

EDN: YFISMT
УДК 678.686**В. В. ЗОЛОТАРЁВА^а, Л. Д. КАРАТ^б, Ю. С. КОЧЕРГИН^а**^а ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени
Михаила Туган-Барановского», ^б ГП «УкрГосНИИПластмасс»

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ С ПОМОЩЬЮ МОНОГЛИЦИДИЛОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация. Кислотнокатализируемой конденсацией спиртов с эпихлоргидрином получены моноэпоксидные соединения, которые представляют собой 2,3-эпоксипропиловые эфиры циклогексанола, бензилового спирта и 2-этоксиэтанола. По разбавляющей способности они превосходят широко применяемые на практике фенилглицидиловый эфир (ЭФГ) и крезилглицидиловый эфир марки УП-616. Показано, что свойства композитных материалов зависят как от типа разбавителя, так и от режима отверждения (без подогрева и с термообработкой при 120 °С). Одни разбавители способствуют увеличению параметров прочности при растяжении и деформации при разрыве, а также адгезионной прочности клеевых соединений при сдвиге, другие – модуля упругости и адгезионной прочности при отрыве. При этом наилучшее сочетание свойств обеспечивают 2,3-эпоксипропиловые эфиры циклогексанола и 2-этоксиэтанола. Синтезированные эпоксидные разбавители целесообразно использовать для получения маловязких эпоксидных композиций, в частности для производства заливочных материалов, лаков, не содержащих растворителей, материалов для покрытий полов с улучшенным комплексом деформационно-прочностных и адгезионных свойств.

Ключевые слова: эпоксидные композиты, моноглицидиловые разбавители, эпоксипропиловые эфиры циклогексанола, бензилового спирта и 2-этоксиэтанола, режим отверждения, деформационно-прочностные и адгезионные свойства.

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

Несмотря на сравнительно малый объём производства (немногим более 3 млн тонн), композитные материалы на основе эпоксидных смол приобрели значение особого класса материалов с необычайно широкими возможностями применения, что обусловлено их специфическими и одновременно почти универсальными свойствами. В технологии эпоксидных смол разбавители применяются преимущественно для снижения вязкости систем. При этом определенные типы разбавителей, изменяя свойства отвержденных смол, являются модификаторами, которые могут повышать или снижать температуру стеклования, избирательно повышать химстойкость, изменять электрические свойства и ударную вязкость [1–6]. С помощью разбавителей могут быть снижены или увеличены время жизни композиции и температура экзотермической реакции [3, 4, 7, 8]. Чаще всего на практике для регулирования технологических свойств эпоксидных композиций без заметного ухудшения их физико-механических свойств применяются так называемые активные разбавители – низковязкие моно- и диглицидиловые соединения. Наибольшей разбавляющей способностью обладают моноэпоксидные разбавители, простейшими из которых являются моноэпоксиды – глицидиловые эфиры фенола (ЭФГ), крезола (УП-616), бутанола (УП-624), спиртов C₁₂–C₁₄, неодакановой кислоты (Sandura E-10). Кроме того, они, как правило, повышают жизнеспособность композиций, улучшают их смачивающую способность и дают возможность увеличить количество вводимого наполнителя. В то же время моноэпоксидные разбавители отличаются повышенными летучестью и токсичностью, что в значительной мере ухудшает санитарно-гигиенические и экологические условия работы с композициями, в которых они присутствуют. Поэтому поиск новых представителей этого класса соединений представляет несомненный интерес.



АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

По химическому строению и активности относительно эпоксидных смол и отвердителей разбавители можно разделить на три типа: нереакционноспособные, реакционноспособные, содержащие эпоксидные группы, и реакционноспособные, содержащие неэпоксидные функциональные группы.

Как правило, нереакционноспособные (например, дибутилфталат) разбавители при низких концентрациях оказывают незначительное влияние на физико-механические свойства. По мере повышения концентрации такого разбавителя обычно ухудшаются свойства отвержденной системы. При этом часть разбавителя может выделяться в процессе отверждения, что приводит к увеличению усадки и ухудшению адгезии. Физическая сущность действия таких разбавителей заключается в повышении подвижности макромолекул полимеров вследствие ослабления межмолекулярных физических связей, ограничивающих кинетическую гибкость цепей блокированием полярных групп молекулами разбавителя, выполняющего, по существу, функцию пластификатора, или вследствие разделения ими цепей или агрегатов макромолекул [9–11]. Поэтому такие разбавители (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 название «антипластификация» [12].

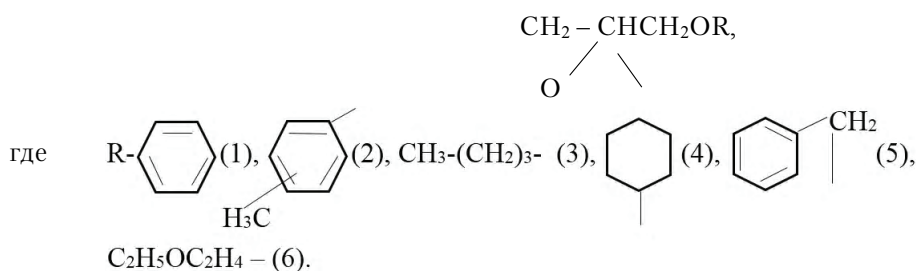
Реакционноспособные неэпоксидные разбавители представляют собой в частности низковязкие отвердители, а также соединения, которые могут реагировать с отвердителями, а не с эпоксидными смолами.

С целью регулирования вязкости и физических свойств полимеров могут быть использованы ди- или полиэпоксидные реакционноспособные разбавители. При этом такие разбавители обычно снижают температуру стеклования отвержденных систем [13–15].

Целью данной работы является синтез новых эпоксидных разбавителей и исследование их влияния на физико-механические и адгезионные свойства полимерных композиций.

Методология

Моноэпоксидные соединения были получены кислотнокатализируемой конденсацией спиртов с эпихлоргидрином (среда – избыток протонодонора) с последующим удалением избытка спирта и обработкой хлоргидриновых производных щелочью (в инертном растворителе). Они представляют собой 2,3-эпоксипропиловые эфиры циклогексанола, бензилового спирта и 2-этоксиэтанола (соответственно №№ 4, 5 и 6 в таблице). Для сравнения использовали также промышленные разбавители марок – ЭФГ (фенилглицидиловый эфир), УП-616 (крезилглицидиловый эфир) и УП-624 (бутил- глицидиловый эфир). Это соответственно соединения под номерами 1, 2 и 3.



В качестве эпоксидной смолы была использована промышленная диановая смола марки Epiko-te828 (массовая доля эпоксидных групп, 22,8 %, молекулярная масса 380). В качестве отвердителя эпоксидной смолы использовали диэтилентриамин ДЭТА. Отверждение проводили по режимам: 20 °С/168 ч (режим I) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (режим II) (таблица).

Предел прочности при растяжении σ_p и деформацию при разрыве ϵ_p измеряли на динамометре типа Поляни при скорости растяжения $3,83 \cdot 10^{-5}$ м/с на пленочных образцах толщиной 100–150 мкм. Модуль упругости (E) рассчитывали по наклону начального участка кривой $\sigma - \epsilon$. Мерой работы разрушения (A_p) служила площадь под кривой растяжения $\sigma - \epsilon$. Плёнки толщиной 100...150 мкм получали при отверждении полимерных композиций между двумя полированными поверхностями металлических плит, покрытых тонким слоем антиадгезива. Адгезионную прочность при сдвиге (τ_b) и отрыве ($\sigma_{отр}$) определяли по ГОСТ 14759-69 и 14760-69, соответственно.

Таблица – Характеристики моноэпоксидных разбавителей

Показатели свойств	R					
	1	2	3	4	5	6
Плотность, г/см ³ , 25 °С	1,108	1,060	0,900	0,993	1,070	1,026
Массовая доля эпоксидных групп, %	26,7	23,0	26,0	27,4	24,0	25,6
Содержание органического хлора, %	2,50	1,00	1,50	1,10	0,23	0,28
Динамическая вязкость, Па·с(·10 ³), 25 °С	5,5	6,0	1,5	3,7	4,4	3,3

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Из данных таблицы видно, что по разбавляющей способности, определяемой величиной динамической вязкости, вновь синтезированные разбавители превосходят широко применяемые на практике фенилглицидиловый эфир (ЭФГ) и крезилглицидиловый эфир марки УП-616, однако несколько уступают бутилглицидиловому эфиру марки УП-624.

Как следует из данных рис. 1–6, свойства композитных материалов зависят как от типа разбавителя, так и от режима отверждения (без подогрева и с термообработкой при 120 °С). При отверждении по режиму I введение промышленных разбавителей УП-616 и УП-624 обуславливает (рис. 1) снижение σ_p , а при использовании ЭФГ прочность, наоборот, возрастает. Влияние вновь синтезированных разбавителей на параметр σ_p также различно. Для разбавителя № 5 прочность уменьшается, а для разбавителей № 4 и № 6 увеличивается. Особенно значителен эффект для 2,3-эпоксипропилового эфира 2-этоксиэтанола, введение которого способствует увеличению σ_p на 30 % относительно исходного образца (не содержащего разбавитель). В случае композитов, отвержденных с подогревом (режим II), для всех промышленных разбавителей и № 5 прочность уменьшается, а для разбавителей № 4 и № 6 наблюдается весьма ощутимый рост σ_p (соответственно на 38 и 27 %). Деформация при разрыве ϵ_p (рис. 2) возрастает для всех исследованных разбавителей в случае отверждения образцов по режиму I. В наибольшей мере это проявляется для композитных материалов, содержащих разбавитель № 6. В случае образцов, отвержденных по режиму II, величина ϵ_p для всех разбавителей ниже почти в 2 раза, чем у исходного полимера. Исключение составляет только образец, содержащий разбавитель № 6, для которого не наблюдается снижение ϵ_p .

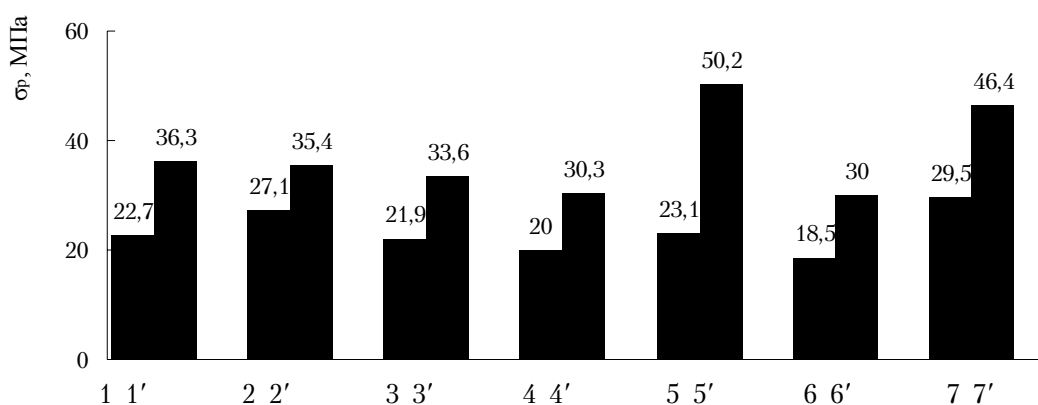


Рисунок 1 – Зависимость прочности при растяжении от химической природы моноэпоксидных разбавителей для композитов на основе исходной эпоксидной смолы (1, 1') и содержащей 20 масс. ч. разбавителя № 1 (2, 2'), № 2 (3, 3'), № 3 (4, 4'), № 4 (5, 5'), № 5 (6, 6') и № 6 (7, 7'). Образцы отверждены по режимам 20 °С/168 ч (1–7) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (1'–7').

Работа разрушения материала A_p выше, чем у исходного образца, для всех композитов, содержащих разбавитель, в случае отверждения по режиму I. Для образцов, отвержденных по режиму II, введение промышленных разбавителей и соединения № 5 приводит к значительному снижению A_p (более чем в 2 раза). В то же время при использовании разбавителей № 4 и № 6 удается даже несколько повысить данный параметр.

Во многом аналогичная картина наблюдается для показателя адгезионной прочности при сдвиге клеевых соединений, выполненных с применением исследуемых композиций (рис. 4). Величина τ_b

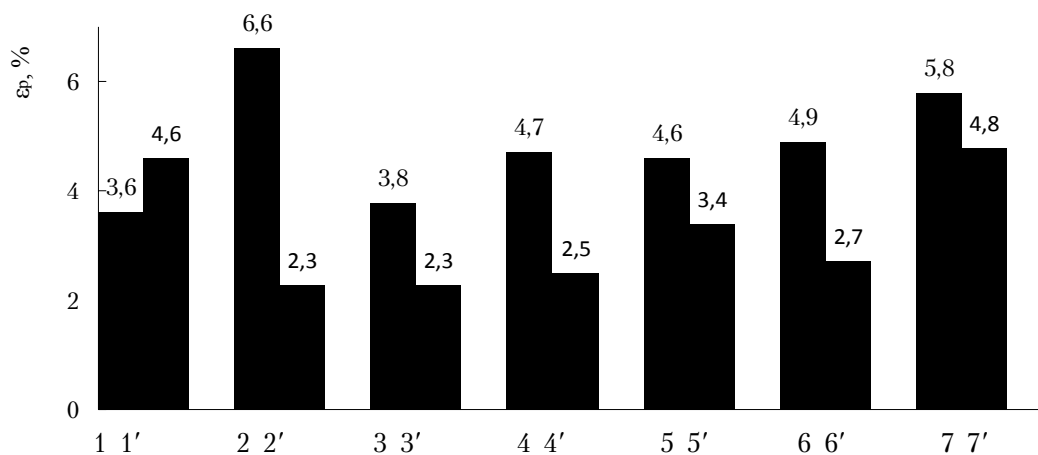


Рисунок 2 – Зависимость деформации при разрыве от химической природы моноэпоксидных разбавителей для композитов на основе исходной эпоксидной смолы (1, 1') и содержащей 20 масс. ч. разбавителя № 1 (2, 2'), № 2 (3, 3'), № 3 (4, 4'), № 4 (5, 5'), № 5 (6, 6') и № 6 (7, 7'). Образцы отверждены по режимам 20 °С/168 ч (1–7) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (1'–7').

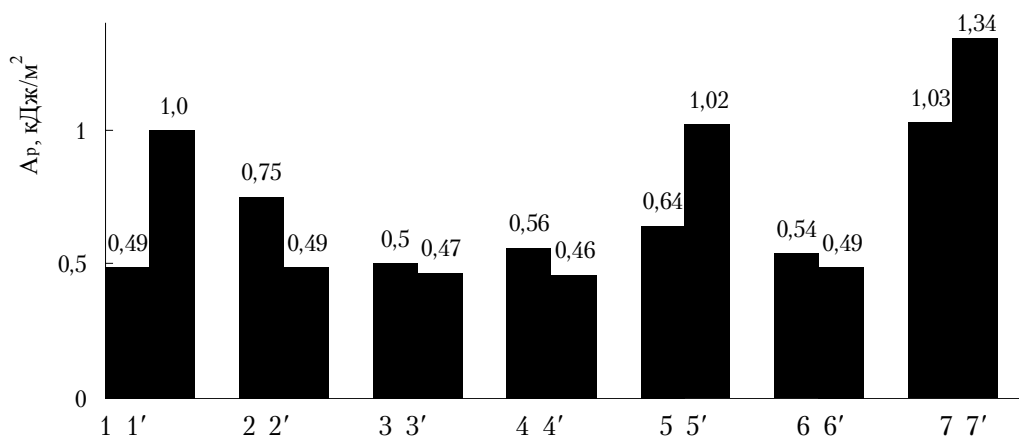


Рисунок 3 – Зависимость работы разрушения материала от химической природы моноэпоксидных разбавителей для композитов на основе исходной эпоксидной смолы (1, 1') и содержащей 20 масс. ч. разбавителя № 1 (2, 2'), № 2 (3, 3'), № 3 (4, 4'), № 4 (5, 5'), № 5 (6, 6') и № 6 (7, 7'). Образцы отверждены по режимам 20 °С/168 ч (1–7) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (1'–7').

для всех композиций, содержащих разбавители, выше, чем у исходного образца (от 37,1 % при использовании крезилглицидилового эфира до 60,2 % при введении разбавителя № 4). В случае отверждения по режиму II у всех разбавленных композиций, кроме содержащих разбавители № 4 и № 6, адгезионная прочность заметно ниже, чем у исходного материала.

Как следует из рис. 5, модуль упругости для непрогретых образцов возрастает для разбавителей №№1, 2, 4, 6 и снижается для разбавителей №№ 3 и 5. Наибольшее увеличение E наблюдается для разбавителей № 6 и № 1 (на 23,1 и 19,2 %, соответственно), а снижение (на 19,2 %) – для разбавителя № 5. В случае термообработанных образцов повышение модуля имеет место при введении всех исследуемых разбавителей, кроме 2,3-эпоксипропилового эфира бензилового спирта (№ 5). В наибольшей степени увеличение E , как и в случае непрогретых образцов, происходит при добавлении ЭФГ и 2,3-эпоксипропилового эфира 2-этоксиэтанола (соответственно на 34,0 и 23,7 %). Уменьшение E наблюдается только при использовании разбавителя № 5 (на 13,4 %).

При добавлении разбавителей адгезионная прочность при отрыве клеевых соединений (рис. 6) для всех рецептур, отвержденных по режиму I, существенно ниже, чем у исходного образца, не содержащего разбавитель. При этом уровень $\sigma_{отр}$ для всех образцов, содержащих разбавители, примерно одинаков. Исключение составляет клеевое содинение, выполненное на композиции, содержащей

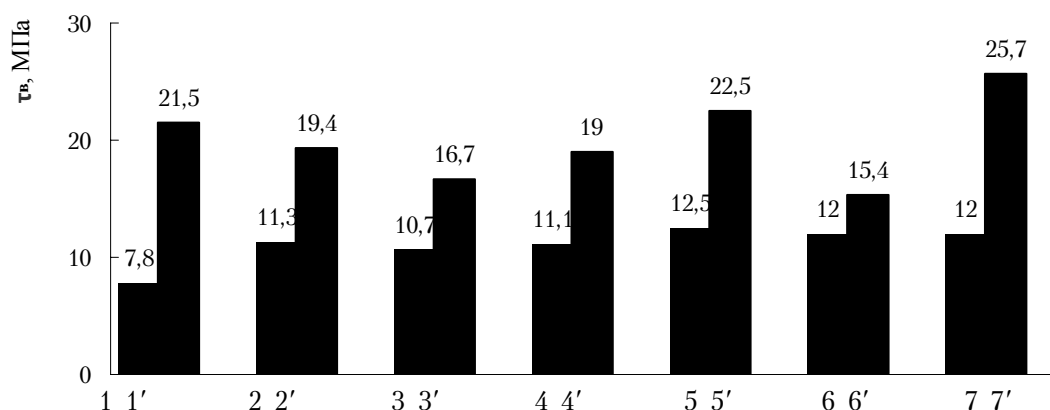


Рисунок 4 – Зависимость адгезионной прочности при сдвиге от химической природы моноэпоксидных разбавителей для композитов на основе исходной эпоксидной смолы (1, 1') и содержащей 20 масс. ч. разбавителя № 1 (2, 2'), № 2 (3, 3'), № 3 (4, 4'), № 4 (5, 5'), № 5 (6, 6') и № 6 (7, 7'). Образцы отверждены по режимам 20 °С/168 ч (1–7) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (1'–7').

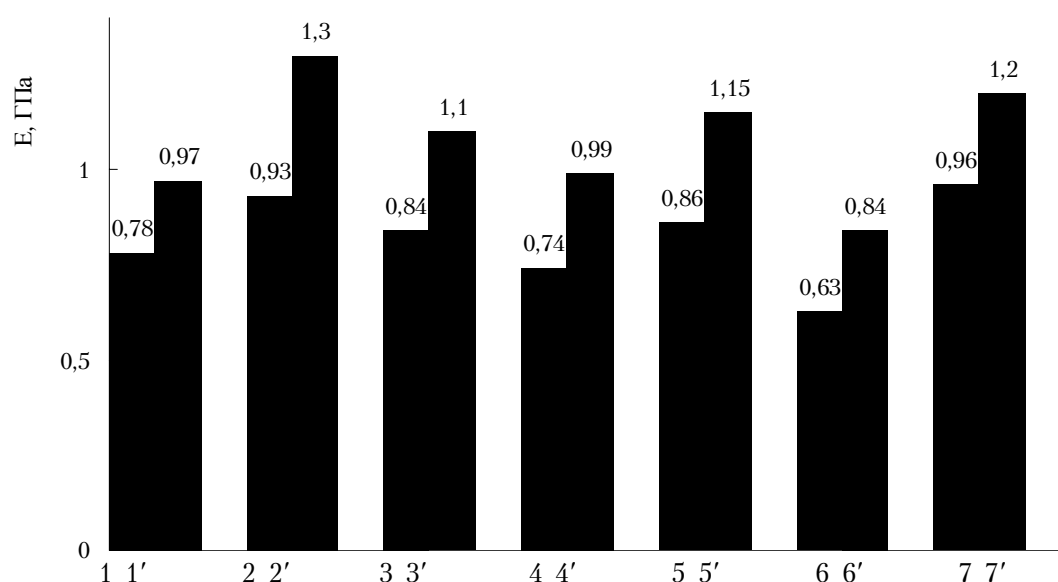


Рисунок 5 – Зависимость модуля упругости от химической природы моноэпоксидных разбавителей для композитов на основе исходной эпоксидной смолы (1, 1') и содержащей 20 масс. ч. разбавителя № 1 (2, 2'), № 2 (3, 3'), № 3 (4, 4'), № 4 (5, 5'), № 5 (6, 6') и № 6 (7, 7'). Образцы отверждены по режимам 20 °С/168 ч (1–7) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (1'–7').

разбавитель № 2. При добавлении последнего $\sigma_{отр}$ уменьшается почти в 3 раза. Прогретые образцы, кроме содержащих ЭФГ, также характеризуются меньшими значениями адгезионной прочности $\sigma_{отр}$, чем у исходного образца, но разница существенно меньше по сравнению с непрогретыми. При этом вновь синтезированные разбавители обеспечивают значительно больший уровень по сравнению с традиционными разбавителями УП-616 и УП-624.

С учетом величин адгезионной прочности и деформационно-прочностных характеристик (в частности работы разрушения) наиболее перспективными для применения в технологии эпоксидных композитов являются разбавители № 4 и № 6, т. е. 2,3-эпоксипропиловые эфиры циклогексанола и 2-этоксиэтанола.

Представленные результаты позволяют рекомендовать синтезированные нами эпоксидные разбавители для получения низковязких эпоксидных композиций (что особенно важно при производстве заливочных материалов, лаков, не содержащих растворителей, покрытий для полов и др.) с улучшенным комплексом деформационно-прочностных и адгезионных свойств.

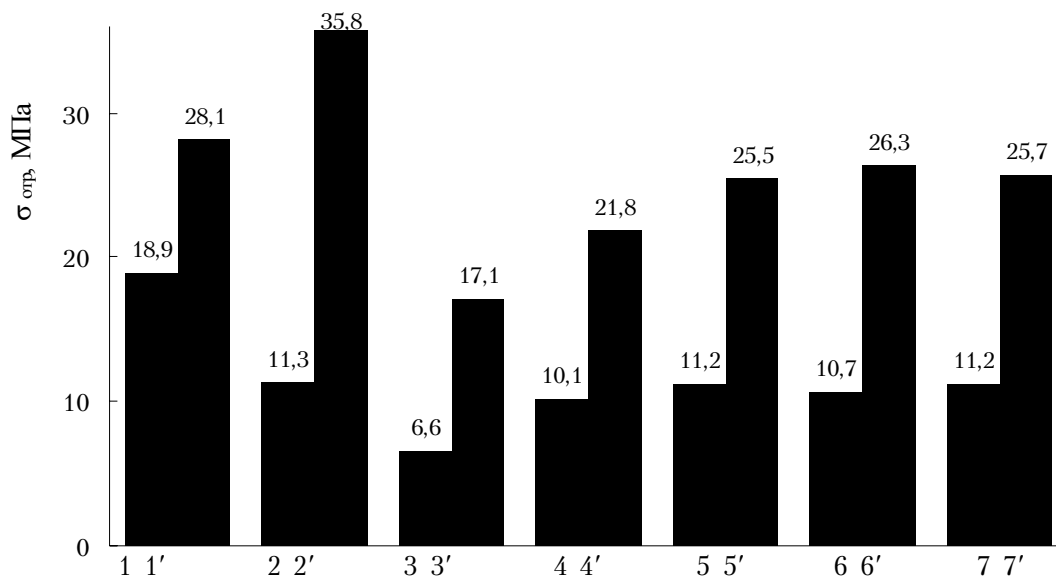


Рисунок 6 – Зависимость адгезионной прочности при равномерном отрыве от химической природы моноэпоксидных разбавителей для композитов на основе исходной эпоксидной смолы (1, 1') и содержащей 20 масс. ч. разбавителя № 1 (2, 2'), № 2 (3, 3'), № 3 (4, 4'), № 4 (5, 5'), № 5 (6, 6') и № 6 (7, 7'). Образцы отверждены по режимам 20 °С/168 ч (1–) и 20 °С/24 ч + 120 °С/3 ч (1'–7').

ВЫВОДЫ

Кислотнокатализируемой конденсацией спиртов с эпихлоргидрином (среда – избыток протоно-донора) с последующим удалением избытка спирта и обработкой хлоргидриновых производных щелочью (в инертном растворителе) получены моноэпоксидные соединения, которые представляют собой 2,3-эпоксипропиловые эфиры циклогексанола, бензилового спирта и 2-этоксиэтанола. Исследование их влияния в качестве активных разбавителей эпоксидных смол на деформационно-прочностные и адгезионные характеристики показало, что свойства композитных материалов зависят как от типа разбавителя, так и от режима отверждения (без подогрева и с термообработкой при 120 °С). Одни разбавители способствуют увеличению параметров прочности при растяжении и деформации при разрыве, а также адгезионной прочности при сдвиге, другие – адгезионной прочности при отрыве и модуля упругости. При этом наилучшее сочетание свойств обеспечивают 2,3-эпоксипропиловые эфиры циклогексанола и 2-этоксиэтанола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабин, А. Н. Связующие для полимерных композиционных материалов нового поколения / А. Н. Бабин. – Текст : непосредственный // Труды ВИАМ. – 2013. – № 4. – С. 1–24.
2. Давлетшина, И. Р. Перспективы рынка эпоксидных композиций / И. Р. Давлетшина, А. А. Шайдуллина. – Текст : непосредственный // Вектор экономики. – 2018. – № 4 (22). – С. 21–29.
3. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю. С. Зайцев, Ю. С. Кочергин, М. К. Пактер, Р. В. Кучер. – Киев : Наукова думка, 1990. – 200 с. – Текст : непосредственный.
4. Ли, Х. Справочное руководство по эпоксидным смолам / Х. Ли, К. Невилл. – Москва : Энергия, 1973. – 416 с. – Текст : непосредственный.
5. Связующие для полимерных композиционных материалов, применяемых при строительстве быстровозводимых мостовых сооружений / А. И. Ткачук, А. Г. Загора, К. И. Донецкий, А. А. Евдокимов. – Текст : непосредственный // Труды ВИАМ. – 2020. – № 12. – С. 67–74.
6. Panda, Dr. H. Epoxy Resins Technology Handbook / Dr. H. Panda. – [S. l.] : Asia Pacific Business Press Inc., 2017. – 576 p. – ISBN 8178331748. – Текст : непосредственный.
7. Еселев, А. Д. Сырьевая база клеев и лакокрасочных материалов / А. Д. Еселев, В. А. Бобылев. – Текст : непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2012. – № 4. – С. 25–31.
8. Исследование винилокса в качестве разбавителя эпоксидных композиций / Ю. С. Кочергин, Т. И. Григоренко, Н. А. Недоля, Е. Э. Самойлова. – Текст : непосредственный // Вопросы химии и химической технологии. – 2010. – № 4. – С. 80–84.

9. Мостовой, А. С. Рецептурная модификация эпоксидных смол с использованием новых высокоэффективных пластификаторов / А. С. Мостовой. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 7. – С. 66–70.
10. Барштейн, Р. С. Пластификаторы для полимеров / Р. С. Барштейн, В. И. Кириллович, Ю. Е. Носовский. – Москва : Химия, 1982. 216 с. – Текст : непосредственный.
11. Хозин, В. Г. Усиление эпоксидных полимеров / В. Г. Хозин. – Казань : Изд-во ПИК «Дом печати», 2004. – 446 с. – Текст : непосредственный.
12. Козлов, В. П. Физико-химические основы пластификации полимеров / В. П. Козлов, С. П. Папков – Москва : Химия, 1981. – 224 с. – Текст : непосредственный.
13. Реологические свойства эпоксидных олигомеров с активными разбавителями – лапроксидами и лапролатом / А. Я. Нагорная, Д. А. Трофимов, С. И. Шалгунов [и др.]. – Текст : непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 7. – С. 21–27.
14. Петрова, А. П. Основные компоненты клеев и их вклад в свойства клеевых соединений / А. П. Петрова. – Текст : непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2016. – № 8. – С. 34–43.
15. Петрова, А. П. Связующие для полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров / А. П. Петрова, Р. Р. Мухаметов. – Текст : непосредственный // Клеи. Герметики. Технологии. – 2018. – № 7. – С. 21–27.

Получена 29.12.2022

Принята 27.01.2023

В. В. ЗОЛОТАРЬОВА ^a, Л. Д. КАРАТ ^b, Ю. С. КОЧЕРГІН ^a
РЕГУЛЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ ЗА
ДОПОМОГОЮ МОНОГЛІЦИДИЛОВИХ СПОЛУК

^a ДО ВПО «Донецький національний університет економіки та торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського», ^b ДП «УкрдержНДІпластмас»

Анотація. Кислотнокаталізованою конденсацією спиртів з епіхлоргідринотримани моноепоксидні сполуки, які являють собою 2,3-епоксипропілові ефіри циклогексанолу, бензилового спирту та 2-етоксигетанолу. За здатністю розбавляти вони перевершують широко застосовувані на практиці фенілгліцидиловий ефір (ЕФГ) і крезилгліцидиловий ефір марки УП-616. Показано, що властивості композитних матеріалів залежать як від типу розріджувача, так і від режиму затвердіння (без підігріву і з термообробкою при 120 °С). Одні розріджувачі сприяють збільшенню параметрів міцності при розтягуванні та деформації при розриві, а також адгезійної міцності клейових сполук при зсуві, інші – модуля пружності та адгезійної міцності при відриві. При цьому найкраще поєднання властивостей забезпечують 2,3-епоксипропілові ефіри циклогексанолу та 2-етоксигетанолу. Синтезовані епоксидні розбавлювачі доцільно використовувати для отримання малов'язких епоксидних композицій, зокрема, для виробництва заливних матеріалів, лаків, що не містять розчинників, матеріалів для покриттів підлог з поліпшеним комплексом деформаційно-міцнісних та адгезійних властивостей.

Ключові слова: епоксидні композити, моногліцидилові розбавлювачі, епоксипропілові ефіри циклогексанолу, бензилового спирту та 2-етоксигетанолу, режим затвердіння, деформаційно-міцнісні та адгезійні властивості.

VIKTORIYA ZOLOTAREVA ^a, LEONID KARAT ^b, YURIY KOCHERGIN ^a
CONTROL OF THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITES USING
MONOGLYCIDIL COMPOUNDS

^a State Organization of Higher Professional Education «Donetsk National University of
Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky»,

^b SE «UkrghosNIPlastmass»

Abstract. Acid-catalyzed condensation of alcohols with epichlorohydrin produced monoepoxide compounds, which are 2,3-epoxypropyl esters of cyclohexanol, benzyl alcohol and 2-ethoxyethanol. In terms of dilution ability, they surpass the widely used phenylglycidyl ether (EFG) and cresylglycidyl ether of the UP-616 brand. It is shown that the properties of composite materials depend both on the type of diluent and on the curing mode (without heating and with heat treatment at 120 °C). Some diluents contribute to an increase in the parameters of tensile strength and deformation at break, as well as the adhesive strength of adhesive joints during shear, others – the modulus of elasticity and adhesive strength at separation. At the same time, the best combination of properties is provided by 2,3-epoxypropyl ethers of cyclohexanol and 2-ethoxyethanol. The synthesized epoxy diluents are suitably used for the preparation of low viscosity epoxy

compositions, in particular for the production of filler materials, solvent-free varnishes, flooring materials with an improved complex of deformation-strength and adhesion properties.

Keywords: epoxy composites, monoglycidyl diluents, epoxypropyl ethers of cyclohexanol, benzyl alcohol and 2-ethoxyethanol curing mode, deformation-strength and adhesive properties.

Золотарёва Виктория Владимировна – кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: товароведение полимерных и композиционных материалов.

Карат Леонид Дмитриевич – кандидат химических наук; ведущий научный сотрудник ГП «УкрГосНИИпласт-масс». Научные интересы: химия и технология олигомерных и высокомолекулярных соединений.

Кочергин Юрий Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры товароведения ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского». Научные интересы: технология и физико-механика полимерных композиционных материалов.

Золотарьова Вікторія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства ДО ВПО «Донецкий национальный университет экономики та торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: товарознавство полімерних та композиційних матеріалів.

Карат Леонід Дмитрович – кандидат хімічних наук, провідний науковий співробітник ДП «УкрдержНДІпласт-мас». Наукові інтереси: хімія та технологія олигомерних та високомолекулярних сполук.

Кочергін Юрій Сергійович – доктор технічних наук, професор кафедри товарознавства кафедри товарознавства ДО ВПО «Донецкий национальный университет экономики та торгівлі імені Михайла Туган-Барановського». Наукові інтереси: хімія, технологія, фізико-механіка полімерних та композиційних матеріалів.

Zolotarova Viktoriya – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Commodity Science Department, State Organization of Higher Professional Education «Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky». Scientific interests: merchandising of polymeric and composite materials.

Karat Leonid – Ph. D. (Chemical), Leading Researcher SE «UkrGosNIIPlastmass». Scientific interests: chemistry, technology, physico-mechanics of polymer and composite materials.

Kochergin Yuriy – D. Sc. (Eng.), Associate Professor, Commodity Science Department, State Organization of Higher Professional Education «Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky». Scientific interests: chemistry, technology, physico-mechanics of polymer and composite materials.