

УДК 614.841

**СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ  
ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ  
НА ОСНОВІ ЕПОКСИДНИХ СМОЛ**

Д. С. НОВАК, К. А. МАРИНЯКА

Київський національний університет технологій та дизайну

Процес горіння полімерів носить багатоступінчастий характер, при цьому можна розділити його на наступні тимчасові стадії: нагрівання, деструкція, займання і горіння. Придушити горіння полімерів можливо розірвавши цикл горіння в будь-який з фаз (конденсованої, газової, на поверхні їх розділу). Всі шляхи зниження горючості полімерів в залежності від місця і способу розриву циклу горіння можливо розділити на наступні групи: у конденсованій фазі можна; у газовій фазі; на поверхні розділу між конденсованою та газовою фазою. Для уповільнення і гальмування процесу можливо впливати на кожну стадію хімічними або фізичними методами. Для епоксидних полімерів найбільш поширеним і ефективним способом зниження горючості є застосування антипіренів [1-3].

Легка займистість епоксидних смол обумовлена тим, що продуктами деструкції затверджувальної епоксидної смоли є леткі продукти, що містять значну кількість горючих сполук (оксид вуглецю, ацетон, формальдегід, ацетальдегід). Разом з тим, при впливі підвищених температур при піролізі епоксидних смол формується карбонізований залишок. Його утворення є результатом того, що епоксидні олігомери, затверділі амінами, при впливі температур схильні до дегідратації, внаслідок відриву атома водню від ароматичного та аліфатичного ланок ланцюга, з подальшою конденсацією вуглецевих залишків і утворенням квазі-графітової структури [1, 4].

Тому дуже ефективним методом зниження горючості епоксидних полімерів є використання антипіренів, що впливають на процеси структурування полімеру при впливі на нього підвищених температур. Застосування сполук каталізують піролітичним процесом, що сприяють коксоутворення, також забезпечує зниження забруднення навколишнього середовища. Найбільш ефективними для епоксидних смол є фосфорвмісні антипірени [3, 4].

Для ефективного зниження горючості епоксидних полімерів необхідно ввести в них 5-6 мас. % фосфору. Фосфонати також виконують функцію димопоглиначів для епоксидних полімерів. Фосфорвмісні антипірени є одними з найпоширеніших і часто застосовуваних сповільнювачів горіння для епоксидних смол. В якості таких антипіренів використовуються найрізноманітніші сполуки, починаючи від червоного фосфору, закінчуючи фосфорвмісними поліефіру і поліфосфазенами. Механізми дії фосфорвмісних антипіренів можуть бути різними, це пояснюється тим, що містять фосфор антипірени можуть застосовуватися як у вигляді добавок, які не беруть в хімічну взаємодію з полімерним матеріалом в процесі його переробки у виріб, експлуатації виробів, а також у вигляді реакційноздатних

сполук, які вступають в хімічну взаємодію з полімером. Утворення коксового залишку при горінні і високотемпературному піролізі цих полімерних матеріалів на повітрі є характерною рисою [1, 3, 4].

Широко застосовуються антипірени, які містять в одній молекулі як атоми фосфору, так і атоми галогену. Застосування подібних сумішей фосфор і галогенвмісних з'єднань ефективніше для зниження горючості, ніж застосування цих же антипіренів окремо [4].

Крім галогенів в комбінації з фосфором дуже часто застосовується азот. У цьому випадку спостерігається синергетичний ефект, тобто азот посилює дію фосфору. З сполук, які найбільш часто застосовуються в якості антипіренів для епоксидних смол і містять обидва ці елементи, слід відзначити в першу чергу амід фосфорної кислоти, поліфосфазени, фосфати та поліфосфати амонію. Серед антипіренів, які містять атоми фосфору й азоту в одній молекулі, слід виділити сполуки, що включають фосфазогрупу  $P = N$  – це такі сполуки як олігомерні і полімерні фосфазени. Ефективність і механізм дії подібних з'єднань визначається характером заступників у атома фосфору. Для отримання епоксидних смол зі зниженою горючістю на стадії їх синтезу застосовують різні фосфорвмісні мономери, при цьому утворюються сполуки, в яких фосфор знаходиться в основую ланцюга: реакція фосфораміда  $O = P(NR_2)_3$ ; взаємодія хлор похідних фосфору; а також можливо здійснювати епоксидування по подвійних зв'язках циклічних фосфазенів,  $[N = N(OCN_2CF_3)]$  ( $OCN_2-CH = CH_2$ ) або взаємодія епоксидної смоли з фосфорною кислотою. Застосування таких епоксидних олігомерів дозволяє створювати пожежобезпечні вироби з підвищеним комплексом фізико-механічних характеристик.

Таким чином, в залежності від конкретного призначення полімерних матеріалів і умов експлуатації виробів на їх основі використовують такі способи зниження горючості: нанесення вогнезахисних покриттів; хімічне модифікування полімерів; спрямований синтез полімерів; введення наповнювачів; введення антипіренів. Дуже часто вдаються до різних комбінацій згаданих вище способів [4].

### Література

1. Мікульонок І. О. Технологічні основи перероблення полімерних атеріалів: навч. Посіб. / І. О. Мікульонок.– Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 324 с.
2. Новак С. В. Горючість фасадних плит із полімерним наповнювачем / С. В. Новак, А. В. Довбиш, В. О. Пахаренко, Д. С. Новак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 3 (47). – С. 68-73.
3. Спорягін Е. О. Теоретичні основи та технологія виробництва полімерних композиційних матеріалів: навч. посіб. / Е. О. Спорягін, К. Є. Варлан. – Донецьк : ДНУ, 2012. – 190 с.
4. Яковлева Р.А. Основні шляхи зниження горючості та димоутворюючої здатності епоксидних полімерів / Р.А. Яковлева, Ю.В. Попов, О.М. Григоренко // Проблемы пожарной безопасности, 2005. – Вып. 17. – С. 209-214.