

УДК 620.197.6;658.584

**О.Гулай<sup>1</sup>, канд. техн. наук; Я.Середницький<sup>2</sup>, канд. хім. наук**

<sup>1</sup>Тернопільська державна медична академія ім. І.Я. Горбачевського

<sup>2</sup>Орган з сертифікації “УкрСЕПРОтрубоізол” при Фізико-механічному інституті ім. Г.В.Карпенка НАН України (м.Львів)

## **ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ПАРАМЕТРИ КРЕМНІЙОРГАНІЧНО-ЕПОКСИДНИХ ПРОТИКОРОЗІЙНИХ ПОКРИТТІВ ТРУБОПРОВОДІВ**

*Наведено фізико-хімічні параметри протикорозійних покриттів трубопроводів на основі поліметилфенілсилоксанового лаку КО-921, модифікованого епоксидною смолою. Термостійкість визначено методом диференційного термічного аналізу, захисну здатність – ємнісно-омічним (імпедансним) методом.*

Специфіка вітчизняного трубопровідного транспорту полягає в понаднормовій тривалості експлуатації і невисокій ефективності та довговічності протикорозійної ізоляції [1]. Серед сучасних матеріалів, здатних формувати вискоєфективні захисні покриття, особливо перспективними є кремнійорганічні композити. Більшість з них мають поліфункціональний характер: виконуючи роль захисних шарів, вони в той же час надають покриттям специфічні властивості, а саме: гідрофобність, хімічну інертність, біостійкість, термостійкість при достатньо високих фізико-механічних характеристиках. Модифікація кремнійорганічних композитів сприяє підвищенню фізико-механічних та техніко-експлуатаційних параметрів, в першу чергу, ізоляційних і протикорозійних властивостей, що дозволяє використовувати кремнійорганічні захисні покриття в складних умовах експлуатації, де механічні та термічні навантаження суміщаються з дією агресивних середовищ.

Необхідність створення нових термостійких композиційних матеріалів і покриттів на основі кремнійорганічних полімерів з підвищеними ізоляційними і протикорозійними властивостями викликана незадовільним станом протикорозійного захисту трубопроводів та металоконструкцій на Україні. Значного обсягу наукових досліджень вимагає прогнозування працездатності ізоляції спеціального призначення, наприклад, термостійких кремнійорганічних покриттів. Вони знайшли в останнє десятиліття практичне застосування для захисту нагрітих до 80-90° С газопроводів після газокомпресорних станцій, нафто- і мазутопроводів з підігрівом продукта, енергетичних і комунальних теплопроводів, а також трубопроводів, місткостей і технологічного обладнання в харчовій промисловості [2, 3].

На базі Фізико-механічного інституту ім. Г.В.Карпенка розроблено ряд кремнійорганічних композитів, які за фізико-механічними та фізико-хімічними властивостями переважають рекомендовані для захисту сталевих металоконструкцій, в тому числі нафтових резервуарів, епоксидну ґрунт-шпатлівку ЕП-00-10 і поліуретанову емаль Е-771 [4, 5]. В даній роботі висвітлено результати досліджень фізико-хімічних параметрів кремнійорганічних композитів на основі поліметилфенілсилоксанового лаку КО-921, модифікованих епоксидною смолою ЕД-20. Наведені параметри термостійкості та протикорозійної стійкості можуть в певній мірі слугувати критеріями довговічності покриттів.

Вміст гель-фракції визначали за допомогою апарата Сокслета, адгезію – методом нормального відриву, коефіцієнт дифузії – за результатами водопоглинання. Протикорозійні властивості кремнійорганічних покриттів на сталевих пластинах досліджували ємнісно-омічним методом. Як основне робоче середовище використовували 3 %-ний розчин натрій хлориду (штучна морська вода), а також 5 %-ні водні розчини кислот і лугів. Процеси термоокислювальної деструкції кремнійорганічних композитів вивчали методом диференційно-термічного аналізу на дериватографі системи Паулік, Паулік, Ердей в динамічному режимі.

Таблиця 1

## Властивості кремнійорганічно-епоксидних композитів

Вміст ЕД-20, % мас.	Вміст гель-фракції, % мас.	Адгезія, МПа	$K_{\text{дифузії}} \cdot 10^{-8}$ , мм <sup>2</sup> /с	$T_5$ %, °С	$T_{25}$ %, °С
5	83,2	3.2	4,1	360	595
10	83,9	4.3	3,8	330	530
15	85,1	5.6	3,4	325	510
20	86,0	8.8	3,2	310	500
25	86,2	9.1	2,9	305	480

Дериватографічні дослідження ілюструють високу термостійкість досліджуваних матеріалів. Кремнійорганічні композити з вмістом епоксидного компонента 5...25 % мас. суттєво перевищують поліепоксиди (температура деструкції 270°C) за термостійкістю (див. табл. 1). Для кремнійорганічно-епоксидних матеріалів 5%-на втрата маси спостерігається в діапазоні 305...385° С, а 25%-на - 480...580° С.

Пониження термічної стабільності досліджуваних зразків пов'язане зі значно нижчою термостійкістю епоксидної компоненти. Про це свідчить закономірне зменшення температури початку термодеструкції та енергії активації. На диференційних термогравіметричних кривих (див. рис. 1) спостерігаються два піки швидкості втрати маси, перший з яких відповідає деструкції епоксидної компоненти, другий – кремнійорганічної. Проте загалом кремнійорганічно-епоксидні матеріали значно перевищують (300-350 °С) за термостійкістю епоксидні полімери (100-150 °С) і мало поступаються вихідній кремнійорганічній матриці (300-400 °С). Отримані результати є доказом утворення структурованого кремнійорганічно-епоксидного композита.

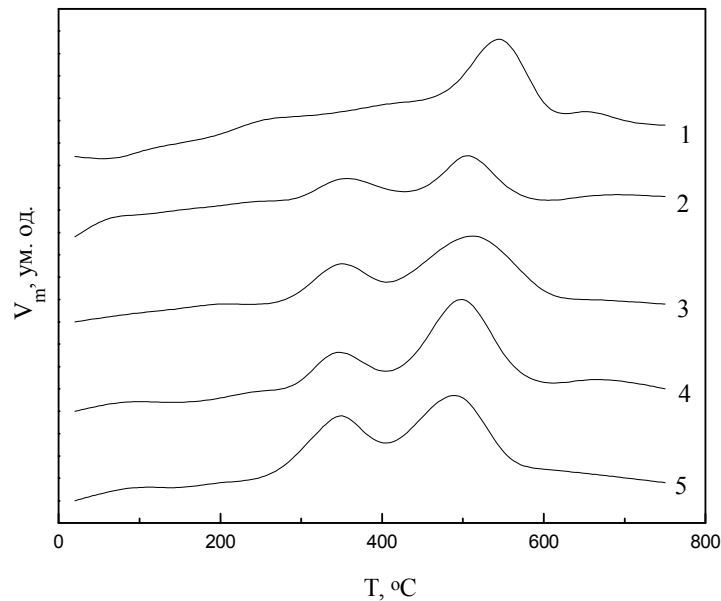


Рис. 1. Експериментальні криві швидкості втрати маси при нагріванні кремнійорганічних плівок, що містять ЕД-20: 1 - 5%; 2 - 10%; 3 - 15%; 4 - 20%; 5 - 25 % мас.

Паралельно встановлено, що модифікація кремнійорганічного лаку КО-921 епоксидною смолою ЕД-20 в кількості 5...25 % мас. дозволяє підвищити адгезію покриттів до металевої поверхні з 3,0 до 9,1 МПа. Експериментальні дані, наведені в табл. 1, характеризують ступінь структурування, адгезію до сталі, дифузію води через плівку композита та термостійкість кремнійорганічно-епоксидних матеріалів. Крім того, випробування в 5 %-них водних розчинах хлоридної кислоти та натрій гідроксиду показали, що при вмісті епоксиду 10-20 % спостерігається максимальна хімічна тривкість композитів.

Не менше прикладне значення для встановлення працездатності кремнійоргані-

чних покриттів при температурах (20...100 °С) мало вивчення імпедансних характеристик систем метал-покриття в широкому діапазоні середовищ - від 3%-ного NaCl до розчинів харчової промисловості - мінеральних кислот (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>), лугів, органічних кислот (оцтової, яблучної, виноградної, молочної).

Для визначення працездатності кремнійорганічно-епоксидного покриття КО-ФМІ-6 порівняно з покриттям на основі епоксидної ґрунт-шпатлівки ЕП-00-10 в широкому діапазоні середовищ харчової промисловості були визначені імпедансні параметри (ємність та опір сталевих електродів з покриттями). Для всіх середовищ в діапазоні часу 0...1000 год значення імпедансних параметрів покриття КО-ФМІ-6 більш, як на порядок перевищують значення для ЕП-00-10. Зміна опору системи метал – покриття КО-ФМІ не перевищує одного порядку (див. рис. 2). Тобто ізоляція на основі КО-ФМІ-6 має значно кращі захисні властивості, як досліджене поліепоксидне покриття.

Достовірність проведеного нами комплексного науково-експериментального визначення, тестування і прогнозування працездатності кремнійорганічно-епоксидного покриття КО-ФМІ-6 було підтверджено його успішним практичним застосуванням замість епоксидного на основі ґрунт-емалі ЕП-00-10 на підприємствах цукрової, пивобезалкогольної, спиртової та молочної підгалузей харчової промисловості.

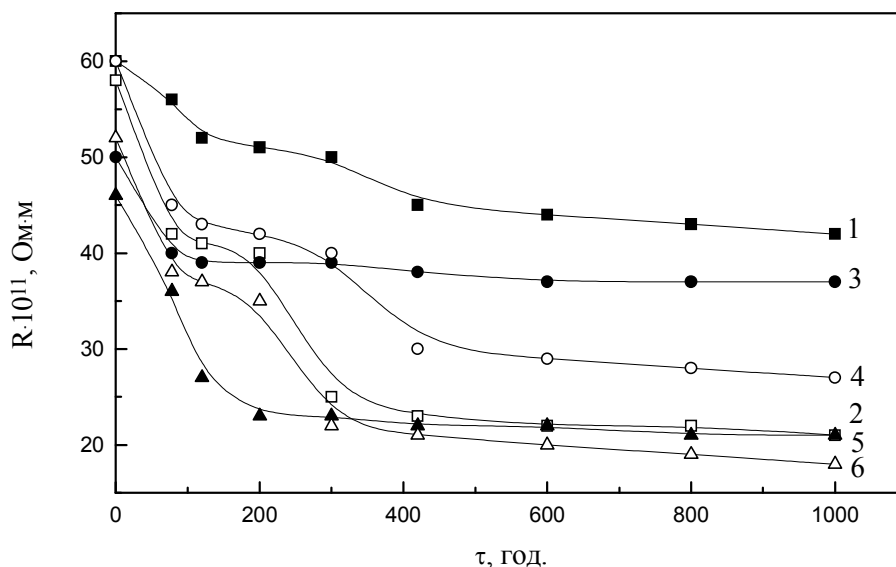


Рис. 2. Зміна опору кремнійорганічних покриттів КО-ФМІ-6 в модельних середовищах: 1 - 5 % NaCl; 2 - 5 % KOH; 3 - дистильована вода; 4 - 5 % HCl; 5 - 5 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 6 - 5 % HNO<sub>3</sub>.

На основі аналізу приведених результатів можна стверджувати про утворення нових термостабільних кремнійорганічно-епоксидних композитів - основи термостійких покриттів трубопроводів в нафтогазовому комплексі, теплоенергетиці та комунальному господарстві. Ізоляційні матеріали, теплостійкість яких перевірена при 280...350 °С, без сумніву, зможуть тривало працювати при температурах експлуатації, що не перевищують 150° С.

### Висновки

Дослідження термостійкості методом диференційного термічного аналізу та протикорозійних властивостей імпедансним методом, доповнені позитивними результатами тест-випробувань покриття КО-ФМІ-6 на відповідність до вимог щодо трубопровідної ізоляції (ударна міцність, адгезія до сталі, перехідний електричний опір, катодне відшаровування) [4, 5], а також високої біостійкості у водних розчинах і ґрунтах [6], дозволили рекомендувати його для застосування в широкому діапазоні корозійно- і мікробіологічноактивних середовищ. Комплексне використання усіх вищевказаних методів дозволяє прогнозувати ефективність протикорозійної ізоляції нафтових та газових трубопроводів.

*The physics-chemical parameters of pipeline anticorrosion polymethylphenilsiloxane-epoxy coatings based on the varnish KO-921 have been considered. The hite resistance is determined by method of thermal analysis, protective ability - by impedance method.*

### Література

1. Кузьменко Ю.О. Моніторинг корозійного стану магістральних нафтогазопроводів // Нафтова і газова промисловість.- 1994.- № 2.- С. 43-44.
2. Середницький Я.А. Сучасна протикорозійна ізоляція в трубопроводному транспорті.-Львів: ПТВФ "Афіша",1999.-239 с.
3. Стухляк П.Д. Эпоксидные композиты для защитных покрытий.-Тернополь:Збруч, 1994.-179с.
4. Середницький Я.А. Кремнийорганические покрытия для горячих участков магистральных газо-, нефтепроводов // Строительство трубопроводов.-1997.- №2.-С. 23-26.
5. Кремнійорганічні покриття для протикорозійного захисту трубопроводів і технологічного обладнання в харчовій промисловості / Я.А. Середницький, І.О. Ніронович, О.І. Целюх та ін. // Харчова промисловість.-1995.-№ 3.-С.31-34.
6. Біостійкість кремнійорганічних покриттів для протикорозійного захисту трубопроводів і металоконструкцій / В.В.Заніна, Ж.П. Коптева, І.О. Козлова, Я.А.Середницький // Мікробіологічний журнал.-1996.-№ 6-С.62-65.

*Одержано 14.02.2003 р.*