

5. Матыева А.К. Особенности получения арболита на основе растительно-гипсовой композиции, модифицированной полимерными катными добавками. – Новосибирск: НГАУ, 2008. – С.89-95.

6. Курдюмова В.М., Чымыров А.У. Исследование контактных связей в структуре композиционных плит // Вестник КГУСТА. Вып.1. – Бишкек, 2002. – С.14-21.

Получено 14.11.2011

УДК 678.6

О.В.ПИРІКОВ, канд. техн. наук, Г.М.КУДЕЛІНА

Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського

ФУНКЦІОНАЛЬНА СИНЕРГІЯ ЕПОКСИДНОКАУЧУКОВИХ КОМПАУНДІВ

Описано способи рішення важливих науково-технічних завдань зі склеювання виробів з поліаміду, кварцу, ситалу та ін. Ефект досягається за рахунок модифікації епоксидних композицій рідкими каучуками, що являють собою блок-сополімери олігобутадієну та акрилонітрилу з кінцевими карбоксильними групами, а також застосування отверджувачів, які забезпечують максимальну термодинамічну спорідненість полімеру з матеріалом, що склеює, та застосування механохімічного способу обробки поверхні.

Описаны способы решения важных научно-технических задач по склеиванию изделий из полиамида, кварца, ситалла и др. Эффект достигается за счет модификации эпоксидных композиций жидкими каучуками, представляющими собой блок-сополимеры олигобутадиена и акрилонитрила с концевыми карбоксильными группами, а также применения отвердителей, обеспечивающих максимальное термодинамическое сродство полимера со склеиваемым материалом и механохимического способа обработки склеиваемой поверхности.

Principle of glues creation of the special setting is considered in the article. It is set that efficiency of composition is achieved due to modification of epoxy compositions by liquid rubbers representing oligomerbutadien and akrylonitril with finished carboxyl groups, and also applications of solidity, providing maximal thermodynamics affinity of polymer with the glued together material and mechanic-chemical method of treatment of the glued together surface.

Ключові слова: епоксидні полімери, адгезія, реактопласти, склопластики феноло-фурфурольно-формальдегідні, каучук, модифікація, епоксиднофенолоформальдегідні епоксидні олігомери, отверджувачі, полярність, термодинамічна сумісність, віброшумопоглинання, сцинтиляційні детектори, поліалканімід, поліамід, кварц, ситал.

Епоксидні полімери завдяки високій адгезії до багатьох матеріалів з успіхом використовуються як клеї в різних галузях народного господарства. Розробка складів композиційних матеріалів з використанням модифікованих епоксидних олігомерів з підвищеними експлуатаційними властивостями на основі встановлення закономірностей формування матриці, що представлена еластичними епоксиполімерами на сьогоднішній день дуже актуальний та перспективний напрямок роботи.

Метою роботи є модифікація епоксидних полімерів рідкими реакційно здатними каучуками, яка дозволяє уникнути недоліків, а також розширити галузь їх застосування для склеювання матеріалів спеціаль-

ного призначення, високою адгезією до різних субстратів і працездатних в широкому інтервалі температур. Нижче наведено властивості таких клеїв.

Епоксидний клей для поліамідів. Найчастіше для склеювання поліамідів при температурі навколишнього середовища застосовують клей ПУ-2, або розчин даного поліаміду в суміші спирту і фенолу [2]. Останній забезпечує більш високу (приблизно в 1,5 рази) адгезію до поліаміду в порівнянні з ПУ-2, але величина адгезійної міцності невелика. Опір зсуву (τ_v) не перевищує 3-4 МПа.

У зв'язку з цим задача створення високоміцних клеїв для поліамідів є дуже актуальною. Нами була здійснена спроба вирішення даної задачі шляхом використання клеїв на основі епоксидних олігомерів. При цьому ми виходили з основних положень дифузійної теорії адгезії [3]. З метою попередньої оцінки сумісності нами був зроблений розрахунок параметрів розчинності (δ) для епоксидних полімерів і поліаміду по формулі, що враховує адитивний внесок кожного атома і типу міжмолекулярної взаємодії [4]. Розраховані значення складають: для поліаміду – $11,4 \text{ (кал/см)}^{1/2}$, для епоксидних полімерів [3], залежно від їхньої хімічної природи, – $10,1 \div 10,7$, тобто термодинамічна сумісність поліамідних субстратів з епоксидними клеями досить висока. Отже, з термодинамічної точки зору, застосування епоксидних клеїв для склеювання поліамідів доцільне. Використання для склеювання поліамідів епоксидного клею холодного отвердження марки УП-5-233, який представляє собою продукт модифікації діанового олігомера рідким каучуком, дало досить високі значення адгезійної міцності ($5,2\text{-}5,6$ МПа), що в $1,4 \div 1,8$ рази вище, ніж при склеюванні розчином поліаміду в суміші фенолу зі спиртом. Однак для надійної роботи клейових з'єднань у багатьох випадках необхідно мати клейову композицію, що забезпечує адгезійну міцність на рівні когезійної міцності самого субстрату, що складає для поліаміду $\sim 9,0$ МПа.

В результаті додаткового дослідження впливу хімічної природи епоксидних олігомерів і отверджуючих агентів, полярності і функціональності модифікуючи додатків на величину адгезії епоксиолімерів до поліаміду був розроблений епоксидний клей, призначений для склеювання поліамідів між собою і з металами. При механічній обробці (зашкурювання наждачним папером) поверхні поліаміду він забезпечує $\tau_v = 7,0 \div 7,5$ МПа. Оскільки це значення адгезійної міцності трохи нижче когезійної міцності поліаміду, нами були проведені роботи, спрямовані на збільшення адгезійної міцності за рахунок спеціальних способів підготовки поверхні поліамідного субстрату, зокрема хіміко-механічним методом. Застосування хіміко-механічного способу для підготовки по-

верхні поліаміду не привело до істотного підвищення адгезійної міцності. У зв'язку з цим були проведені роботи з обробки поверхні поліаміду органічними сполуками, в яких поліамід розчиняється. Використані розчинники й отримані значення адгезійної міцності наведено в табл.1. Видно, що застосування розробленого клею у випадку попередньої обробки поверхні поліаміду 20%-ним розчином фенолу в спирті дає можливість досягти міцності клейових з'єднань, яка дорівнює міцності самого поліаміду.

Таблиця 1 – Залежність міцності клейових з'єднань від способу обробки поверхні

Спосіб обробки поверхні	τ_b , МПа	Характер руйнування
1.20%-ним розчином у етиловому спирті:		
а) фенолу	9,0 ÷ 9,6	по поліаміду
б) резорцину	5,4 ÷ 6,5	змішаний
в) пірокатехіну	5,9 ÷ 6,4	змішаний
г) флороглюцину	5,4 ÷ 6,1	змішаний
2. Гексаметилендіізоціанатом	4,3	адгезійний
3. Ізопропіловим спиртом	5,2 ÷ 5,8	змішаний
4. Диметилформамідом	4,5 ÷ 5,0	змішаний
5.Розчином метилбензойної кислоти	4,5 ÷ 5,0	змішаний
6. Оцтовою кислотою		
7. Мурашиною кислотою	3,5 ÷ 3,8	адгезійний
8. Механічний (зашкурювання)	4,2	адгезійний
	7,0 ÷ 7,5	змішаний

Епоксидні клеї з малим рівнем внутрішніх напружень. Традиційні епоксидні клеї не можуть бути використані для склеювання крихких матеріалів, таких як кварц, скло, ферит, кераміка та ін. Це пов'язано з тим, що при зниженні температури розбіжності в коефіцієнтах термічного розширення між клеєм і субстратом призводять до появи в клейовому шарі значних внутрішніх напружень, які можуть викликати розтріскування крихкого матеріалу навіть без впливу зовнішнього навантаження.

Значення внутрішніх напружень у клейовій плівці може визначатися за співвідношенням [7]

$$\sigma_{зал} = (\alpha_{кл} - \alpha_c) \Delta T E_{кл} / (1 - \nu), \quad (1)$$

де $\alpha_{кл}$, α_c – коефіцієнти лінійного розширення клею і субстрату; ΔT – зміна температури; $E_{кл}$ – модуль пружності клейової плівки; ν – коефіцієнт Пуассона.

З наведеного співвідношення випливає, що при заданому субстраті зменшення $\sigma_{зал}$ можливо за рахунок зниження або $\alpha_{кл}$, або $E_{кл}$ (чи обох параметрів одночасно). Реалізацію першого способу здійснюють на

практиці введенням до складу полімерного клею наповнювачів. У цьому випадку зниження температурного коефіцієнта розширення згідно пропорційно об'ємній частці наповнювача і відповідно до формули (1) у такий же спосіб повинні зменшуватися $\sigma_{\text{зал}}$ [8].

Потрібно, однак, мати на увазі, що прагнучи домогтися за допомогою наповнювача зниження $\sigma_{\text{зал}}$, звичайно не враховують той факт, що з введенням наповнювача одночасно зростає модуль пружності. Це зростання можна підрахувати за рівнянням [9]

$$E_k = E_p V_p + A E_f V_f , \quad (2)$$

де E_p , E_f і E_k – модулі пружності вихідного полімеру, наповнювача і композиції; V_p, V_f – об'ємні частки полімеру і наповнювача; A – емпірична константа, що залежить від ступеня адгезії між наповнювачем і матрицею.

Таким чином, з введенням наповнювача зменшення $\sigma_{\text{зал}}$ буде недостатнім. До того ж потрібно пам'ятати, що введення мінеральних наповнювачів призводить до зниження ударостійкості і деформативності епоксиолімерів [8]. Усе вищенаведене свідчить про те, що задача створення клеїв з малою величиною $\sigma_{\text{зал}}$ є дуже непростою. Її вирішення було здійснене на основі модифікації епоксидного олігомера великою кількістю (30-40 мас. ч.) низькомолекулярного еластомеру.

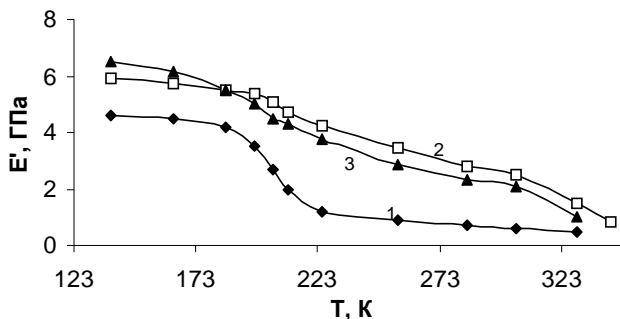
В результаті було розроблено клей холодного отвердження УП-5-245, який у широкому температурному інтервалі (153÷473 К) має високі значення адгезійної міцності, підвищену еластичність і малу величину внутрішніх напружень (табл.2). Малим рівнем залишкових напружень і підвищеною еластичністю характеризується також клей УП-5-246. Його основні властивості наведено в табл.2. Клей УП-5-245 характеризується високою роботою руйнування і великою динамічною міцністю, що дозволяє використовувати його в умовах дії ударних і вібраційних навантажень. З огляду на високу еластичність клею, його можна з успіхом застосовувати для склеювання гнучких матеріалів, зокрема гум.

Зазначений комплекс властивостей забезпечується специфічною залежністю модуля пружності даного клею від температури (відповідно до рисунка, крива 1). При зниженні температури останній мало змінюється і, що найбільш суттєво, його величина набагато (у 3-4 рази) нижча, ніж для звичайних клеїв. Завдяки малій величині модуля цього клею, навіть при низьких температурах, внутрішні напруження в ньому незначні. Це дає можливість застосовувати його для склеювання крихких матеріалів навіть у випадку впливу термоперепадів (табл.3).

Таблиця 2 – Властивості клеїв

Показники властивостей	Марка клею	
	УП-5-245	УП-5-246
Опір зсуву ¹⁾ , МПа, при	153	34,5
	213 К	26,7
	293 К	23,8
	373 К	8,5
	423	2,4
	473	1,2
$\sigma_{\text{зал}}$, МПа, при	213 К	2,8
	293 К	0,3
Відносне подовження при розриві, %	46,5	100
Показник ударного зсуву, см	80	85

¹⁾ матеріал, що склеюється, Ст 3



Температурні залежності динамічного модуля пружності клеїв:
1 – УП-5-245; 2 – УП-5-233 (варіант 1); 3 – УП-5-233 (варіант 2).

Таблиця 3 – Вплив термоперепадів на властивості клейових з'єднань, виконаних за допомогою клею УП-5-245

Міцність при відриві, МПа, клейових з'єднань сталь/скло при:	293 К	14,0
	358 К	10,0
	213 К	14,0
Міцність при відриві, МПа, клейових з'єднань сталь-скло після впливу перепадів температур від 213 до 358 К в кількості циклів:	10	14,0
	30	12,0
Міцність при відриві, МПа, клейових з'єднань алюміній-кераміка після впливу перепадів температур від 213 до 358 К в кількості циклів:	10	12,5
	30	10,8

Епоксидний клей прискороного отвердження УП-5-233ПЕН – це продукт суміщення епоксидної модифікованої смоли, що містить двоокис титану (компонент I) і отверджувача (компонент II). Клей призначений для склеювання деталей різних габаритів з металів (сталь, алюмінієвий сплав та ін.) і склопластиків (епоксидних, поліефірних поліамідних) конструкційного призначення і забезпечує надійну працездатність склеєних конструкцій в інтервалі температур від 77 до 423 К, короткочасно до 573 К, в умовах змінних температур, підвищеної вологості, під впливом ударних і вібраційних навантажень.

За своїми показниками клей УП-5-233ПЕН відповідає вимогам, наведеним у табл.4.

Таблиця 4 – Властивості клею УП-5-233 ПЕН

Зовнішній вигляд	В'язка рідина білого кольору
Масова частка епоксидних груп, %	10,0
Життєздатність клею при температурі (293 ± 2)К, у межах, год.	0,6 ÷ 1,0
Міцність при відриві клейових з'єднань Ст. 3/Ст 3, МПа	30,0
Міцність при зсуві клейових з'єднань Ст. 3/Ст. 3, МПа, при 293 К	22,0
423 К	7,5
Міцність при зсуві клейових з'єднань Д-16 ан. окс. хр./ Д-16 ан. окс. хр., МПа	14,0
Міцність при зсуві клейових з'єднань Ст. 3/Ст. 3 через 6 год. отвердження при 293 ± 2 К, МПа	12,0

Даний клей використовується для виготовлення скінтіляційних детекторів на основі монокристалів йодистого цезію, активованих натрієм, з великим відношенням довжини до діаметра. Зазначені детектори застосовуються в уніфікованій апаратурі радіоактивного каротажу для дослідження свердловин на родовищах твердих корисних копалин комплексом ядерно-фізичних методів. Установлено, що за рівнем адгезійних характеристик і термостійкості клей УП-5-233ПЕН значно перевершує клеї-компаунди К-115 і К-153, які застосовувалися раніше для цих цілей.

Таким чином, модифікація епоксидних полімерів рідкими реакційноздатними каучуками на основі олігобутадієна дозволило вирішити ряд важливих науково-технічних задач щодо підвищення працездатності клеїв у заданих умовах та під впливом ударних і вібраційних навантажень, термоцикування, різних температурних перепадів.

1. Берлин А.А. Основы адгезии полимеров / А.А. Берлин, В.Е. Басин. – М.: Химия, 1974. – 247 с.

2. Кардашов Д.А. Синтетические клеи / Д.А. Кардашов. – М.: Химия, 1976. – 504 с.

3. Воюцкий С.С. Адгезия // Энциклопедия полимеров: В 3 т. – М.: Советская энциклопедия, 1972. – Т.1. – С.22-30.
4. Аскадский А.А. Химическое строение и физические свойства полимеров / А.А. Аскадский, Ю.И. Матвеев. – М.: Химия, 1983. – 248 с.
5. Зайцев Ю.С. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю.С. Зайцев, Ю.С. Кочергин, М.К. Пактер, Р.В. Кучер. – К.: Наук. думка, 1990. – 200 с.
6. Генель Л.С. Механохимический способ склеивания полимеров с низкими адгезионными свойствами / Л.С. Генель, В.Д. Вакула // Вестник машиностроения. – 1978. – № 5. – С.71-75.
7. Зимон А.Д. Адгезия пленок и покрытий / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1977. – 352 с.
8. Мэнсон Дж. Полимерные смеси и композиты / Дж.Мэнсон, Л. Сперлинг. – М.: Химия, 1979. – 440 с.
9. Себельников В.В. Технология склеивания элементов криогенного трубопровода / В.В. Себельников, М.А. Комков, А.В. Саморядов // Клеи. Герметики. Технологии. – 2005. – № 1. – С.16-20.

Отримано 29.11.2011

УДК 625.7/8

В.К.ЖДАНОК, д-р техн. наук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

І.П.ГАМЕЛЯК, д-р техн. наук, К.В.ЦИРКУНОВА, канд. техн. наук

Національний транспортний університет, м.Київ

ЩОДО ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИБОРУ АРМУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИКОНАННЯ РОБІТ З ПІДВИЩЕННЯ КОЛІЄСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ НЕЖОРСТКОГО ТИПУ

Наведено рекомендації щодо вибору армуючих матеріалів для підвищення колієстійкості асфальтобетонних шарів в конструкціях дорожніх одягів нежорсткого типу. Наведено особливості технології та умови влаштування колієстрімуючих прошарків.

Приведены рекомендации по выбору армирующих материалов для повышения колеустойчивости асфальтобетонных слоев в конструкциях дорожных одежд нежесткого типа. Приведены особенности технологии и условия устройства колеедерживающих прослоек.

The recommendations of reinforcing materials selection for rut resistance increasing of asphalt concrete layers in road construction of flexible type are given in the article. The peculiarities of technology and conditions of rut-resistance interlayers arrangement are also given.

Ключові слова: армуючий матеріал, колієстрімуючий прошарок, колієстійкість, дорожній одяг, асфальтобетонне покриття.

В процесі експлуатації на поверхні асфальтобетонного покриття дорожнього одягу можливе утворення деформацій різної форми, у тому числі колії. На кожній смузі руху можуть утворитися одна або дві колії (зовнішня, розташована в смузі накату справа за напрямом руху, а внутрішня, розташована зліва в смузі накату за напрямом руху (рис.1)). На-