

УДК 678.027.74; 678.742.3; 678.046.3; 661.882

П.І. Баштаник, М.Я. Кузьменко, С.М. Кузьменко, А.Г. Головань

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІПРОПІЛЕНУ, НАПОВНЕНОГО ГІДРОКСИДОМ АЛЮМІНІЮ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

Здійснені дослідження з модифікації термопластів на основі поліпропілену, наповненого гідроксидом алюмінію. В якості апретів для наповнювача використовували продукти різного ступеня заміщення бутоксигруп в тетрабутоксититані на стеаринову або акрилову кислоти. Така модифікація дала змогу отримати важкозапальні композиційні матеріали першого класу за методом UL-94, з підвищеною величиною міцності при розтязі – до 50,0 МПа; з ударною в'язкістю за Шарпі – до 60,2 кДж/м² (що вище аналогічних показників для зразків з цим же наповнювачем, який попередньо необроблений апретом – 40,7 МПа і 44,9 кДж/м² відповідно). Досягнення таких показників обумовлено формуванням у наповненому композиційному матеріалі як хімічних зв'язків між наповнювачем і поліпропіленовою матрицею, так і додаткової сітки координаційних зв'язків, що гарантує таким матеріалам і деталям із них пролонговану роботу в умовах більш високих навантажень.

Ключові слова: поліпропілен, апрет, дисперсний наповнювач, гідроксид алюмінію, тетрабутоксититан, акрилова кислота, стеаринова кислота, композит.

Вступ

Розвиток сучасного науково-технічного прогресу викликає гостру потребу у розробці нових конструкційних матеріалів, в тому разі і на основі термопластів, що характеризуються високою міцністю, надійністю в роботі, зниженою горючістю, низькою густиною тощо. Властивості таких матеріалів залежать від багатьох факторів: хімічної природи термопласту та наповнювача, схеми армування, поверхневих явищ на межі розподілу фаз, технологічних параметрів формування виробів із них [1]. Введення наповнювача у термопласти є одним із найбільш ефективних шляхів покращення властивостей композиційних матеріалів. У тому випадку, коли потрібно збільшити фізико-механічні властивості композиту та зменшити його собівартість, в якості наповнювача використовують дисперсні наповнювачі мінерального походження [2]. У даний час все більше уваги наділяється мінеральнонаповненими композиціям на основі поліпропілену, що пов'язано з очікуванням позитивної зміни його експлуатаційних властивостей і, як наслідок, розширенню областей використання в різних деталях, конструкціях, приладах [3].

При цьому досягається посилення таких характеристик, як: опір до удару, розтягування,

зношування, стійкість до розтріскування, горючості і низки інших.

Одночасно, апретування гідроксидних наповнювачів-антипіренів є одним з найдоступніших методів підвищення сумісності антипірену з полімерною матрицею.

Авторами [4] вивчався вплив апретів на властивості наповненого поліпропілену і було встановлено, що алкоксисиланові групи бінарних кремнієвмісних апретів забезпечують їх хемосорбцію на наповнювачі, а олігомерна природа апрету підвищує термодинамічну спорідненість полімерної матриці до наповнювача. Зі збільшенням молекулярної маси, наприклад, олігоефірної складової кремнієуретанового апрету однакової хімічної будови, підвищується механічна міцність наповненого поліпропілену. Таким чином, було показано, що апретуванням наповнювачів можна в широких межах регулювати фізико-механічні властивості композиційних матеріалів на основі поліпропілену.

Раніше [5], були виконані дослідження з модифікації базальтопластиків на основі поліпропілену алкоксіакрилатацилоксититанатами та титаноксанатами, які показали доцільність та ефективність використання такої низки сполук. При цьому, вдалося збільшити міцнісні характеристики базальтопластиків до 68,0 МПа, про-

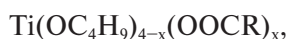
ти 41,0 МПа для зразків без використання апрету, що дозволяє виробам із розроблених композитів бути більш надійними в роботі та конкурентноспроможними.

З цієї точки зору безперечний інтерес має розробка композиційних матеріалів на основі поліпропілену, наповнених мінеральним дисперсним наповнювачем-антипіреном, наприклад, гідроксидом алюмінію, з використанням в якості апрету алкоксиакрилатацилоксититанів або алкоксистеаратацилоксититанів.

Експериментальна частина

У якості вихідної полімерної матриці для отримання композиційних матеріалів використовували поліпропілен марки 21030 з показником текучості розплаву 2,0–4,0 г/10 хв, міцністю при розтязі 33,6 МПа, ударною в'язкістю за Шарпі 34,7 кДж/м², який є кристалічним термопластом, стійким до динамічних навантажень і характеризується підвищеною жорсткістю.

У якості апретів наповнювача використовували продукти переестерифікації тетрабутоксититану (ТБТ) акриловою або стеариноювою кислотою при різному ступені заміщення бутоксигруп біля атома титану на акрилатацилоксильні або на стеаратацилоксильні загальної формули:



де R – залишок акрилової або стеаринової кислоти; $x=4-1$.

Апрети використовували у вигляді 5 мас.% розчину у сухому бутанолі.

Обробку наповнювача апретом виконували аналогічно методиці, описаній у роботі [6], виключивши стадію лужного оброблення, а саме: наважку гідроксиду алюмінію змішували з розрахованою кількістю апрету (5 мас.% розчину у бутанолі, в перерахунку на основну сполуку), ретельно гомогенізували суміш, рівняли її у відкритій посудині тонким шаром, ставили у витягну шафу для видалення основної маси розчинника (~4 год при 20°C), а потім – у термошафу при 50°C до припинення зміни маси продукту.

Кількість апрету змінювали від 0,00 до 1,00 мас.% від маси наповнювача, варіюючи через кожні 0,25 мас.%. Ініціатори радикального типу у розчин не вводили.

В якості мінерального дисперсного наповнювача використовували гідроксид алюмінію з дисперсністю до 40 мкм, вологістю ≤ 1 мас.%, який є поліфункціональною сполукою і використовується як наповнювач, так і сповільнювач горіння (антипірен).

Гідроксид алюмінію є найбільш простою, доступною, неорганічною вогнестійкою добавкою. Найважливішою його перевагою є повна

екологічна безпека. А головне, гідроксид алюмінію є інертною речовиною, що не викликає корозії, не виділяє шкідливих речовин як при нагріванні, так і при горінні, стійкою до дії різних зовнішніх чинників, не має тенденції до міграції з композиту у зовнішнє середовище.

Виготовлення зразків із поліпропілену, наповненого попередньо апретованим гідроксидом алюмінію виконували з використанням екструдера ЕД-2,2 і литтєвої машини Kuasy 25×32/1.

Фізико-механічні властивості експериментально одержаних зразків композиційних матеріалів визначали згідно з діючими стандартами через 24 год після виготовлення.

Горючість зразків оцінювали за визначенням часу горіння та тління вертикально закріпленого зразка після усунення полум'я. За результатами випробувань визначали категорію горючості матеріалу.

Результати та їх обговорення

На першому етапі досліджень було розглянуто вплив ступеня наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію та кількості безпосередньо вихідного тетрабутоксититану на властивості одержаних композиційних матеріалів. Як бачимо з даних табл. 1, в усіх випадках (при різній концентрації наповнювача) спостерігається закономірність зростання механічних характеристик зразків композиційного матеріалу (міцності при розтязі та ударної в'язкості за Шарпі) з підвищенням кількості апрету на наповнювачі. Максимальні значення таких показників досягаються при витратах апрету на рівні 0,75 мас.% від маси наповнювача. Подальше збільшення витрат апрету вже не тільки не підвищує механічні показники одержаних зразків, а навпаки, призводить до поступового їх зменшення. Це пов'язано з тим фактором, що надлишок використовованого ТБТ вже починає виконувати функцію пластифікатора, частково руйнуючи фізичні міжмолекулярні зв'язки у матеріалі і в тим більшій кількості, чим більший залишок апрету.

Найкраще, вплив ступеня наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію (при оптимальній кількості апрету – 0,75 мас.% від маси наповнювача) на зміну фізико-механічних показників отриманих композиційних матеріалів, демонструється графічними залежностями рис. 1.

Аналізуючи отримані дані (табл. 1), бачимо, що спочатку з введенням в поліпропіленову матрицю невеликої кількості наповнювача (10 мас.% гідроксиду алюмінію) міцність при розтязі одержаних композитів зростає, але на малу величину. З підвищенням кількості апрету до 0,75 мас.% від маси наповнювача цей показник також незначно зростає, але все одно залишається на межі, не набагато вищій для вихідного

Фізико-механічні властивості експериментальних зразків композитів на основі поліпропілену в залежності від ступені наповнення

№ п/п	Ступінь наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію, мас.%	Показники, що характеризують властивості	Кількість ТБТ на наповнювачі, мас.%				
			0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
1	10	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,19	2,11	2,03	1,90	2,02
		міцність при розтязі, МПа	34,6	34,9	35,4	36,9	34,4
		відносне видовження при розтязі, %	110	117	118	119	123
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	34,9	35,2	36,3	38,8	37,7
1	15	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,16	2,10	2,02	1,87	1,96
		міцність при розтязі, МПа	35,5	35,8	36,6	39,8	36,1
		відносне видовження при розтязі, %	106	115	117	118	124
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	39,1	41,4	43,2	45,1	41,7
1	20	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,14	2,08	2,00	1,85	2,11
		міцність при розтязі, МПа	34,7	37,3	39,5	42,8	38,4
		відносне видовження при розтязі, %	103	114	116	117	121
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	40,6	43,0	46,7	49,3	47,1
1	25	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,11	2,06	1,97	1,83	2,07
		міцність при розтязі, МПа	37,8	41,3	43,6	45,2	41,8
		відносне видовження при розтязі, %	101	110	115	116	120
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	42,0	46,0	51,8	54,1	51,8
1	30	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,10	2,05	1,94	1,80	2,03
		міцність при розтязі, МПа	40,7	42,2	45,6	47,1	44,3
		відносне видовження при розтязі, %	100	107	111	113	117
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	44,9	49,0	53,1	57,1	52,7
1	35	показник текучості розплаву, г/10 хв	2,04	2,02	1,90	1,78	1,88
		міцність при розтязі, МПа	32,8	33,6	35,1	36,3	32,2
		відносне видовження при розтязі, %	98	103	109	111	114
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	37,8	38,4	39,3	39,8	36,3
1	40	показник текучості розплаву, г/10 хв	1,98	1,92	1,80	1,72	1,83
		міцність при розтязі, МПа	28,6	29,7	30,4	32,2	30,1
		відносне видовження при розтязі, %	98	101	105	108	112
		ударна в'язкість за Шарпі, кДж/м ²	30,1	33,2	34,3	35,0	33,4

поліпропілену. Такий факт може бути пов'язаний з тим, що при невеликому ступені наповнення частково руйнується кристалічна структура у поліпропілену, що призводить до падіння показників міцності при розтязі та ударної в'язкості за Шарпі.

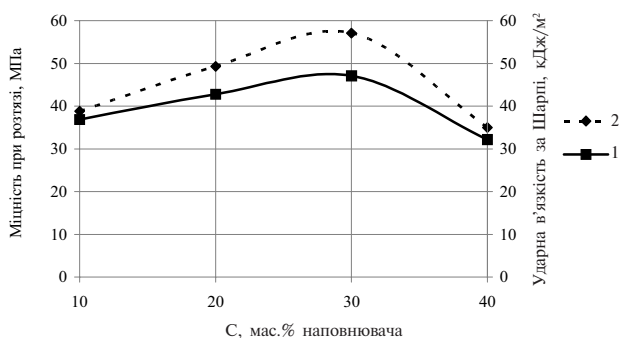


Рис. 1. Вплив ступеня наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію (при концентрації ТБТ на рівні оптимального – 0,75 мас.% від наповнювача) на механічні характеристики композиційного матеріалу (1 – міцність при розтязі; 2 – ударна в'язкість за Шарпі)

Зі зростанням у поліпропіленовій матриці кількості наповнювача спостерігається: з одного боку – продовжується руйнування надмолекулярних кристалічних ділянок самого поліпропілену; з іншого – на полярній поверхні наповнювача починається формування нових упорядкованих угруповань поліпропіленових макромолекул [10].

Взаємний вплив цих паралельно діючих процесів і обумовлює сумарний ефект когезійних взаємодій у системі при різному ступені наповнення, що відображається на зміні міцнісних характеристик композитів у залежності від концентрації наповнювача.

Подальше зростання кількості наповнювача призводить до зменшення товщини поліпропіленового прошарку між частинками наповнювача, одночасно зростає його упорядкованість і кількість таких упорядкованих угруповань під дією полярної поверхні, а отже, зростає міцність композитів. Досягнення найбільшої міцності композитів при розтязі спостерігається при введенні 30 мас.% наповнювача і складає величину

47,1 МПа.

Подальше збільшення кількості наповнювача у композиційному матеріалі, більше 30 мас.%, призводить до того, що з'являються дефектні ділянки, в яких частинки наповнювача не з'єднані між собою поліпропіленовою матрицею, і чим більший ступінь наповнення (35,0 або 40 мас.%), тим таких ділянок стає все більше. А це, в свою чергу, призводить до падіння міцності одержаних композиційних матеріалів у полі діючих силових навантажень вже до 36,3 і 32,2 МПа відповідно. Аналогічні закономірності від ступеня наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію спостерігаються і з показником ударної в'язкості за Шарпі.

Що торкається показника текучості розплаву композитного матеріалу, то зі збільшенням кількості апрету на наповнювачі, він поступово зменшується, однак зі зростанням ступеня наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію таке зменшення відмічається повільніше.

Наступні дослідження з використання в якості апретів продуктів переетерифікації ТБТ акриловою або стеариновою кислотами: впливу їх кількості і природи на міцнісні характеристики одержаних композиційних матеріалів виконували при оптимальному (30 мас.%) наповненні поліпропілену гідроксидом алюмінію.

У першу чергу було визначено вплив кількості акрилатацилоксильних груп біля атома титану апрету і кількості самого апрету (сполуки 1–5, табл. 2) на зміну фізико-механічних властивостей одержаних композиційних матеріалів (рис. 2,3).

Таблиця 2

Досліджені похідні бутоксиестерів ортотитанової кислоти

№ п/п	Похідні з акрилатацилоксильними групами в структурі
1	$Ti(OC_4H_9)_4$
2	$Ti(OC_4H_9)_3(OOCCN=CH_2)$
3	$Ti(OC_4H_9)_2(OOCCN=CH_2)_2$
4	$Ti(OC_4H_9)(OOCCN=CH_2)_3$
5	$Ti(OOCCN=CH_2)_4$
Похідні з стеаратацілоксильними групами в структурі	
1	$Ti(OC_4H_9)_4$
6	$Ti(OC_4H_9)_3(OOCC_{17}H_{35})$
7	$Ti(OC_4H_9)_2(OOCC_{17}H_{35})_2$
8	$Ti(OC_4H_9)(OOCC_{17}H_{35})_3$
9	$Ti(OOCC_{17}H_{35})_4$

Аналізуючи дані рис. 2, бачимо що, наприклад, залежність міцності при розтязі композиційних поліпропіленових матеріалів, наповнених гідроксидом алюмінію, попередньо апрето-

ваних сполуками 1–5 (табл. 2) суттєво залежить як від кількості використовуваного апрету, так і його природи.

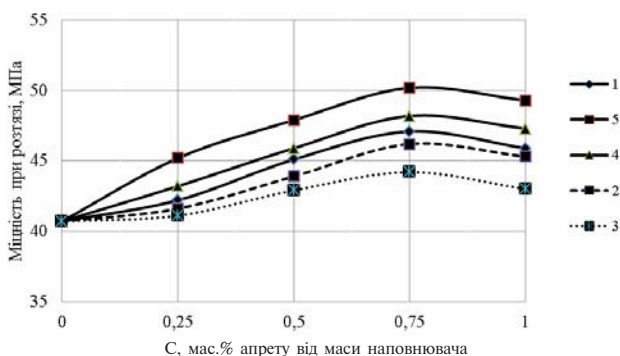


Рис. 2. Залежність міцності при розтязі композиційних матеріалів від концентрації та природи апрету (номер кривої відповідає номеру апрету з табл. 2)

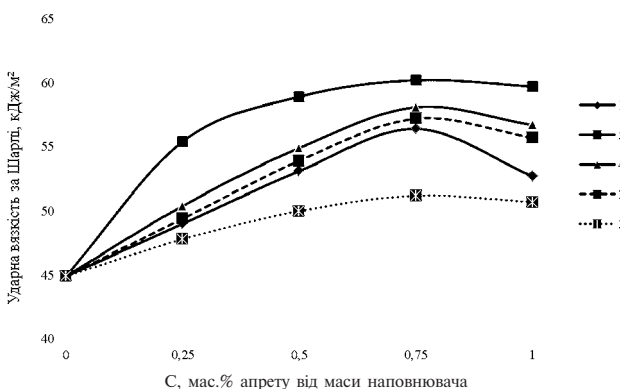


Рис. 3. Залежність ударної в'язкості за Шарпі одержаних композиційних матеріалів від концентрації та природи апрету (номер кривої відповідає номеру апрету з табл. 2)

Разом з тим, така залежність міцності при розтязі (рис. 2) або ударної в'язкості за Шарпі (рис. 3) від кількості використовуваного апрету в усіх випадках носить екстремальний характер, аналогічний при використанні в якості апрету ТБТ, що свідчить про однаковий характер процесів, які мають місце при формуванні композиційного матеріалу, з досягненням максимальних показників при витратах апрету 0,75 мас.% від маси наповнювача. Подальше збільшення кількості апрету вже не призводить до підвищення міцності при розтязі та ударної в'язкості за Шарпі, а навпаки, надлишок апрету починає виконувати функцію пластифікатора.

Як видно з рис. 2 та 3, значно меншими механічними показниками характеризуються зразки композиційних матеріалів, у яких в якості апрету використовували тетрабутоксититан. Із заміщенням у молекулі тетрабутоксититану бутоксигрупи на електронегативний залишок акрилової кислоти досягнуті характеристики

матеріалу (міцність при розтязі та ударна в'язкість за Шарпі) зростають, що, вірогідніше за все, пов'язано як з потенційною можливістю формування хімічних зв'язків між наповнювачем та поліпропіленовою матрицею, як пояснено у роботі [7], так і реалізацією додаткових, більш міцніших за водневі, координаційних зв'язків між атомами титану і киснем наповнювача або киснем продуктів деструкції поліпропілену, а також з електронегативним залишком (π -зв'язком) акрилової кислоти сусідньої молекули апрету. Всі ці взаємодії реалізуються у додаткову сітку фізичних зв'язків у матеріалі, дія якої проявляється у зростанні механічних характеристик дослідних зразків.

Формування таких зв'язків одночасно блокує посилення деструктивних процесів у самому поліпропілені при переробленні композиції у деталі в процесі лиття під тиском.

З використанням сполук апрету, в молекулах яких замінені всі бутоксигрупи на електронегативний залишок акрилової кислоти (сполука № 5 табл. 2), досягаються найвищі показники міцності при розтязі – 50 МПа і ударній в'язкості за Шарпі – на рівні 60,2 кДж/м².

Із літературних джерел [8] відомо, що продукти переетерифікації ТБТ монокарбоною стеариною використовують для оброблення поверхні мінеральних наповнювачів для полімерів, що підвищує показник текучості композиції в процесі перероблення її у вироби литтям під тиском.

Було цікаво дослідити фізико-механічні показники наповненої поліпропіленової композиції при використанні в якості апрету для гідроксиду алюмінію низки олігомерних сполук, одержаних переетерифікацією ТБТ стеариною кислотою при різному ступені заміщення бутоксигруп на залишок стеаринової кислоти.

Оброблення наповнювача новою низкою апретів виконували за раніше описаною методикою – 5 мас.% розчином сполук у сухому бутанолі. Хімічні формули використаних сполук наведені у табл. 2 (№ 1, № 6–9).

Як бачимо, з отриманих залежностей міцності при розтязі (рис. 4) і ударної в'язкості за Шарпі (рис. 5) від кількості використаного апрету, закономірність в усіх випадках носить також екстремальний характер, аналогічний отриманим при використанні попередньої низки апретів, що свідчить про ідентичність процесів у системі, з досягненням максимальних значень досліджуваних показників при витратах кожного з апретів на рівні 0,75 мас.% від маси наповнювача.

Подальше зростання кількості апрету вже не впливає на зростання механічних показників, а навпаки, як і в попередньому випадку, змен-

шує їх за абсолютною величиною.

Тобто, надлишок апрету вже працює у системі аналогічно – як пластифікатор, руйнуючи частково фізичні взаємодії, які утворюються на межі «наповнювач – полімерна матриця».

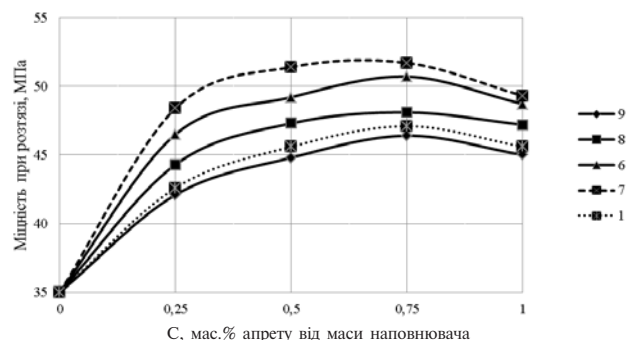


Рис. 4. Залежність міцності при розтязі композиційних матеріалів від концентрації та природи апрету (номер кривої відповідає номеру апрету з табл. 2)

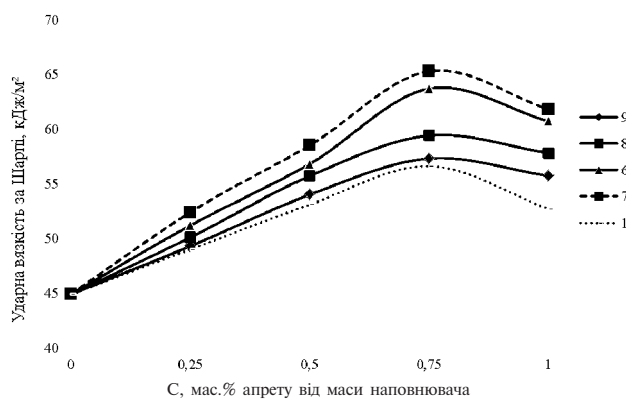


Рис. 5. Залежність ударної в'язкості за Шарпі композиційних матеріалів від концентрації та природи апрету (номер кривої відповідає номеру апрету з табл. 2)

Останнім етапом досліджень було визначення стійкості одержаних зразків до горіння.

Отримані дані, які наведені у табл. 3, показують, що зі збільшенням у молекулі апрету акрилатацилоксильних, а також стеаратацилоксильних груп біля атома титану вогнестійкість зразків зростає. Причому, при наявності біля атома титану стеаратацилоксильних груп більшою мірою, ніж при наявності біля атома титану акрилатацилоксильних.

Однак, у порівнянні зі зразками з попередньо неапретованим наповнювачем такий позитив не перевищує ~30%.

Аналізуючи експериментальні дані табл. 3, можна констатувати, що одержані композиційні матеріали на основі поліпропілену можна віднести до важкозапальних композиційних матеріалів першого класу за методом UL-94, так як час самостійного горіння зразків складає менше 30 с. Клас вогнестійкості можна збільшити до

Вплив кількості і природи апретів гідроксиду алюмінію на горючість композитів на основі поліпропілену, с (ступінь наповнення 30 мас.%)

Апрети	Кількість апрету на гідроксиду алюмінію, мас.%				
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00
Тетрабутоксититан	25	24	24	24	23
Трибутоксіякрилатацилоксититан	25	22	22	22	21
Дибутоксидакрилатацилоксититан	25	23	23	22	22
Бутокситриакирлатацилоксититан	25	22	22	21	21
Тетраакрилатацилоксититан	25	21	20	20	20
Трибутоксистеаратацилоксититан	25	19	18	18	18
Дибутоксидистеаратацилоксититан	25	18	17	17	17
Бутокситристеаратацилоксититан	25	19	19	18	18
Тетрастеаратацилоксититан	25	21	20	19	19

повної негорючості шляхом підвищення у композиції частки наповнювача, як показано у роботі [9]. Однак, це буде пов'язано з погіршенням фізико-механічних показників одержаного композиційного матеріалу.

Висновки

Виконані дослідження з наповнення поліпропілену гідроксидом алюмінію, попередньо апретованим похідними тетрабутоксититану, переетерифікованими акриловою або стеариною кислотами, показали, що:

– максимальна кількість апрету на наповнювачі, при якій реалізуються найбільш високі механічні показники одержаних композиційних матеріалів, складає ~ 0,75мас.% від маси наповнювача і мало залежить від природи апрету;

– найкращою міцністю при розтязі і ударною в'язкістю за Шарпі (на рівні 50,0 МПа та 60,2 кДж/м² відповідно) характеризуються композиційні матеріали, наповнювач яких – гідроксид алюмінію – оброблений похідними ТБТ та акрилової кислоти (що вище показників для матеріалів з необробленим апретом наповнювачем 40,7 МПа і 44,9 кДж/м² відповідно);

– введення у полімерний композиційний матеріал на основі поліпропілену гідроксиду алюмінію, обробленого похідними бутоксиестерів ортотитанової і стеаринової кислот, дозволяє отримувати наповнені термопласти з більш високою вогнестійкістю у порівнянні з необробленим наповнювачем або обробленим бутоксиестерами ортотитанової та акрилової кислоти;

– розроблені нові, наповнені гідроксидом алюмінію, поліпропіленові композиційні матеріали будуть конкурентноспроможними, оскільки відрізняються більш високими механічними показниками, вогнестійкістю і меншою, навіть у порівнянні з матеріалами на основі вихідного поліпропілену, собівартістю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Микуненко И.О. Классификация термопластических композиционных материалов и их наполнителей // Пластические массы. – 2012. – № 9. – С.29-37.
2. Кац Г.С. Наполнители для полимерных композиционных материалов: справ. пособие / под. ред. Г.С. Кац, Д.В. Милевских. – М.: Химия, 1981. – 736 с.
3. Сироткина Е.Е. Композиционные материалы на основе полипропилена // Пластические массы. – 1997. – № 2. – С.27.
4. Химическая промышленность за рубежом / Под ред. В.П. Никулиной. – М.: Химия, 1977. – 37 с.
5. Модифікація базальтопластиків [(алкокси)(акрилатацилокси)титанатами та титаноксанатами / Баштанник П.І., Кузьменко М.Я., Кузьменко С.М., Ігоніна Г.М., Євтушенко Я.І., Головань А.Г. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2014. – № 3. – С.65-70.
6. Баштанник П.И., Овчаренко В.Г. Базальтопластики антифрикционного назначения на основе полипропилена // Механика композитных материалов. – 1997. – Т.33. – № 3. – С.417-421.
7. Композиційні матеріали на основі поліпропілену, армованого апретованим базальтовим волокном / Баштанник П.І., Кузьменко М.Я., Кузьменко С.М., Ігоніна Г.М., Євтушенко Я.І., Шпатакова А.В. // Вопр. химии и хим. технологии. – 2014. – № 1. – С.57-61.
8. Пат. 4999442 США. Orhano-titanium compounds and surface treating agent / Sato M., Kobayaski N., Funamoto A., Kataoka Y., 1991.
9. Применение титанорганических соединений в качестве апретов для тригидрата оксида алюминия / Данилина Л.И., Мишина Е.И., Тростянецкая В.Л., Скрипко Л.А., Новиков С.И. // Пластические массы. – 1987. – № 12. – С.39-40.
10. Амброж И. Полипроплен: пер. со словацкого В.А. Егорова / Под ред. Пилиповского В.И., Ярцева И.К. – Л.: Химия, 1967. – 316 с.

Надійшла до редакції 26.10.15

STUDY ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYPROPYLENE FILLED WITH HYDROXIDE ALUMINUM

P.I. Bashtanyk, M.Ya. Kuzmenko, S.M. Kuzmenko, A.G. Golovan

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine

The investigation of the modification of thermoplastics on the basis of polypropylene filled with hydroxide aluminum has been carried out. Products with different degree of the substitution of butoxy group in tetrabutoxytitanium by stearic or acrylic acids were used as impregnation for filler. Such a modification allowed obtaining non-inflammable composite materials of the first rank according to the UL-94 method. These composite materials are characterized by increased magnitude of durability at expansion up to 50.0 MPa, their impact toughness according to Charpy test approaches 60.2 kJ m⁻²; these values are much higher than those for the samples with filler that was not previously treated by impregnation (40.7 MPa and 44.9 kJ m⁻², correspondingly). The achievement of such results is due to the formation of both chemical bonds between filler and polypropylene matrix and additional frame of stronger coordination hydrogen bonds in the filled composite material. This can provide long-term usage of such materials and details from them under the conditions of higher loads.

Keywords: polypropylene; impregnation; dispersed filler; aluminum hydroxide; tetrabutoxytitanium; acrylic acid; stearic acid; composite.

REFERENCES

1. Mikulenok I.O. Klassifikatsiya termoplasticheskikh kompozitsionnykh materialov i ikh napolnitelei [Classification of thermoplastic composite materials and fillers]. *Plasticheskie Massy*, 2012, no. 9, pp. 29-37. (in Russian).
2. Katz G.S., Milevskikh D.V., *Napolniteli dlya polimernykh kompozitsionnykh materialov* [Fillers for polymer composites]. Khimiya, Moscow, 1981. 736 p. (in Russian).
3. Sirotkina E.E. Kompozitsionnye materialy na osnove polipropilena [Composite materials on the basis of polypropylene]. *Plasticheskie Massy*, 1997, no. 2, pp. 27. (in Russian).
4. Nikulina V.P., *Khimicheskaya promyshlennost' za rubezhom* [Chemical industry abroad]. Khimiya, Moscow, 1977. 37 p. (in Russian).
5. Bashtanyk P.I., Kuzmenko M.Ya., Kuzmenko S.M., Igonina A.M., Evtushenko Ya.I., Golovan A.G. Modifikatsiya bazal'toplastykov [(alkoksi)(akrilatatsiloksi)titanatami ta titanoksanatami] [Modification of basalt plastics by (alkoxy)(acrylate-cyloxy) titanates and titanoxanates]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2014, vol. 3, pp. 65-70. (in Ukrainian).
6. Bashtanyk P.I., Ovcharenko V.G. Basaltoplastiki anti-friktsionnogo naznacheniya na osnove polipropilena [Antifrictional basalt plastics on the basis of polypropylene]. *Mekhanika Kompozitsionnykh Materialov*, 1997, vol. 33, no. 3, pp. 417-421. (in Russian).
7. Bashtanyk P.I., Kuzmenko M.Ya., Kuzmenko S.M., Igonina A.M., Evtushenko Ya.I., Shpatakova A.V., Kompozitsiini materialy na osnovi polipropilenu, armovanogo apretovanyim basaltovym napovnyuvachem [Composite materials on the basis of polypropylene which are reinforced by basalt filler]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 2014, vol. 1, pp. 57-61. (in Ukrainian).
8. Sato M., Kobayashi N., Funamoto A., Kataoka Y., *Organo-titanium compounds and surface treating agent*. Patent US, no. 4999442, 1991.
9. Danilina L.I., Mishina E.I., Trost'yanetsky V.L., Skripko L.A., Novikov S.I. Primenenie titanorganicheskikh soedinenii v kachestve apretov dlya trigidrata oksida alyuminiya [The use of organotitanium compounds as coupling agents for alumina trihydrate]. *Plasticheskie Massy*, 1987, no. 12, pp. 39-40. (in Russian).
10. Ambrozhi I., *Polipropilen* [Polypropylene]. Khimiya, Leningrad, 1967. 316 p. (in Russian).