, vol. 20, no. 4, pp. 880–887.
10. Kozlov P.V., Efimov A.V. Encyclopedia of polymers. Moscow: Soviet encyclopedia, 1974, vol. 2, pp. 627–633.
11. Barstein R.S., Kirillovich V.I., Nosovskii Yu.Ye. Plasticizers for polymers. M.: Chemistry. 1982, 216 p.
12. Kozlov P.V., Efimov A.V. Plasticization. Encyclopedia of polymers. Moscow: Soviet encyclopedia, 1974, vol. 2, pp. 627–633.
13. Jackson W.J., Caldwell J.R. Antiplasticization. II. Characteristics of plasticizers. J. Appl. Polymer Science, 1967, vol. 11, no. 2, pp. 211–227.
14. Efimov A.V., Kozlov P.V., Bakeev N.F. Plasticization and antiplasticization phenomenon in polymer glasses. Reports USSR Academy of sciences, 1974, vol. 230, no. 3, pp. 639–641.
15. Khozin V.G. Strengthening of epoxy polymers. Kazan: Publishing PIK "House of press". 2004, 446 p.
16. Bucknall C.B. Impact-resistant plastics. Trans. from English. Under the editorship of I.S. Lishanskogo. L.: Chemistry, 1981, 327 p.
17. Zaitsev Yu.S., Kochergin Yu.S., Pakter M.K., Kucher R.V. Epoxy resin and adhesive composition. Kyiv: Naukova Dumka. 1990, 200 p.
18. Irzhak V.I., Rozenberg B.A., Enikolopyan N.S. Mesh polymers. Synthesis, structure, properties. Moscow: Science, 1979, 248p.
19. Pakter M.K., Polyansky A.A., Budnik Yu.M. On structural features of epoxy-diane oligomers. Synthesis, properties and methods of investigation of reactive oligomers: Collection of proceedings. Moscow: NIITECHIM. 1985, pp. 3–10.

Information about the authors

Kochergin, Yuri S. PhD, Professor. E-mail: ivano.tanya2011@yandex.ua. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31.

Zolotareva, Victoriya V. PhD, Assistant professor Department of Commodity Science and Expertise of Non-Food Products. E-mail: viktoria802@gmail.com. Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky. Ukraine, 83117, Donetsk, st. Shchorsa 31.

Received in September 2018

Для цитирования:

Кочергин Ю.С., Золотарева В.В. Сравнительное исследование композиционных материалов на основе диглицидовых производных дифенилметана и дифенилпропана // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №11. С. 91–98. DOI: 10.12737/article_5bf7e3572873a5.94360721

For citation:

Kochergin Y.S., Zolotareva V.V. Comparative study of composite materials based on diglycidic derivatives of diphenylmethane and diphenylpropane. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2018, no. 11, pp. 91–98. DOI: 10.12737/article_5bf7e3572873a5.94360721