

УДК 678.01:537.63:537.212

В.О. Віленський, Ю.В. Бардадим, М.Г. Ткаліч

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, Київ, Україна

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПОВНЮВАЧІВ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ НА ДИНАМІКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗОКОМПОЗИТІВ, СФОРМОВАНИХ У ПОСТІЙНИХ ФІЗИЧНИХ ПОЛЯХ

Background. The latest development in the field of materials to improve the physical and chemical properties is the use of physical modification of polymeric materials. Special attention attracts treatment of external constant magnetic or electric fields of polymeric materials during curing.

Objective. To determine the effects of different natural properties of metal oxides on dynamic mechanical properties of mezocomposites.

Methods. By dynamic mechanical analysis method study of mezocomposite samples filled with oxides of metals, cured by the action of physical fields was conducted.

Results. Orientation influence of physical fields changes continuum of molecules involved in the reaction of polyaddition and in the formation of epoxy polymer structure, and leads to the growth of its free volume. Acquired elasticity modulus difference is stored in the temperature range of 293–340 K, and when the temperature increases, due to the transition to highly polyepoxy state, the orientation influences of physical fields are lost. Samples were formed under the influence of physical fields are characterized by much higher elasticity modulus values compared with samples formed under normal conditions. Temperature dependence modules losses of epoxy polymer and composites filled with oxides of metals cured under different conditions coincide.

Conclusions. Rationality involvement of acid-base properties to crystal structure aimed modification, thermophysical, dielectric and dynamic mechanical properties of mezocomposites is shown.

Keywords: metal oxide; polyepoxy; physical fields; mezocomposite.

Вступ

Модифікація полімерів наповненням органічними або неорганічними сполуками має досить давню історію [1, 2] і пов'язана не лише з економічними пріоритетами застосування частково наповнених полімерів (композитів) над ненаповненими. Стратегічною метою завжди було надання полімерним композиційним матеріалам (ПКМ) певних функціональних властивостей, наприклад струмо- і теплопровідності, теплофізичних, термомеханічних, динаміко-механічних властивостей тощо [3, 4]. Нині залучення оксидів металів (MeO) як наповнювачів полімерів викликає дедалі більший інтерес [5–9] як з точки зору прикладного застосування нанокompозитів, так і з суто наукового боку. Наприклад, суміші наночастинок оксидів CdO 0,5 Zn 0,5 надають термопласту полівінілхлориду (ПВХ) високої прозорості та покращують затримання УФ-випромінювання, нанокompозит гібридного складу ПВХ/ZnO–ПАН збільшує корозійний захист заліза, а зразки поліепоксиду, що наповненні Fe₂O₃ або Al₂O₃ і сформовані у сталих магнітному, електричному полях, надають поліепоксиду здатності до розширення на 10–30 %. Це пояснюється тим, що сполуки Me_xO_y за будовою є лігандами і, взаємодіючи із полярними групами полімерної

матриці, формують лігандні комплекси, структура яких в умовах дії на них сталих фізичних полів надає полімерним композитам і нанокompозитам нових, часто унікальних, властивостей.

Постановка задачі

Метою роботи є дослідження впливу на динаміко-механічні властивості поліепоксиду при введенні до його складу оксидів металів Cr₂O₃, PbO, CdO, або їх сумішей. Необхідність дослідження підсилюється тим, що тверднення таких ПКМ у постійних магнітному або електричному полях раніше не досліджувалося.

Експериментальна частина

Зразки композитів формували на основі епоксидної смоли (ЕС) дигліцидилового етеру дифенілолпропану-А (ДГЕДФП-А) і твердника – триетилентетраміну (ТЕТА) фірми “Fluka” (США). Стехіометричне співвідношення становило 1 моль епоксидної смоли (ЕС) на 0,18 моля ТЕТА. Для наповнення епоксидного полімеру (ЕП) використовували порошок оксидів металів CdO, PbO і Cr₂O₃ фірми “Merck Chemicals” (США). Гранулометричну оцінку оксидів металів проводили методом лазерної гранулометрії на приладі “Zetasizer HS 1000” фірми

Malvern (UK). Встановлено, що середній розмір частинок CdO становить 190 нм; у розподілі PbO містяться дві фракції із середнім розміром 100–200 нм (47,1 %) та 400–600 нм (52,8 %); а для Cr₂O₃ – 216 нм (60,1 %) та 699 нм. Для кращого змочування наповнювач оксид металу перед суміщенням з інтермономерами ЕС і ТЕТА оброблювали 1 %-ним розчином ЕС в ацетоні впродовж 0,5 години. Таким же чином готували до введення в реакційноздатне середовище суміш оксидів металів та поліанілін.

Наповнювач поліанілін (ПАН) синтезували за методикою, описаною в роботі [1]. Середній розмір частинок для ПАН, визначений сканувальною мікроскопією, становив 0,4–0,9 мкм. Об'ємний вміст ПАН становив 1 %.

Суміщення ЕС із наповнювачами й термічну стабілізацію їх структури виконували відповідно до розробленої в [5, 6] методики. Досліджувались зразки складу ЕП, ЕП–3 % Cr₂O₃, ЕП–3 % CdO, ЕП–3 % PbO, а також зразки складу ЕП–3 % (Me^IO + Me^{II}O), де Me^IO, Me^{II}O – суміші вказаних оксидів металів, взятих у рівних об'ємних частинах. Зразки були піддані твердненню за нормальних умов (н.у.) при дії постійного магнітного поля (ПМП) напруженістю $H = 2 \cdot 10^5$ А/м або постійного електричного поля (ПЕП) напруженістю $E = 1,5 \cdot 10^4$ В/м протягом 24 год і за температури 293–297 К. Створені полімерні композити піддавали температурній стабілізації при 333 ± 2 К упродовж 24 год, після чого зразки вважали готовими до досліджень.

Вибір складу зразків ЕП–3 % PbO та ЕП–3 % (PbO + ПАН) обумовлений результатами роботи [5], де показано, що надмолекулярна структура цих МК перебуває у перехідному (передперколяційному) стані від диспергованого наповнювача до формування просторового кластера з наповнювача і тому є чутливою до умов тверднення.

В'язкопружні властивості мезокомполімерів (МК) досліджували динаміко-механічним аналізатором Q 800 (TA Instruments USA). Дослідження проводили у режимі розтягу з частотою 10 Гц у температурному інтервалі 290–500 К. Швидкість нагрівання становила 2 град/хв. Температуру склування (T_c) визначали із розміщення максимуму тангенса втрат (tgδ) на його температурній залежності.

Результати досліджень і їх обговорення

Доцільність дослідження підтверджується даними про зміни температурної залежності мо-

дуля еластичності поліепоксиду та ПКМ (рис. 1). З рис. 1, а видно, що в засклованому стані зразки ЕП, отверднені в ПМП (крива 2) або у ПЕП (крива 3), мають менші значення E' порівняно із поліепоксидом, що сформований у нормальних умовах. Це свідчить про те, що орієнтаційний вплив фізичних полів змінює (збурює) континуум молекул, які беруть участь у реакції поліприєднання та формуванні певної структури ЕП, і зумовлює зростання його вільного об'єму. Набута відмінність модулів еластичності зберігається в інтервалі температур 293–340 К, а при збільшенні температури, внаслідок переходу ЕП до високоеластичного стану, орієнтаційні впливи полів втрачаються.

Рис. 1, б, в відображає зміни E' мезокомполімерів ЕП–3 % Cr₂O₃ та ЕП–3 % PbO, які об'єднує послідовність впливу умов тверднення МК на величину E' . Зразки, сформовані під впливом фізичних полів, характеризуються значно більшими величинами модуля еластичності порівняно зі зразками ЕП–3 % MeO, сформованими за нормальних умов. Особливістю зразка ЕП–3 % CdO, порівняно з розглянутими зразками (рис. 1, б, в, д) є відмінність температурної залежності модулів еластичності. Функція $E'_i = f(T, K: PbO)$ частково подібна до поліепоксиду. Це, на нашу думку, пов'язано з тим, що за кислотно-основними властивостями метал оксиду PbO займає проміжне положення між Cr і Cd. Функції $E'_k = f(T, K: Me^I O + Me^II O)$ відмінні одна від одної; це, отже, показує, що поєднання у мезокомполімері металів різної природи надає зразкам МК неповторного вигляду функції E'_i . Як зазначалося вище, ми пов'язуємо цей результат із відмінностями у кислотно-основних властивостях *саме металів*, оскільки атом кисню в цих сполуках є сталим фактором впливу. Цей висновок узгоджується з експериментальними даними про те, що ненаповнений поліепоксид і зразки МК відповідно з Cr₂O₃, PbO або CdO мають неповторні температурні залежності модуля еластичності (рис. 1, табл. 1), обумовлені тим, що метали Cr (–) → Pb (0) → Cd (+) утворюють певний ряд речовин, відмінних за кислотно-основними властивостями. Цю ідею ми висловлювали раніше в роботах [9, 10], але для її підтвердження наведено результати динаміко-механічного аналізу, які виразно доводять її правочинність.

На рис. 1, д показано криві температурних залежностей модулів еластичності для зразків ЕП–3 % (Cr₂O₃ + PbO), ЕП–3 % (PbO + CdO) і

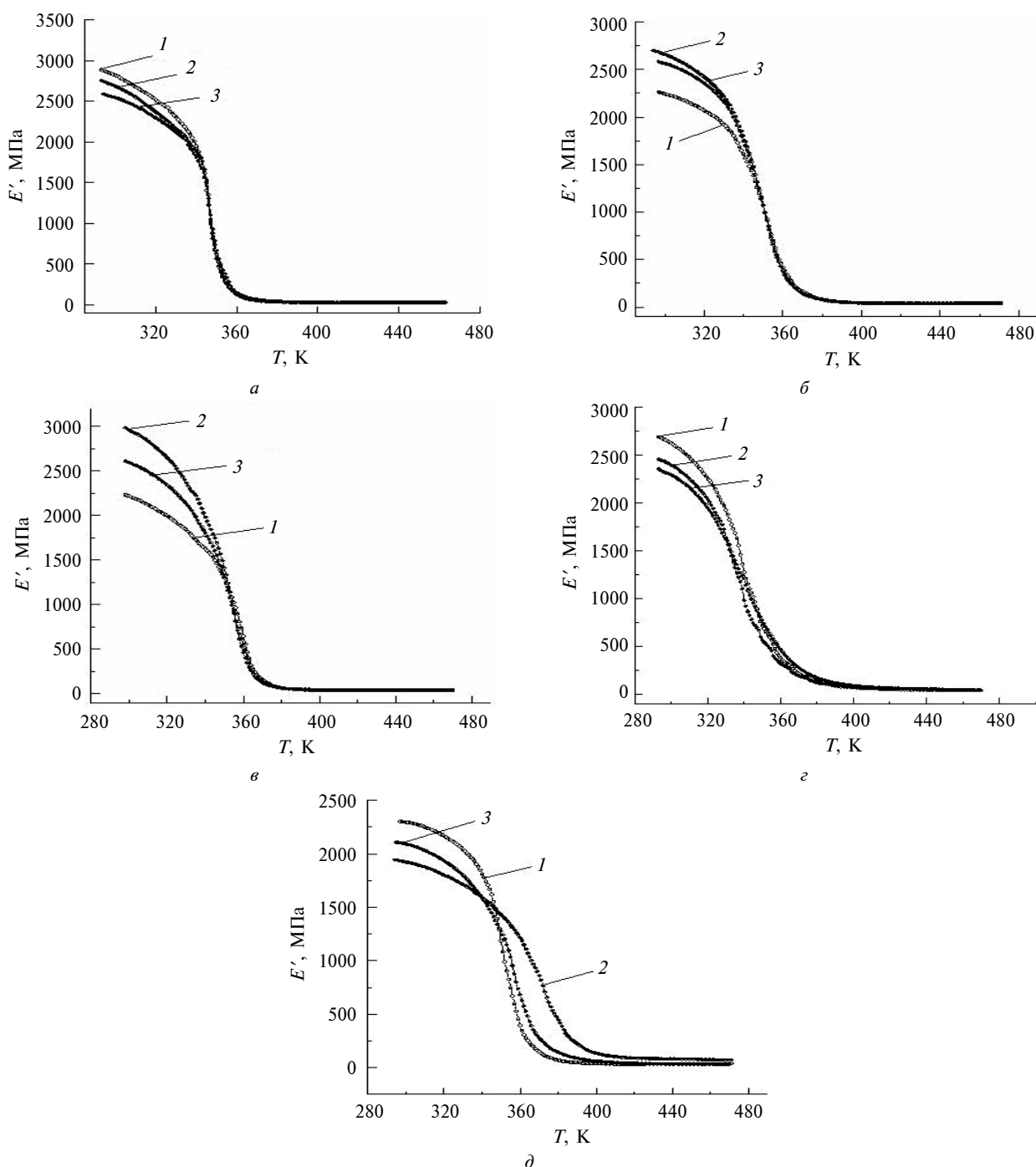
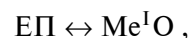


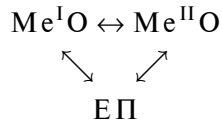
Рис. 1. Температурна залежність модуля еластичності поліепоксиду (а), ЕП–3 % Cr_2O_3 (б), ЕП–3 % PbO (в), ЕП–3 % CdO (г), сформованих при: 1 – н.у.; 2 – ПМП; 3 – ПЕП, а також мезокомполітів (д): 1 – ЕП–3 % ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{PbO}$); 2 – ЕП–3 % ($\text{PbO} + \text{CdO}$); 3 – ЕП–3 % ($\text{CdO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$)

ЕП–3 % ($\text{CdO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$), отверднених за нормальних умов. Вони відрізняються від кривих на рис. 1, б–г виглядом функцій модуль еластичності $E'_i = f(T, \text{Me}^{\text{I}}\text{O})$, обумовленим взаємодіями за схемою:



тоді як функція $E'_k = f(T, \text{K}; \text{Me}^{\text{I}}\text{O} + \text{Me}^{\text{II}}\text{O})$ є багатопараметричною, оскільки суміші оксидів металів мають різні кислотно-основні власти-

вості і взаємодії їх складових МК відбуваються за іншою схемою:



Зрозуміло, що розширення елементів взаємодії між молекулами полімерної матриці та

полярними наповнювачами буде відбиватися на характеристиках зв'язуючого МК, що і підтверджується даними табл. 1, де наведено зміни температури склування (T_c , К) ЕП та мезокомпозитів. У зразках МК_{н.у.}, що містять лише один MeO, T_c змінюється в інтервалі 360–369 К, тоді як для зразків на основі сумішей оксидів металів цей інтервал стає істотно ширшим – від 365 до 390 К.

Таблиця 1. Значення величини динамічного модуля і температури склування для мезокомпозитів залежно від природи оксиду металу та передісторії тверднення зразків

Зразок	E' , МПа			T_c , К		
	н.у.	ПМП	ПЕП	н.у.	ПМП	ПЕП
ЕП	2880	2750	2600	356	358	358
ЕП–3 % Cr_2O_3	2300	2700	2580	360	360	360
ЕП–3 % PbO	2230	2600	2980	369	365	367
ЕП–3 % CdO	2690	2450	2360	363	364	374
ЕП–3 % ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{PbO}$)	2300	–	–	365	–	–
ЕП–3 % (PbO + CdO)	1940	–	–	391	–	–
ЕП–3 % (CdO + Cr_2O_3)	2100	–	–	370	–	–

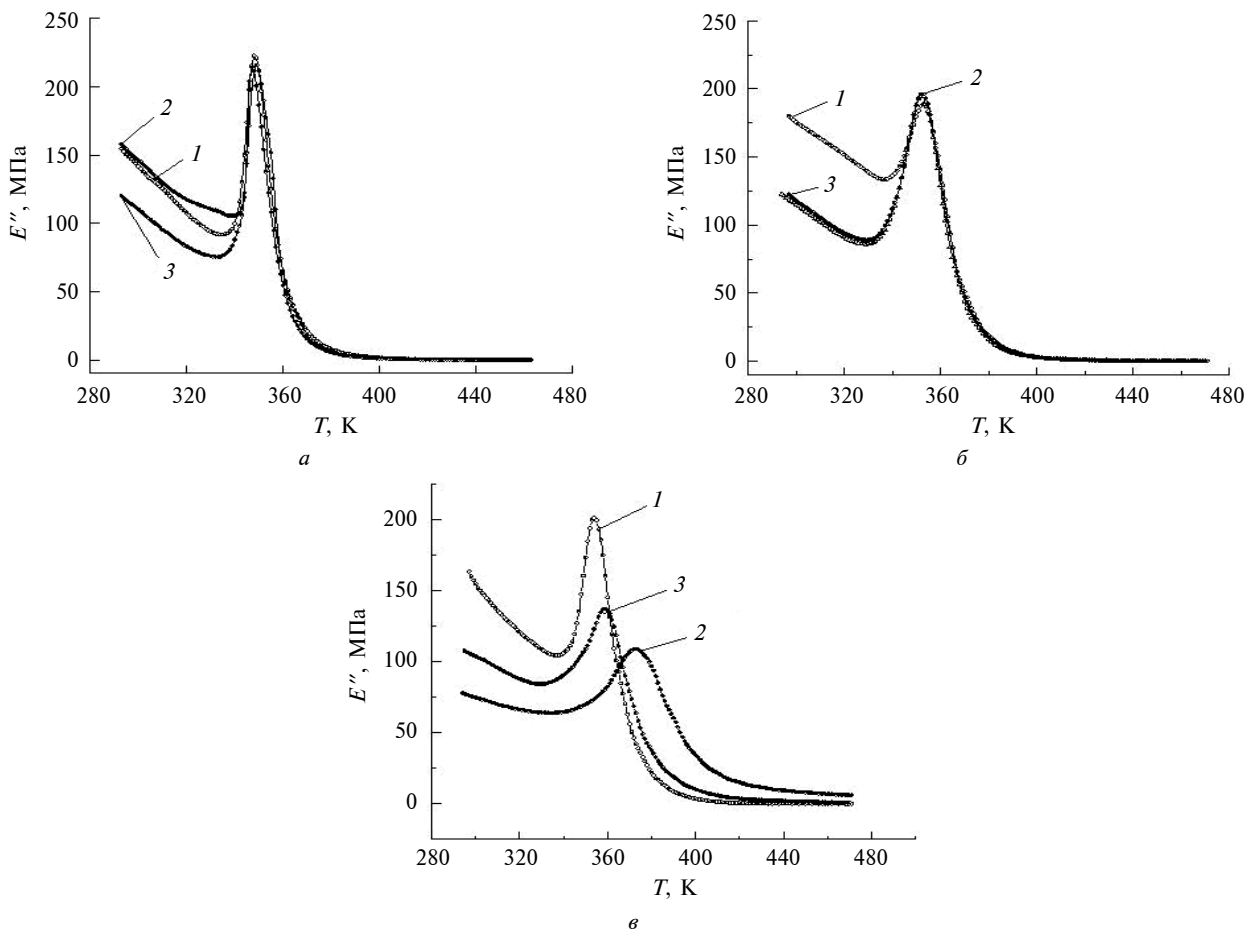


Рис. 2. Температурна залежність модулів втрат: ЕП (а); ЕП – 3% Cr_2O_3 (б), сформованих при: 1 – н.у., 2 – ПМП, 3 – ПЕП, та мезокомпозитів (в): 1 – ЕП–3 % ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{PbO}$); 2 – ЕП–3 % (PbO + CdO); 3 – ЕП–3 % (CdO + Cr_2O_3)

Іншим важливим параметром, який характеризує якість структури, набутої поліепоксидом у результаті його наповнення оксидами металів, є модуль втрат E'' . На рис. 2 як приклад наведено температурні залежності E'' поліепоксиду і композитів складу ЕП–3 % Cr_2O_3 , ЕП–3 % ($\text{Me}^{\text{I}}\text{O} + \text{Me}^{\text{II}}\text{O}$)_{н.у.}.

Основною особливістю на рис. 2 а, б є те, що температурні залежності E'' ЕП і мезокомполита на основі Cr_2O_3 , отверднених за різних умов, збігаються, а це не дає змоги кількісно порівняти здатність новоутвореної структури до дисипації механічної енергії, що підводиться до досліджуваного зразка. Це частково стосується і зразків МК, які містять суміші оксидів металів (рис. 2, в), що якісно відрізняються від інших МК, і узгоджується з висновком про те, що причиною таких відмінностей є парні взаємодії складових мезокомполита. У праці [11] запропоновано рівняння, яке дає можливість визначити кількість енергії, що витрачається за один цикл механічним полем на одиницю об'єму досліджуваного матеріалу:

$$\Delta\varepsilon = \pi G_2 e_3^2,$$

де $\Delta\varepsilon$ – енергія одного циклу (Дж); G_2 – модуль втрат (МПа); e_3 – вихідна товщина досліджуваного зразка (м).

У табл. 2 наведено результати розрахунків впливу складу й умов тверднення ЕП і МК на величину їх енергії дисипації, одиницю об'єму зразка за один цикл знакозмінної деформації. Цікаво, що орієнтаційний, поляризаційний впливи полів на структуру ЕП істотно зменшують величину $\Delta\varepsilon$ порівняно зі структурою ЕП, сформованою за нормальних умов. Одним із пояснень такого результату може бути те, що під дією фізичних полів на континуум реакційноздатних молекул утворюються ковалентні та водневі зв'язки з певним силовим навантаженням, релаксація якого ініціюється знакозмінною деформацією механічного поля, що накладається на зразок. Аналіз зміни енергії дисипації показує, що між величиною $\Delta\varepsilon$, природою металу в MeO та умовами формування зразків МК має місце кореляційний зв'язок (див. табл. 2). Цей висновок стосується зразків, сформованих за нормальних умов та під впливом ПЕП, тоді як вплив ПМП не є вираженим. Для зразків, що містять суміші оксидів, вели-

Таблиця 2. Вплив складу й умов тверднення мезокомполитів на величину енергії, що розсіюється одиницею об'єму зразка, за один цикл знакозмінної деформації

Зразок	н.у.		ПМП		ПЕП	
	G_2	$\Delta\varepsilon \cdot 10^{-4}$, Дж	G_2	$\Delta\varepsilon \cdot 10^{-4}$, Дж	G_2	$\Delta\varepsilon \cdot 10^{-4}$, Дж
ЕП	222,6	6,31	215,8	0,115	214	0,115
ЕП–3 % Cr_2O_3	188,8	5,35	195,8	5,26	196,2	6,79
ЕП–3 % PbO	161,7	5,60	202,1	5,43	190,6	8,06
ЕП–3 % CdO	150,9	3,08	130,1	5,21	113,8	2,77
ЕП–3 % ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{PbO}$)	201,6	6,07	–	–	–	–
ЕП–3 % ($\text{PbO} + \text{CdO}$)	108,8	3,35	–	–	–	–
ЕП–3 % ($\text{CdO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$)	137,2	5,03	–	–	–	–

Таблиця 3. Значення ΔE_a і E'' поліепоксиду та мезокомполитів, що містять PbO і CdO , залежно від їх складу й умов тверднення

Зразок	н.у.		ПМП		ПЕП	
	ΔE_a , Дж·мол ⁻¹	E'' , МПа	ΔE_a , Дж·мол ⁻¹	E'' , МПа	ΔE_a , Дж·мол ⁻¹	E'' , МПа
ЕП	122,5	223	158,9	216	154,5	214
ЕП–3 % Cr_2O_3	31,2	189	49,8	360	49,8	196
ЕП–3 % PbO	60,0	162	55,6	202	50,1	189
ЕП–3 % CdO	25,2	151	28,7	130	11,8	114
ЕП–3 % ($\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{PbO}$)	73,8	201	–	–	–	–
ЕП–3 % ($\text{PbO} + \text{CdO}$)	26,3	109	–	–	–	–
ЕП–3 % ($\text{CdO} + \text{Cr}_2\text{O}_3$)	25,8	137	–	–	–	–

чину $\Delta\epsilon$ визначає склад зразків із різними кислотно-основними властивостями.

З метою розширення даних про динамічні механічні характеристики мезокомпозитів, набути унаслідок взаємодії оксидів металів з поліепоксидом в умовах протікання реакції поліприєднання та при дії ПМП, ПЕП, було обчислено енергію активації процесу розклування за виразом Аврамі [11] з температурної залежності висхідної частини модуля втрат:

$$\Delta E_a = R \left(\ln \frac{E_1''}{E_3''} \right) \cdot \left(\frac{T_0 - T_1}{T_0 T_1} \right)^{-1},$$

де R – універсальна газова стала (8,341 Дж/моль); E_i'' – початкове та кінцеве значення модуля втрат на висхідній його частині, МПа; T_0 , T_1 – температури, що відповідають значенням E_i'' . У табл. 3 наведені результати розрахунків ΔE_a досліджених зразків. Очікувано, що значення енергії активації розклування ненаповненого поліепоксиду є найбільшим серед вихідних зразків, зростання величини ΔE_a зразків ЕП, отриманих в умовах дії фізичних полів, свідчить, що орієнтаційні процеси надають хімічній сітці додаткової жорсткості. Це узгоджується із тенденцією зростання T_c поліепоксиду (див. табл. 1). Очікувано, що введення до складу поліепоксиду 3 % оксиду металу сприяє певному розпушуванню хімічної сітки і, відповідно, зниженню енергії активації, але одночасно поява в середовищі полімеру полярного наповнювача призвела до обмеження кінетичної рухливості міжвузлових фрагментів, що проявилось у зростанні T_c . Цікаво, що накладання на подібну систему фізичних полів з початку перебігу формування хімічної сітки створює додатковий вільний об'єм і тим самим знімає обмеження на

рухливість міжвузлових фрагментів, що зумовлює зниження T_c мезокомпозита від 360 до 114 К залежно від властивостей металу в складі MeO.

Висновки

Методом динаміко-механічного аналізу проведено дослідження серії зразків мезокомпозитів. Зразки відрізнялись природою металу в складі MeO, складом сумішей оксидів металу, а також умовами формування, а саме твердненням за нормальних умов навколишнього середовища, між полюсами постійного електромагніта із полем певної напруженості або між полюсами електричного конденсатора із полем постійної напруженості.

Уперше методом динаміко-механічного аналізу показано, що мезокомпозити, які містять оксиди металів, різні за кислотно-основними властивостями (КОВ), набувають різних за характеристиками модулів еластичності та модулів втрат. Цим доводиться раціональність залучення КОВ до спрямованої модифікації кристалічної структури, теплофізичних, діелектричних та динаміко-механічних властивостей мезокомпозитів, як показано отриманими результатами і працями [9, 10].

Уперше було розраховано величину енергії втрат за один цикл для мезокомпозитів, що відрізнялись складом та умовами тверднення, і встановлено кореляційний зв'язок між КОВ оксидів металів у складі зразків та величиною $\Delta\epsilon$. Зроблено висновок про доцільність залучення КОВ до модифікації динаміко-механічних властивостей МК.

У подальшому планується дослідження впливу постійних фізичних полів на структуру композитів, що містять суміш оксидів металів.

Список літератури

1. Particulate-Filled Polymer Composites / R.N. Rothern, Ed. – Shrewsbury, UK: Rapra Tech. Lim., 2003. – 544 p.
2. Robeson L. Historical perspective of advances in the science and technology of polymer blend // *Polymer*. – 2014. – 6. – P. 1251–1265.
3. Пельцбауэр З. Влияние морфологии на свойства полимерных композиционных материалов // *Синтез и физико-химия полимеров*. – 1975. – 16. – С. 39–47.
4. Лебедева Е.В. Фазовые процессы в гетерогенных полимерных системах. – К.: Наук. думка, 2012. – 430 с.
5. Olad A., Nosrati R. Preparation and corrosion resistance of nanostructured PVC/ZnO-polyaniline hybrid coating // *Progress in Organic Coatings*. – 2013. – 76. – P. 113–118.
6. Yoo H., Kwak S. TiO₂-encapsulating PVC capable of catalytic self-suppression of dioxin emission in waste incineration as an eco-friendly alternative to conventional PVC // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2011. – 104. – P. 193–200.
7. El Sayed A.M., Morsi W.M. Dielectric relaxation and optical properties of polyvinyl chloride/lead monoxide nanocomposites // *Polymer Composites*. – 2013. – 34, № 12. – P. 2031–2039.

8. Віленський В.О., Демченко В.Л. Вплив постійного магнітного поля на структуру та властивості композитів на основі епоксидного полімеру та оксидів металів (Fe_2O_3 , Al_2O_3) // Журнал фізичних досліджень. – 2010. – 14, № 1. – С. 1401–1407.
9. Рентгеноструктурний аналіз поліморфізму оксиду свинцю у полімерній матриці, сформованій під впливом фізичних полів / В.О. Віленський, Ю.В. Бардадим, Ю.П. Гомза, Ю.Ю. Керча // Доповіді НАН України. – 2014. – 10. – С. 69–75.
10. Бардадим Ю.В., Віленський В.О., Бойко В.В. Термічні залежності діелектричних характеристик мезокомпозитів складу ЕП–3 % MeO та ЕП–3 % ($\text{Me}'\text{O} + \text{Me}''\text{O}$), сформованих у сталих фізичних полях // Полімер. журн. – 2014. – 36, № 2. – С. 146–154.
11. Bower D. An Introduction to Polymer Physics. – Cambridge: Cambridge University Press, 2002. – 465 p.

References

1. *Particulate-Filled Polymer Composites*, R.N. Rother, Ed. Shrewsbury, UK: Rapra Tech. Lim., 2003, 544 p.
2. L. Robeson, “Historical perspective of advances in the science and technology of polymer blend”, *Polymer*, vol. 6, pp. 1251–1265, 2014.
3. Z. Peltsbauer, “Influence of morphology on the properties of polymer composites”, *Synteż i Fyzyko-Chymia Polymerov*, vol. 16, pp. 39–47, 1975 (in Russian).
4. E.V. Lebedev, *Phase Processes in Heterogeneous Polymer Systems*. Kyiv, Ukraine: Naukova Dumka, 2012, 430 p. (in Russian).
5. A. Olad and R. Nosrati, “Preparation and corrosion resistance of nanostructured PVC/ZnO-polyaniline hybrid coating”, *Progress in Organic Coatings*, vol. 76, pp. 113–118, 2013.
6. H. Yoo and S. Kwak, “TiO₂-encapsulating PVC capable of catalytic self-suppression of dioxin emission in waste incineration as an eco-friendly alternative to conventional PVC”, *Applied Catalysis B: Environmental*, vol. 104, pp. 193–200, 2011.
7. A.M. El Sayed and W.M. Morsi, “Dielectric relaxation and optical properties of polyvinyl chloride/lead monoxide nanocomposites”, *Polymer Composites*, vol. 34, no. 12, pp. 2031–2039, 2013.
8. V.O. Vilensky and V.L. Demchenko, “Effect of constant magnetic field on the structure and properties of composites based on polyepoxy and metaloxides (Fe_2O_3 , Al_2O_3)”, *Zhurnal Fizychnykh Doslidzhen*, vol. 14, no. 1, pp. 1401–1407, 2010 (in Ukrainian).
9. V.O. Vilensky *et al.*, “The X-ray analysis of polymorphism of lead oxide in the polymer matrix, formed under the influence of physical fields”, *Dopovidi NAN Ukrainy*, vol. 10, pp. 69–75, 2014 (in Ukrainian).
10. Yu.V. Bardadym *et al.*, “The thermal dependencies of dielectric characteristics of mezocomposites of EP–3 % MeO and EP–3 % ($\text{Me}'\text{O} + \text{Me}''\text{O}$) composition, form dinconstant physical fields”, *Polimernyj Zhurnal*, vol. 36, no. 2, pp. 146–154, 2014 (in Ukrainian).
11. D. Bower, *An Introduction to Polymer Physics*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002, 465 p.

В.О. Віленський, Ю.В. Бардадим, М.Г. Ткаліч

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПОВНЮВАЧІВ ОКСИДІВ МЕТАЛІВ НА ДИНАМІКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗОКОМПОЗИТІВ, СФОРМОВАНИХ У ПОСТІЙНИХ ФІЗИЧНИХ ПОЛЯХ

Проблематика. Останнім досягненням у галузі матеріалознавства для поліпшення фізико-хімічних властивостей стало використання фізичної модифікації полімерних матеріалів. Особливу увагу дослідників привертає обробка зовнішнім постійним магнітним або електричним полем полімерних матеріалів під час тверднення.

Мета дослідження. Визначити вплив властивостей різних за природою оксидів металів на динаміко-механічні характеристики мезокомпозитів.

Методика реалізації. Методом динаміко-механічного аналізу було проведено дослідження зразків мезокомпозитів наповнених оксидами металів, які піддані твердненню при дії фізичних полів.

Результати дослідження. Орієнтаційний вплив фізичних полів змінює континуум молекул, що беруть участь у реакції поліпрієднання та при формуванні певної структури епоксидного полімеру, і зумовлює зростання його вільного об'єму. Набута відмінність модулів еластичності зберігається в інтервалі температур 293–340 K, а при збільшенні температури, внаслідок переходу епоксидного полімеру до високоеластичного стану, орієнтаційні впливи фізичних полів втрачаються. Зразки, сформовані під впливом фізичних полів, характеризуються значно більшими величинами модуля еластичності порівняно зі зразками, сформованими за нормальних умов. Температурні залежності модулів втрат епоксидного полімеру та композитів наповнених оксидами металів, що піддані твердненню за різних умов, збігаються.

Висновки. Показано раціональність залучення кислотно-основних властивостей до спрямованої модифікації кристалічної структури, теплофізичних, діелектричних та динаміко-механічних властивостей мезокомпозитів.

Ключові слова: оксид металу; поліепоксид; фізичні поля; мезокомпозит.

В.А. Виленский, Ю.В. Бардадим, М.Г. Ткалич

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ОКСИДОВ МЕТАЛЛОВ НА ДИНАМИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЗОКОМПОЗИТОВ, СФОРМИРОВАННЫХ В ПОСТОЯННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЯХ

Проблематика. Последним достижением в области материаловедения для улучшения физико-химических свойств стало использование физической модификации полимерных материалов. Особое внимание исследователей привлекает обработка внешним постоянным магнитным или электрическим полем полимерных материалов при отверждении.

Цель исследования. Определить влияние свойств различных по природе оксидов металлов на динамико-механические характеристики мезокомпозигов.

Методика реализации. Методом динамического механического анализа было проведено исследование образцов мезокомпозигов наполненных оксидами металлов, отвержденных при действии физических полей.

Результаты исследования. Ориентационное влияние физических полей меняет континуум молекул, участвующих в реакции полиприсоединения и при формировании определенной структуры эпоксидного полимера, и вызывает рост его свободного объема. Приобретенное отличие модулей эластичности сохраняется в интервале температур 293–340 К, а при увеличении температуры, в результате перехода эпоксидного полимера в высокоэластичное состояние, ориентационные влияния физических полей теряются. Образцы, сформированные под влиянием физических полей, характеризуются значительно большими величинами модуля эластичности по сравнению с образцами, сформированными при нормальных условиях. Температурные зависимости модулей потерь эпоксидного полимера и композигов наполненных оксидами металлов, отвержденных при различных условиях, совпадают.

Выводы. Показано рациональность привлечения кислотно-основных свойств к направленной модификации кристаллической структуры, теплофизических, диэлектрических и динамико-механических свойств мезокомпозигов.

Ключевые слова: оксид металла; полиэпоксид; физические поля; мезокомползит.

Рекомендована Радою
хіміко-технологічного факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
7 липня 2015 року