

УДК 678.686:665.939.5

Григоренко М.О.,

Лойко Д.П., канд. техн. наук, проф.,

Кочергін Ю.С., д-р техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк)

СПОЖИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНО-ТІОКОЛОВОГО КЛЕЮ МАРКИ К-153АМ

У статті оцінено споживні властивості новорозробленого епоксидно-тіоколового клею марки К-153АМ. Показано, що за рівнем адгезійних і когезійних властивостей, діелектричними характеристиками, ударостійкістю та хімістійкістю клей істотно перевершує клей-прототип марки К-153. Науково-технічний ефект досягається за рахунок використання в складі клею К-153АМ продукту попередньої реакції тіоетерифікації епоксидної смоли з тіоколом.

Ключові слова: епоксидні смоли, тіокол, адгезія, модуль пружності, деформація при розриві, робота руйнування, питома ударна в'язкість, ударний зсув, водостійкість.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Рідкі полісульфідні каучуки (тіоколи) широко використовуються для модифікації епоксидних клеїв, оскільки дозволяють підвищити адгезію і еластичність, особливо при знижених температурах (до $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$) [1-4]. Недоліком епоксидно-тіоколових композицій є те, що для реалізації ефекта модифікації вони потребують підвищених температур затвердження (до $\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$). У разі отвердження без підведення тепла зовні («на холоді») модифікуюча дія тіоколу виявляється значно меншою мірою. Разом з тим застосування на практиці підвищених температур отвердження часто є небажаним, оскільки пов'язане з додатковою витратою енергії, або неможливим, коли склеюються великогабаритні вироби зі складною конфігурацією, а також матеріали з невисокою теплостійкістю.

У зв'язку з цим дуже актуальним є підвищення адгезійних і фізико-механічних властивостей епоксидно-тіоколових композицій, які отверджують без теплової обробки.

Раніше [5-8] на прикладі олігобутадієнових каучуків з кінцевими карбоксильними групами, які успішно використовують як модифікатори епоксидних полімерів, було встановлено, що вирішальною умовою підвищення статичної та динамічної адгезійної міцності композицій, що отверджуються без підігрівання, є проведення попередньої реакції етерифікації за рахунок взаємодії карбоксильних і епоксидних груп. За аналогією з карбоксилатними каучуками можна припустити, що істотно поліпшити комплекс властивостей епоксидно-тіоколових сумішей можна, якщо попередньо (до введення твердника) провести реакцію взаємодії меркаптанових груп тіоколу з оксирановими циклами при підвищеній температурі, а потім використовувати продукт цієї реакції тіоетерифікації (ПРТЕ) як смоляну частину клейових композицій для отвердження при кімнатній температурі.

Метою статті є оцінка споживних властивостей епоксидно-тіоколових композицій на основі продуктів реакції тіоетерифікації порівняно з механічними сумішами, а також пошук шляхів їх регулювання за допомогою наповнювачів і твердників.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як епоксидні смоли було обрано діанові смоли ЕД-20 (вітчизняний продукт) і Epikote-828 (зарубіжний аналог), як полісульфіновий каучук – тіокол марки І. Як твердники використовували діетилентриамін (ДЕТА), діетилентриамінометилфенол марки УП-583Д, моноціанетилований діетилентриамін УП-0633М і олігоаміноамід ПО-300. Як наповнювачі застосовували кварцовий пісок марки КП-3, двоокис титану пігментний марки РО-2, нітрид бору та залізний порошок.

У роботі використовували такі методи досліджень. Механічні властивості при одноосьовому розтягуванні (міцність при розтягуванні σ_p і деформація при розриві ε_p) визначали на блочкових зразках стандартних розмірів (тип 2) за ГОСТом 11262-80 «Пластмассы. Методы испытания на растяжение» на випробувальній універсальній машині VTS-10 (ФРН) при швидкості розтягування 10 мм/хв. Модуль пружності (E) розраховували за нахилом початкової ділянки кривої σ - ε . Мірою роботи руйнування (A_p) була площа під кривою розтягування. Термомеханічні дослідження проводили на приборі, що описано в роботі [9]. Питому ударну в'язкість визначали згідно з ГОСТом. Адгезійну міцність при зсуві (τ_s) визначали за ГОСТом 14759-69 «Клеи. Метод определения прочности при сдвиге». Електричну міцність при 50 Гц вимірювали за ГОСТом-6433.3-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрической прочности при переменном (частоты 50 Гц) и постоянном напряжении». Питомі об'ємний і поверхневий електричний опір вимірювали за ГОСТом-6433.2-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрического сопротивления при постоянном напряжении». Теплофізичні властивості композицій визначали методом диференціальної скануючої калориметрії (ДСК) на блоці Dual Sample 912 термоаналітичного комплексу DuPont.

Водопоглинання (W , %) визначали за зміною маси зразків після кип'ятіння протягом 3 годин за формулою:

$$W(t) = \frac{m(t) - m_0}{m_0} \cdot 100\%,$$

де m_0 – початкова маса зразка, г;

$m(t)$ – маса зразка після перебування у воді протягом часу t , год.

Ударний зсув клейових з'єднань визначали за методом, який описано у [10]. Він полягає в такому. До зашкуреної і знежиреної бічної поверхні прямої призми або циліндра приклеюють жорсткий металевий елемент з малою масою. Призма (циліндр) встановлюється одним торцем на тверду опору, а з іншого її торця завдають удару, сила якого спрямована уздовж осі призми. Зсувне навантаження на клейовий шар створюється за рахунок рівномірного по перетину осьової динамічної деформації призми.

Жорсткість елемента обирали такою, щоб його деформація при ударі була дуже мала порівняно з деформацією призми, що досягається дотриманням співвідношень при виборі його матеріалу і товщини:

$$E_e \geq E_{np},$$

де E_e і E_{np} – модулі пружності матеріалу елемента і призми;

$$h_e > h_{кл},$$

де h_e і $h_{кл}$ – товщина елемента і клейового шару.

У разі обмеження маси і жорсткості приклеєного елемента вищевказаним співвідношенням умови випробування зразка наближаються до натурних і підвищується точність визначення міцності клейового з'єднання при ударному зсуві. За результат випробувань брали висоту скидання вантажу h , за наявності якої елемент відскакував.

Статистичну обробку результатів випробувань і вимірювань проводили за стандартною методикою із застосуванням системи STATISTIKA [11].

Як свідчать дані ДСК взаємодія між тіоколом і епоксидною смолою відбувається в широкому температурному діапазоні 80-180 °С, що відображено в таблиці 1. Тому для проведення попередньої реакції тіотерифікації було обрано режим змішування протягом двох годин при 160 °С. Результати порівняльних досліджень, наведені на рисунку 1, свідчать, що як для механічних сумішей (МС), так і продуктів ПРТЕ спостерігаються екстремальна залежність адгезійної міцності від концентрації тіоколу, причому наявні максимальні значення τ_6 при одному і тому ж вмісті модифікатора (60 мас.ч. на 100 мас. ч. епоксидної смоли). При цьому величина τ_6 для продукту ПРТЕ у всьому вивченому інтервалі концентрацій перевершує значення адгезійної міцності МС. Таким чином, завдяки проведенню ПРТЕ вдається суттєво підвищити міцність епоксидно-тіоколових клейових композицій. У результаті проведення ПРТЕ суміш, що містить 20 мас. ч. тіоколу, забезпечує такий же рівень міцності клейових з'єднань, як і механічна суміш, що містить 60 мас. ч. модифікатора. Це свідчить про економічну доцільність використання продукту ПРТЕ.

Таблиця 1 – Теплофізичні властивості епоксидно-тіоколових сумішей

Склад суміші, мас. ч.	Тепловий ефект реакції, Q , Дж/г	Температура початку реакції, T_n , °С	Температура макси- мальної швидкості реакції, T_m , °С
Епikote-828 – 100 тіокол – 40	38,9	96,86	125,98
Епikote-828 – 100 тіокол – 100	36,61	102,49	131,82
Епikote-828 – 100 тіокол – 200	38,63	85,73	127,19

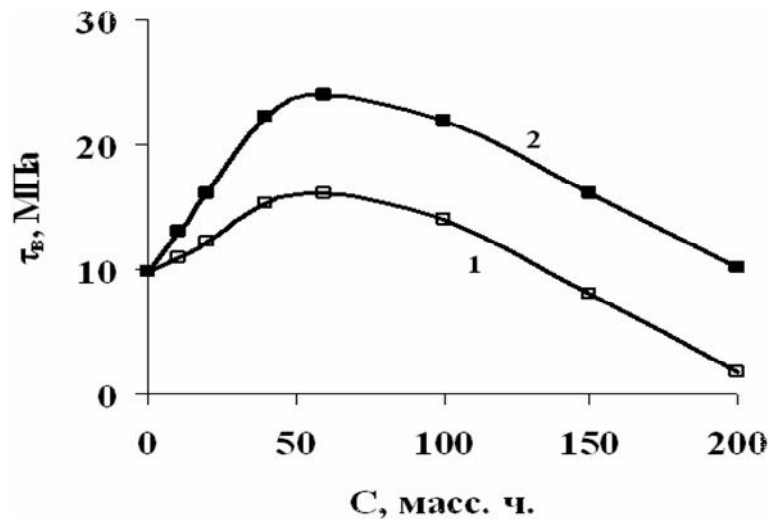


Рисунок 1 – Залежність міцності при зсуві клейової композиції (τ_v) від концентрації тіоколу (C) для МС (1) і продукту ПРТЕ (2)

На основі проведених досліджень розроблено клей марки К-153АМ. Для розширення областей його застосування і встановлення нових потенційних можливостей було проведено широку оцінку його споживних властивостей порівняно з прототипом – клеєм К-153 [12; 13].

Цей клей (К-153) містить два компоненти. Смоляна частина являє собою суміш такого складу (мас.ч.): епоксидна смола ЕД-20 (або Епікоте-828) – 70; тіокол – 20; поліефір МГФ-9 – 10. Другий компонент – отверджувач поліетиленполіамін ПЕПА (або діетилентриамін ДЕТА).

Він застосовується для склеювання і герметизації виробів в радіоелектроніці, улаштування підлог у приміщеннях з підвищеною вологістю, склеювання металевих і неметалевих матеріалів, у тому числі неполярних гум з металами, вентиляційних труб, плит ПХВ та ін. [14].

Основні переваги клею К-153:

- відсутність легколетких розчинників;
- знижена в'язкість порівняно з базовою епоксидною смолою;
- мінімальна усадка при отвердженні;
- підвищена еластичність після отвердження;
- стійкість до бензину і масла;
- можливість використання різних типів твердників і режимів отвердження, що дозволяє варіювати властивості матеріалів у широкому діапазоні.

Згідно з ТУ 6-05-1581-86 клей повинен відповідати таким показникам властивостей:

- масова частка епоксидних груп, % – не менше 15-17,5;
- масова частка летючих речовин, % – не більше 0,9;
- динамічна в'язкість при 20 °С, Па с – не більше 6-12;
- час желатинізації при 20 °С – 160-230 хв.

Разом з тим ступінчастий режим отвердження, необхідність підтримання в процесі отвердження досить високої температури (100 °С протягом 5 год) виключає застосування клею К-153 для великогабаритних деталей, а також конст-

рукцій, що мають у своєму складі матеріали з низькою теплостійкістю. Крім того, процес склеювання при підвищених температурах є досить енерговитратним. У той же час при отвердженні без підведення тепла (тобто при температурі навколишнього середовища) цей клей має досить низькі адгезійні та деформаційно-міцнісні характеристики.

Клей К-153АМ містить всі ті самі компоненти і в тому ж співвідношенні, що й клей К-153, але на відміну від прототипу замість механічної суміші розроблений клей містить продукт ПРТЕ. Продукт реакції тіоетерифікації отримують шляхом ретельного перемішування протягом 2 год при 160 °С смоли Епикот-828 і тіоколу, взятих у співвідношенні 70:20 мас. ч. відповідно. Далі суміш охолоджують до 50-60 °С, додають 10 мас. ч. олігоєфіракрилату і ретельно перемішують протягом 20-30 хв. Після цього отриману смоляну частину охолоджують до кімнатної температури.

У ході приготування клею до 100 мас. ч. смоляної частини додають 12 мас. ч. отверджувач ДЕТА, і компоненти ретельно перемішують до їх повного змішування. Порівняльні властивості розробленого клею і прототипу наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика властивостей клеїв марки К-153АМ і К-153 (режим отвердження (20±2) °С/120 год)

Показники властивостей	Марка клею	
	К-153АМ	К-153
Міцність при зсуві клейових з'єднань, МПа, при температурі		
20 °С	16,2	12,0
60 °С	8,1	5,0
100 °С	3,7	1,5
Міцність при розтягуванні, МПа	44,3	32,1
Деформація при розриві, %	14,5	6,3
Модуль пружності при розтягуванні, ГПа	1,05	0,85
Робота руйнування, кДж/м ²	4,12	1,21
Питома ударна в'язкість, кДж/м ²	14,0	8,1
Ударний зсув, мм	19	10
Водопоглинання, після кип'ятіння протягом 3 год, %	0,83	0,95

Видно, що розроблений клей перевершує прототип за всіма наведеними параметрами: за величиною адгезійної міцності – на 35 %, когезійної міцності – 38 %, деформації при розриві – 130 %, роботи руйнування – 24 %, питомої ударної в'язкості – 72 %, ударного зсуву – 90 %, водостійкості – 14 %. Клей К-153АМ відрізняється більшою теплостійкістю, про що свідчать більш великі значення τ_6 при 60 і 100 °С.

При отвердженні за рекомендованим для клею-прототипу ступінчастим режимом розроблений клей також має більш високий комплекс властивостей, що відображено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика властивостей клеїв К-153АМ і К-153 (режим отвердження 20 °С/5 г + 50 °С/3 г + 75 °С/2 г + 100 °С/5 г + 20 °С/12 г)

Показники властивостей	Марка клею	
	К-153АМ	К-153
Міцність при зсуві клейових з'єднань, МПа, при температурі		
20 °С	22,7	20,5
60 °С	18,5	17,6
100 °С	6,5	4,0
Міцність при розтягуванні, МПа	49,1	36,3
Деформація при розриві, %	15,1	10,5
Модуль пружності при розтягуванні, ГПа	1,15	1,12
Робота руйнування, кДж/м ²	4,99	2,17
Питома ударна в'язкість, кДж/м ²	14,7	9,8
Ударний зсув, мм	21	17
Водопоглинання після кип'ятіння протягом 3 год, %	0,79	0,85

Згідно з таблицею 4, розроблений клей не поступається прототипу за діелектричними властивостями.

Таблиця 4 – Діелектричні властивості клею марки К-153АМ і К-153 (режим отвердження 20 °С/5 г + 50 °С/3 г + 75 °С/2 г + 100 °С/5 г + 20 °С/12 г)

Показники властивостей	Температура випробувань, °С			
	20	60	100	150
Електрична міцність при 50 Гц при (20 ± 2) °С, МВ/м	$\frac{24,1^1}{23,2}$	$\frac{18,3}{17,6}$	$\frac{14,5}{13,6}$	$\frac{3,0}{1,5}$
Питомий об'ємний електричний опір 10 ⁶ Гц, Ом·м	$\frac{1,3 \cdot 10^{12}}{1,2 \cdot 10^{12}}$	$\frac{2,8 \cdot 10^{11}}{2,6 \cdot 10^{11}}$	$\frac{8,3 \cdot 10^{10}}{7,2 \cdot 10^{10}}$	$\frac{1,7 \cdot 10^7}{3,8 \cdot 10^6}$
Питомий поверхневий електричний опір 10 ⁶ Гц, Ом	$\frac{1,6 \cdot 10^{14}}{1,6 \cdot 10^{14}}$	$\frac{4,3 \cdot 10^{12}}{3,9 \cdot 10^{12}}$	$\frac{4,4 \cdot 10^9}{3,0 \cdot 10^9}$	$\frac{3,5 \cdot 10^7}{1,9 \cdot 10^7}$

Примітка. У чисельнику – для клею К-153АМ, знаменнику – для клею К-153.

Клей може застосовуватися з різними отверджувачами. При цьому його адгезійні і когезійні характеристики змінюються несуттєво, що відображено в таблиці 5. У той же час змінюючи хімічну природу отверджувача, можна в широких межах регулювати швидкість отвердження, а отже, швидкість набирання міцності.

Розроблений клей може бути використаний з різними наповнювачами. При цьому, як впливає з таблиці 6, за умови додавання 50 мас. ч. наповнювача характеристики клею змінюються несуттєво. У разі більшої концентрації наповнювача один із важливих показників споживчих властивостей – адгезійна міцність, виміряна при (20 ± 2) °С, дещо знижується. Особливо значним це є за умови наповнення нітридом бору. Найменше зниження спостерігається, якщо використовують дешеві наповнювачі – кварцовий пісок і залізний порошок. У той же

час, згідно з даними таблиці 6, наповнення сприяє збільшенню адгезійної міцності при підвищених температурах випробування як при 60, так і при 100 °С.

Таблиця 5 – Вплив типу отверджувача на властивості клею марки К-153АМ (режим отвердження (20±2) °С/120 г)

Показники властивостей	Марка твердника		
	УП-583Д	УП-0633М	ПО-300
Міцність при зрушенні клейових з'єднань, МПа	16,5	16,1	16,9
Міцність при розтягуванні, МПа	43,7	45,4	42,9
Деформація при розриві, %	14,1	14,3	16,3
Робота руйнування, кДж/м ²	3,99	4,10	4,13

Таблиця 6 – Вплив наповнювача на адгезійну міцність клею марки К-153АМ

Наповнювач	Вміст наповнювача		Міцність при зсуві клейової композиції, МПа, при температурі, °С		
	мас. ч.	об'ємна частка ×10 ⁻²	20	60	100
Без наповнювача	0	0	16,2	8,1	3,7
Кварцовий пісок	50	20,1	16,1	8,3	4,2
	100	29,8	15,8	8,7	4,9
	150	39,4	15,0	9,5	5,8
Залізний порошок	50	11,8	16,3	8,2	3,8
	100	21,1	16,2	8,3	3,9
	200	35,2	15,9	8,3	4,1
Нітрид бору	50	21,7	15,8	8,2	3,8
	150	42,4	10,3	8,2	3,9
Двоокис титану	50	22,8	16,0	8,2	3,9
	100	37,1	14,9	8,4	4,2

Важливою особливістю клею К-153АМ є порівняно невисока залежність його властивостей від концентрації агента-отверджувача. Це особливо важливо при роботі в «польових умовах», де буває дуже складно точно віддозувати потрібну кількість компонентів (смоляної частини і отверджувача), тобто встановити стехіометричне співвідношення амінних (А) груп отверджувача і епоксидних (Е) груп смоли.

Як видно з рисунка 2, у діапазоні $1:1,5 < A / E < 1,5:1$ зміна тв щодо його максимального значення не перевищує 12 %.

Ще однією перевагою розробленого клею є його стійкість до теплового старіння, що відображено в таблиці 7. При цьому при експозиції за наявності досить невеликої температури (80 °С) параметри σ_p , T_c і τ_s не тільки не зменшуються, а навпаки зростають порівняно з базовим зразком.

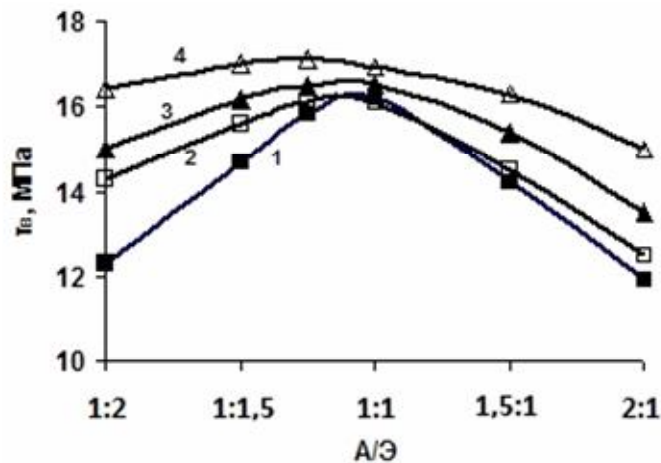


Рисунок 2 – Залежність адгезійної міцності від співвідношення А/Е для композицій на основі смоли клею К-153АМ, отвердженої ДЕТА (1); УП-0633М (2); УП-583Д (3); ПО-300 (4)

Таблиця 7 – Вплив теплового старіння на властивості клею марки К-153АМ

Температура старіння, °С	Час експозиції, діб	Міцність, МПа	Деформація, %	Температура склування, °С	Міцність при зсуві, МПа
80	0	44,3	14,5	55	16,2
	10	58,7	10,3	68	16,9
	30	59,3	9,6	71	17,4
	50	50,4	9,5	74	18,3
120	10	59,5	9,3	87	22,7
	30	49,3	6,9	88	23,9
	50	38,7	4,7	85	24,7

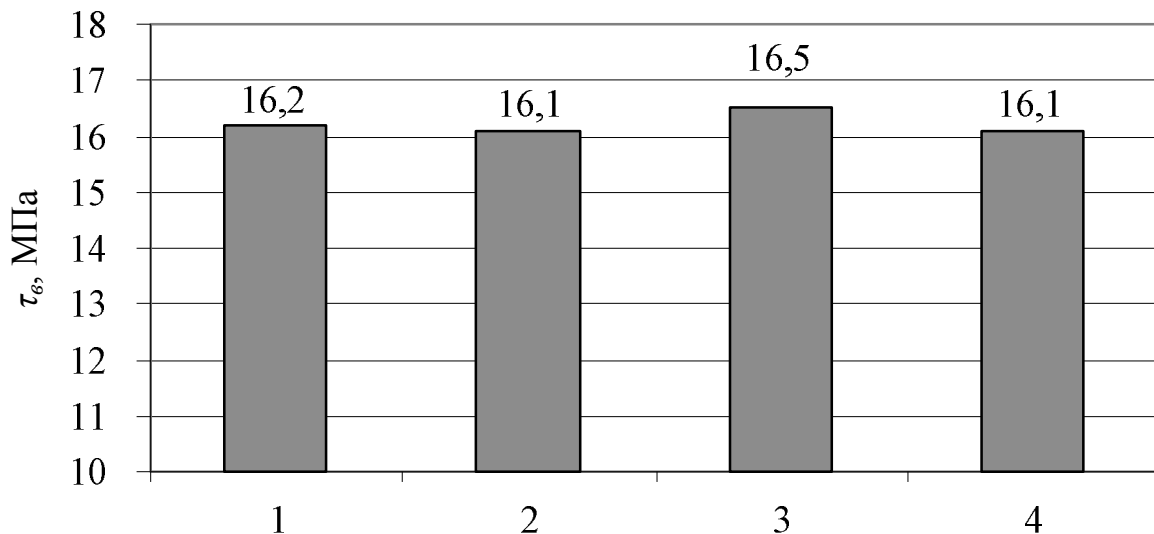
Відповідно до даних таблиці 8, уповільненню процесу старіння клею К-153АМ сприяє введення в нього мінерального наповнювача. Це знаходить своє відображення в меншому зниженні параметрів міцності σ_p і деформації ε_p для наповнених зразків порівняно з базовим зразком, що відображено в таблиці 7.

Таблиця 8 – Вплив кварцового піску на теплове старіння клею марки К-153АМ¹

Температура старіння, °С	Час експозиції, діб	Міцність, МПа	Деформація, %	Температура склування, °С	Міцність при зсуві, МПа
120	0	42,8	5,3	59	15,9
	10	55,3	6,7	94	18,1
	30	56,7	4,9	97	18,5
	50	47,2	4,0	91	18,8
150	10	35,4	5,0	101	18,3
	30	25,9	5,9	105	17,7
	50	14,1	5,9	105	15,9

Примітка. Вміст кварцового піску 100 мас. ч. на 100 мас. ч. смоляної частини клею К-153АМ.

Згідно з даними рисунка 3, клей марки К-153АМ відрізняється також високою водо-, масло-і бензостійкістю. Видно, що після впливу води, паливного масла і бензину протягом 6 місяців адгезійна міцність при зсуві залишається практично незмінною.



1 – вихідний зразок; 2 – вода; 3 – паливне масло; 4 – бензин.
Час експозиції 6 міс.

Рисунок 3 – Вплив рідкого середовища на адгезійні і когезійні властивості клею марки К-153АМ

Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено, що розроблений клей марки К-153АМ перевершує прототип за комплексом адгезійних і когезійних властивостей, стійкості до теплового старіння, водо-, масло-, бензостійкістю. Ефект досягається за рахунок використання в рецептурі клею продукту попередньої реакції тіоетерифікації епоксидної смоли і тіоколу замість їх механічної суміші, як це має місце в клеї-прототипі К-153. На розроблену клейову композицію отримано патент України [15]. Технологія виробництва клею марки К-153АМ освоєна на дослідному заводі ДП «УкрдержНДІпластмас» (м. Донецьк). На клей розроблено нормативну документацію (ТУ У 24.6-00209355.038:2011).

Список літератури

1. Ли Х. Справочное руководство по эпоксидным смолам / Х. Ли, К. Невилл. – М.: Энергия, 1973. – 416 с.
2. Хакимуллин Ю.Н. Отверждение и модификация полисульфидных олигомеров: структура, свойства и области применения вулканизатов / Ю.Н. Хакимуллин [и др.] // Известия Волгоград. гос. техн. ун-та. – 2007. – № 53 (31). – С. 5-21.
3. Хакимуллин Ю.Н. Герметики на основе полисульфидных олигомеров: синтез, свойства, применение: монография / Ю.С. Хакимуллин [и др.]. – М.: Наука, 2007. – 301 с.

4. Минкин В.С. Промышленные полисульфидные олигомеры / В.С. Минкин. – Казань: Новое знание, 2004. – 175 с.
5. Зайцев Ю.С. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю.С. Зайцев [и др.]. – К.: Наук. думка, 1990. – 200 с.
6. Мэнсон Дж. Полимерные смеси и композиты / Дж. Мэнсон, Л. Сперлинг; под. ред. Ю.К. Годовского; пер. с англ. – М.: Химия, 1979. – 440 с.
7. Кочергин Ю.С. Эпоксидные клеи со специальным комплексом свойств / Ю.С. Кочергин [и др.]. // Вопросы химии и химической технологии. – 2007. – № 5. – С. 92-98.
8. Кочергин Ю.С. Клеи на основе модифицированных каучуками эпоксидных смол / Ю.С. Кочергин, Т.А. Кулик, Т.И. Григоренко // Пластические массы. – 2005. – № 12. – С. 5-9.
9. Кочергин Ю.С. Исследование ползучести линейных и сетчатых полимеров на основе полиарилатов и эпоксидных полимеров / Ю.С. Кочергин [и др.] // Высокмолекулярные соединения. Сер. А. – 1978. – Т. 20, № 4. – С. 880-887.
10. Ривкин В.Н. Испытания клеевых соединений на ударный сдвиг / В.Н. Ривкин [и др.] // Пластические массы. – 1984. – № 5. – С. 78-80.
11. Михальчук В.М. Линейный регрессивный анализ результатов химического эксперимента в системе STATISTIKA: учеб.-метод. пособие / В.М. Михальчук, А.В. Михальчук. – Донецк: ДонНУ, 2002. – 66 с.
12. Кардашов Д.А. Синтетические клеи / Д.А. Кардашов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1976. – 504 с.
13. Кардашов Д.А. Полимерные клеи. Создание и применение / Д.А. Кардашов, А.П. Петрова. – М.: Химия, 1983. – 256 с.
14. Справочник по клеям / Сост. Л.Х. Айрапетян [и др.]. – Л.: Химия, 1980. – 304 с.
15. Пат. 57102 Україна МПК С08L 63/00, С08K/053. Спосіб одержання епоксидного клею холодного твердження / Ю.С. Кочергін, Т.І. Григоренко, М.О. Григоренко, Д.П. Лойко; Український науково-дослідний інститут пластичних мас. – Nu 201009016; заявл. 19.07.10; опубл. 10.02.11, Бюл. № 3.

УДК 678.686.01

Золотарьова В.В.,

Кочергін Ю.С., д-р техн. наук, проф.,

Лойко Д.П., канд. техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк)

РЕГУЛЮВАННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕПОКСИПОЛІМЕРУ ЗА ДОПОМОГОЮ РІДКИХ РЕАКЦІЙНОЗДАТНИХ КАУЧУКІВ

У статті виявлено досить складний характер впливу рідких реакційноздатних каучуків – тіоколу та карбоксилатних сополімерів олігобутадієну з акрилонітрилом – на зносостійкість і фізико-механічні властивості епоксидних полімерів. Встановлено, що ефект залежить від хімічної природи та вмісту каучуків, а також режиму затвердіння епоксидних композицій. Показано, що в разі збільшення вмісту тіоколу спостерігається практично лінійне зни-