

УДК 691.175.2

**В. С. БЕЗГИН**

Киевский национальный университет строительства и архитектуры

## **ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ КОМПАУНДЫ ДЛЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ, МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ТИОКОЛОМ**

В работе представлены результаты исследования материалов для производства компаундов, с повышенными адгезионными характеристиками к металлическим поверхностям. Проведено исследование характеристик прочности разработанных компаундов на основе термопластичных эпоксидиановых смол – ЭД-3, ЭД-4к, ЭД-8 и полигидроксиэфира «Диапласт», имеющего аналогичную химическую формулу, но с большей молекулярной массой. Продукт «Диапласт» марки А (ТУ 6-05-241-457-85) с динамической вязкостью 0,5 Па·с (0,2 г Диапласта на 100 мл диметилформамида), который получали, как и остальные термопластические смолы, прямым взаимодействием эпихлоргидрина (ЭХГ) и бисфенола А, но при этом синтез длился в несколько раз дольше. В качестве модифицирующих добавок был выбран синтетический полисульфидный каучук. Установлена возможность повышения адгезионной прочности исследуемых образцов, а также определены зависимости механических характеристик композиции от концентрации наполнения. Выделены оптимальные материалы с повышенными характеристиками, которые могут использоваться в качестве компаундов в узлах металлоконструкций.

**компаунды, термоэластопласты, композиционные материалы, эпоксидные смолы**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

С каждым днем спрос на металлоконструкции растет. Более 60 % металлических конструкций в строительстве позиционируются как разборные или полуразборные, с применением различных узлов соединения, что дает возможность их быстрого возведения и разборки. В таких конструкциях нередко используют болтовые узлы. Недостатками такого соединения являются незащищенность от воздействия внешней среды и возникновении возможных дефектов при эксплуатации. Действие окружающей среды на болтовое соединение ограничивают с помощью применения защитных покрытий, но при этом стоимость конструкции возрастает. При этом возникновение дефектов между болтовым соединением и поверхностью металлоконструкции возникает зазор, и во время эксплуатации тяжело избежать появления нежелательных дефектов: попадания влаги, коррозии, появления грязевого засорения. Исходя из этого необходима разработка нового материала для усиления металлических конструкций, а также предотвращения дефектности соединения. Большой интерес для таких разборных узлов представляют термопласты с повышенными адгезионными характеристиками.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Анализируя научную литературу, можно отметить, что термопластические компаунды отличаются от других видов компаундов рядом специфических свойств и преимуществ, таких как отсутствие органических растворителей в их составе, простота технологии применения, высокая скорость застывания и экологическая безопасность. Термопластичными материалами для компаундов принято называть термопласты, переходящие в вязкотекучее состояние при нагревании и снова затвердевающие при охлаждении. Первое применение клеев-расплавов относится к началу 50-х годов, и с каждым годом их производство во всем мире постоянно увеличивается. Их применение позволяет достичь высоких скоростей массового производства, также такие компаунды хорошо вписались и в мелкосерийное производство, где они существенно сокращают сроки выпуска продукции и снижают трудоемкость.

На украинском рынке в настоящее время наиболее широко представлены следующие виды термопластичных компаундов: полиамидные, полиолефиновые и полиуретановые.

## ЦЕЛИ

Получить термопластический материал для усиления узлов металлоконструкций с повышенными адгезионными и эксплуатационными характеристиками.

## ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

В работе [1] проводится анализ существующих термопластов, а также выделяются альтернативные материалы – эпоксидиановые термопласты с высокой молекулярной массой.

Исходным материалом для проведения исследований было взято ряд термопластичных эпоксидиановых смол, характеристики которых приведены в таблице 1. Следует отметить, что приведенные термоэластомеры без введения отвердителей имеют низкие показатели адгезионной прочности к металлическим поверхностям. Основным направлением исследований послужили адгезионные характеристики материалов, а именно прочность на разрыв, прочность на сжатие, прочность при сдвиге, относительное удлинение при растяжении. Прочность на разрыв определялась по методике из ГОСТ 14760-69, прочность при сдвиге выполнялась по методике ГОСТ 11262-80, прочность на сдвиг склеиваемых металлических поверхностей измеряли по методике ГОСТ 14759-69, а прочность при сжатии – ГОСТ 4651-82.

**Таблица 1** – Основные характеристики термопластичных эпоксидиановых смол

Смола без модификатора	Молекулярная масса	Массовая доля эпоксидных групп, %	Прочность на разрыв, МПа		
			Титан «ВТ1-0»	Алюминий «АД1Н»	Сталь «Ст.3»
«ЭД-3»	1 240	6,2	–	0,7	0,4
«ЭД4к»	1 830	4,7	0,6	0,9	0,6
«ЭД-8»	640	8,7	–	0,9	0,4
«Диапласт»	10 800	0,1	12,1	14,9	20,1

Обратим внимание, что большинство смол при комнатной температуре растрескиваются из-за большого внутреннего напряжения между молекулами материала. Эпоксидная смола марки «Диапласт» имеет отличительные свойства за счет высокой молекулярной массы и, соответственно, длинной линейной структуры. Улучшению адгезионных характеристик термопластических полимерных к металлическим поверхностям ведет их модификация, стабилизация и флексибилизация. В статье [2] проведены исследования по введению добавок в различные эпоксидиановые смолы и изучению их прочностных характеристик. Было определено, что оптимальными модификаторами для термопластических смол являются тиоколы, синтетические полисульфидные каучуки. Результаты исследований представлены на рисунках 1, 2, 3.

Анализируя полученные данные, отметим, что полисульфидный каучук стабилизирует структуру термопластичных эпоксидных смол. Это позволяет получить композиции с повышенными адгезионными свойствами к металлическим поверхностям и соответственно применять их при возведении разборных металлических конструкций. Также можно сделать вывод, что в большинстве случаев при введении небольшого количества каучука в термопластическую эпоксидную смолу наблюдается повышение адгезионных характеристик, то есть наблюдается эффект малых добавок. Выберем оптимальные композиции и составим таблицу 2.

Полученные композиции имеют различные температурные границы расплавления и стеклования, что позволяет создать ряд специализированных термопластичных клеевых композиций и компаундов для усиления болтовых соединений. Отметим, что большой интерес вызывают эпоксидиановые смолы с высокой молекулярной массой.

## ВЫВОДЫ

Установлена возможность повышения адгезионной прочности исследуемых образцов, а также определены зависимости механических характеристик композиции от концентрации наполнения термопластических эпоксидных смол жидким синтетическим полисульфидным каучуком. Разработаны оптимальные материалы с повышенной адгезией к металлическим поверхностям, которые могут использоваться в качестве компаундов в узлах металлоконструкций.

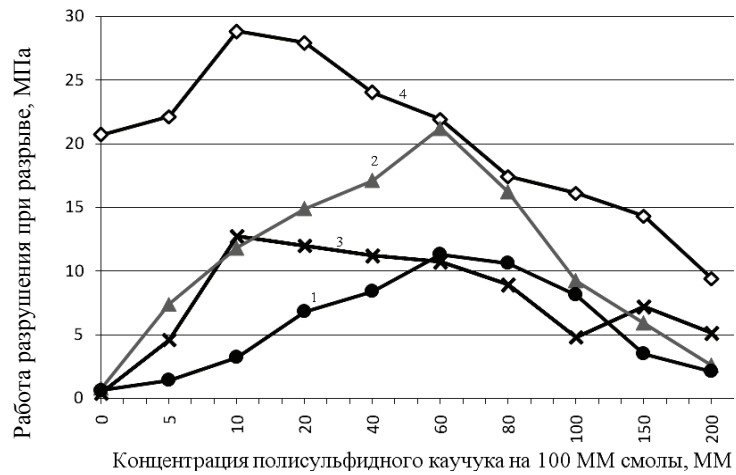


Рисунок 1 – Зависимость прочности на разрыв (МПа) от концентрации полисульфидного каучука. 1 – ЭД-3; 2 – ЭД-4к; 3 – ЭД-8; 4 – «Диапаст».

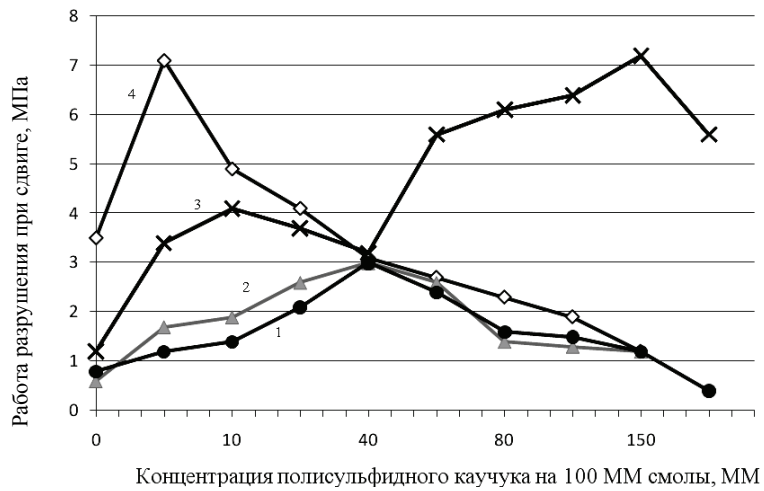


Рисунок 2 – Зависимость показателя работы разрушения при сдвиге клеевого соединения (МПа) от концентрации полисульфидного каучука. 1 – ЭД-3; 2 – ЭД-4к; 3 – ЭД-8; 4 – «Диапаст».

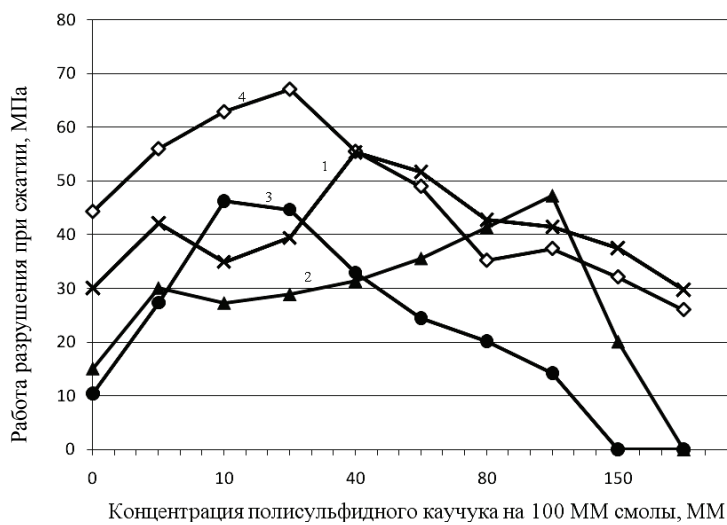


Рисунок 3 – Зависимость работы разрушения при сжатии полимерной композиции (МПа) от концентрации полисульфидного каучука. 1 – ЭД-3; 2 – ЭД-4к; 3 – ЭД-8; 4 – «Диапаст».

Таблица 2 – Оптимальная концентрация и основные физико-механические свойства

Смола	Концентрация ПС-каучука на 100 ММ смолы	Прочность на разрыв, МПа	Прочность на сдвиг, МПа	Прочность на сжатие, МПа	Температурный диапазон работы композиции, °С
ЭД-3	40	9,2	3	54	-20 – 160
ЭД-4к	60	21	2,5	34	-30 – 120
ЭД-8	10	12,5	4,1	47	-20 – 80
Диапласт	10	27	5	62	-40 – 210

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безгин, В. С. Адгезионные свойства композиций на основе твердых эпоксидных смол, модифицированных жидким карбоксилатным каучуком [Текст] / В. С. Безгин // Сб. докл. XIII Всеукраинской конференции высокомолекулярных соединений / Институт хімії високомолекулярних сполук НАН України. – Киев : ИХВС НАНУ, 2013. – С. 11–15.
2. Безгин, В. С. Клеи-расплавы на основе полигидроксиэфира марки Диапласт [Текст] / В. С. Безгин, Т. И. Григоренко, Ю. С. Кочергин // Сборник трудов. Тезисы докладов международной научно-технической конференции «Современные достижения в области клеев и герметиков. Материалы. Сырье. Технологии» / НИИ полимеров. – Дзержинск : [б. и.], 2013. – С. 182–184.
3. Петрова, А. П. Клеящие материалы [Текст] : [Справочник] / Петрова А. П. ; Под ред. Е. Н. Каблова и С. В. Резниченко. – М. : ЗАО «Редакция журнала "Каучук и резина"», 2002. – 196 с.
4. Шилдз, Дж. Клеящие материалы [Текст] : [Справочник] / Дж. Шилдз ; пер. с англ. под ред. В. П. Батизата. – М. : Машиностроение, 1980. – 368 с.
5. Хрулев, В. М. Технология и свойства композитных материалов для строительства [Текст] / В. М. Хрулев. – Уфа : ГАУ, 2001. – 164 с.
6. Строительные материалы (Материаловедение) [Текст] : Учебное пособие / В. Г. Микульский, Г. И. Горчаков, В. В. Козлов [и др.]. – М. : изд. Ассоциация строит. вузов, 2004. – 536 с.
7. Еселев, А. Д. Выставки, конференции, курсы [Текст] / А. Д. Еселев, В. Ф. Строганов / Клеи. Герметики. Технологии. – 2009. – № 10. – С. 33–37.
8. Чернин, И. З. Эпоксидные полимеры и композиции [Текст] / И. З. Чернин, Ф. М. Смехов, Ю. В. Жердев. – М. : Химия, 1982. – 230 с.
9. Эпоксидные клеи: свойства и опыт применения [Текст] / Ю. С. Кочергин, Т. И. Григоренко, В. В. Шологон // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури : Збірник наукових праць. – Макіївка, 2006. – Вип. 2006-5(61) : Сучасні будівельні матеріали. – С. 161–169.
10. Kochergin, Yu. S. Special – Purpose Epoxy Adhesives / Yu. S. Kochergin, T. A. Kulik, T. I. Grigorenko // Polymer Sci.-Ser.C. – 2007. – Vol. 49, N 1. – P. 17–21.
11. Эпоксидные смолы и полимерные материалы на их основе [Текст] : [каталог] / УкрНИИпластмасс, Отд-ние НИИТЭИ ; под ред. И. М. Шологона, сост. Э. С. Беляя. – Черкассы : НИИТЭХИМ, 1989. – 56 с.

Получено 12.03.2015

В. С. БЕЗГІН

ТЕРМОПЛАСТИЧНІ КОМПАУНДИ ДЛЯ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ НА  
ОСНОВІ ЕПОКСИДНИХ СМОЛ, МОДИФІКОВАНІ ТІОКОЛОМ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

У роботі представлені результати дослідження матеріалів для виробництва компаундів, з підвищеними адгезійними характеристиками до металевих поверхонь. Проведено дослідження характеристик міцності розроблених компаундів на основі термопластичних епоксидіанових смол – ЕД-3, ЕД-4к, ЕД-8 і полігидроксиєфіру «Діапласт», що має аналогічну хімічну формулу, але з більшою молекулярною масою. Продукт «Діапласт» марки А (ТУ 6-05-241-457-85) з динамічною в'язкістю 0,5 Па·с (0,2 г Діапласту на 100 мл диметилформаміду), який отримували, як і решту термопластичних смол, прямою взаємодією епіхлоргідрину (ЕХГ) і бісфенолу А, але при цьому синтез тривав у кілька разів довше. За модифікуючі добавки був обраний синтетичний полісульфідний каучук. Встановлено можливість підвищення адгезійної міцності досліджуваних зразків, а також визначено залежності механічних характеристик композицій від концентрації наповнення. Виділено оптимальні матеріали з підвищеними характеристиками, які можуть використовуватися як компаунди у вузлах металлоконструкцій.

**компаунди, термоеластоласти, композиційні матеріали, епоксидні смоли**

BEZGIN VITALII  
THERMOPLASTIC COMPOUNDS FOR METAL-BASED EPOXY RESINS,  
MODIFIED POLYSULFIDE RUBBER

Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture

The paper deals with the results of the study materials for the production of structural hot melt adhesives with the properties of the existing hot melt adhesives and their applications, highlighting their main physical and mechanical properties. A study of the strength characteristics of hot melt adhesives based on epoxidated mastic gums – ED-3, ED-4, ED-8 and polyhydroester «Diaplast», having high molecular weight. The product «Diaplast» of grade A (TU 6-05-241-457-85 ) with a dynamic viscosity of 0,5 Pa·s (0,2 g of Diaplast per 100 ml of dimethyl formamide), which was prepared by the direct interaction of epichlorhydrin (ECH) and bisphenol A. Rasin-based polysulfide rubber was chosen as modifying builders were. The possibility of the adhesive strength of samples under investigation has been found out, and also the dependences of mechanical characteristic of compositions on concentration of filling have been determined. The best possible materials, having advanced characteristics, which can be used as compounds in the sites of steel constructions.

**hot melt adhesives, polyhydroxyether, composite materials, thermoplastic polymers**