



<https://doi.org/10.15407/polymerj.42.01.036>  
УДК: 536.42:[678.046.9:621.3.035.221.642]

**М.О. РОКИЦЬКИЙ,**

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 9, вул. Пирогова, Київ, 01601, Україна,  
ORCID: 0000-0002-1057-5057

**В.Л. ДЕМЧЕНКО,**

Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, 48, Харківське шосе, Київ, 02160, Україна,  
E-mail: dvaleriy@ukr.net  
ORCID: 0000-0001-9146-8984

**Г.В. РОКИЦЬКА,**

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 9, вул. Пирогова, Київ, 01601, Україна,  
ORCID: 0000-0002-3258-4640

**А.М. ШУТ,**

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 9, вул. Пирогова, Київ, 01601, Україна,  
ORCID: 0000-0003-1969-1035

**М.І. ШУТ,**

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 9, вул. Пирогова, Київ, 01601, Україна,  
ORCID: 0000-0001-6342-2129

## **ТЕРМОМЕХАНІЧНІ ТА РЕЛАКСАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ ПЕНТАПЛАСТ – AgI ТА ПЕНТАПЛАСТ – ВНТ**

*Досліджено особливості термомеханічної поведінки композитів на основі пентапласту і двох типів наповнювачів – йодиду срібла та багатопшарових вуглецевих нанотрубок. Встановлено, що додавання до пентапласту малих кількостей наповнювачів призводить до різного вигляду кривих залежності  $\epsilon = f(T)$ , що пояснюється неоднаковим структуруючим впливом цих наповнювачів. При наповненні композитів ВНТ утворюються більш упорядковані ділянки пентапласту, ніж при використанні йодиду срібла (AgI). Виявлено, що додавання до пентапласту частинок AgI в кількості 0,50 – 0,75 % об. збільшує сумарну відносну деформацію композитів, натомість такі самі добавки вуглецевих нанотрубок спричиняють зворотню дію. Показано, що в температурному інтервалі 273–353 К на кривих температурної залежності відносної деформації композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ спостерігається двоступеневий низько- і високотемпературний процес склування пентапласту.*

**Ключові слова:** пентапласт, йодид срібла, вуглецеві нанотрубки, композити, термомеханічні властивості.

### **Вступ**

Прогрес у сучасному матеріалознавстві зумовлює потребу створення нових полімерних композитних матеріалів (ПКМ) з комплексом необхідних функціональних властивостей. По-

лімерні композиційні матеріали з високою міцністю, легкістю, тепло- й електропровідністю, спеціальними магнітними, електричними і радіопоглинальними характеристиками широко використовують в авіаційній і космічній техніці, машинобудуванні та інших галузях

Цитування: М.О. Рокицький, В.Л. Демченко, Г.В. Рокицька, А.М. Шут, М.І. Шут. Термомеханічні та релаксаційні властивості полімерних композитів пентапласт – AgI та пентапласт – ВНТ. *Полімерний журнал*. 2020. 42, № 1. С. 36—43. <https://doi.org/10.15407/polymerj.42.01.036>

народного господарства. Міцні і легкі ПКМ також повинні мати розгалужену об'ємну структуру, що особливо важливо для матеріалів, які екранують електромагнітне випромінювання. Перспективні полімерні композити, наповнені йодидом срібла (AgI), які мають виражені нелінійно-оптичні і фотокаталітичні властивості. У вигляді нанокристалів AgI використовують для виробництва твердих електролітів, перетворювачів сонячної енергії, в хімії й біології, для фотографії, мікроелектроніки, оптоелектроніки та сенсорики. Додавання AgI до складу різних полімерів забезпечує широкий комплекс цікавих явищ і ефектів.

Метою цієї роботи було з'ясування впливу наповнювачів різної природи на термомеханічні властивості ПКМ на основі високостабільного та хімічно стійкого високомолекулярного полієфіру – пентапласту (3,3-біс(хлорметил)оксациклобутану) [1].

### Експериментальна частина

Як наповнювачі було використано суперіонний матеріал – AgI [2] з розмірами частинок  $1 \div 6$  мкм з формою, подібною до прямокутного паралелепіпеда за співвідношення сторін, рівного 1:1:3 і 1:1:2, а також очищені кислотою від мінеральних домішок багаточарові вуглецеві нанотрубки (ВНТ) із зовнішнім діаметром  $10 \div 40$  нм, питомою поверхнею  $200 \div 400$  м<sup>2</sup>/г і питомим електричним опором  $0,05 \div 0,10$  Ом·см.

Зразки систем пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ готували в такому термо-баро-часовому ( $T$ - $p$ - $t$ ) режимі: нагрівання зі швидкістю 3,5 К/хв, витримування за  $T = 483$  К протягом 15 хв під тиском 20 МПа, охолодження з розплаву зі швидкістю 0,5 К/хв, що відповідає найкращим технологічним умовам переробки композиту з урахуванням властивостей як наповнювача, так і полімерної матриці.

Особливості термомеханічної поведінки композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ досліджували методом пенетрації в режимі одновісного постійного навантаження ( $\sigma = 0,5$  МПа) за допомогою установки УИП-70М. Лінійне нагрівання зразків виконували зі швидкістю 2,5 К/хв. Дослідження проводили в температурному інтервалі 173 – 453 К. Результати досліджень отримували у вигляді графіків залежності  $\epsilon = f(T)$  (рис. 1),

де  $\epsilon$  – відносна деформація зразків за одночасної дії на полімери силового і температурного полів.

### Результати дослідження та їх обговорення

Як видно з рис. 1, вигляд термомеханічної кривої для композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ дещо відрізняється від класичної форми температурної залежності відносної деформації полімерів, здатних до кристалізації, та композитів на їх основі.

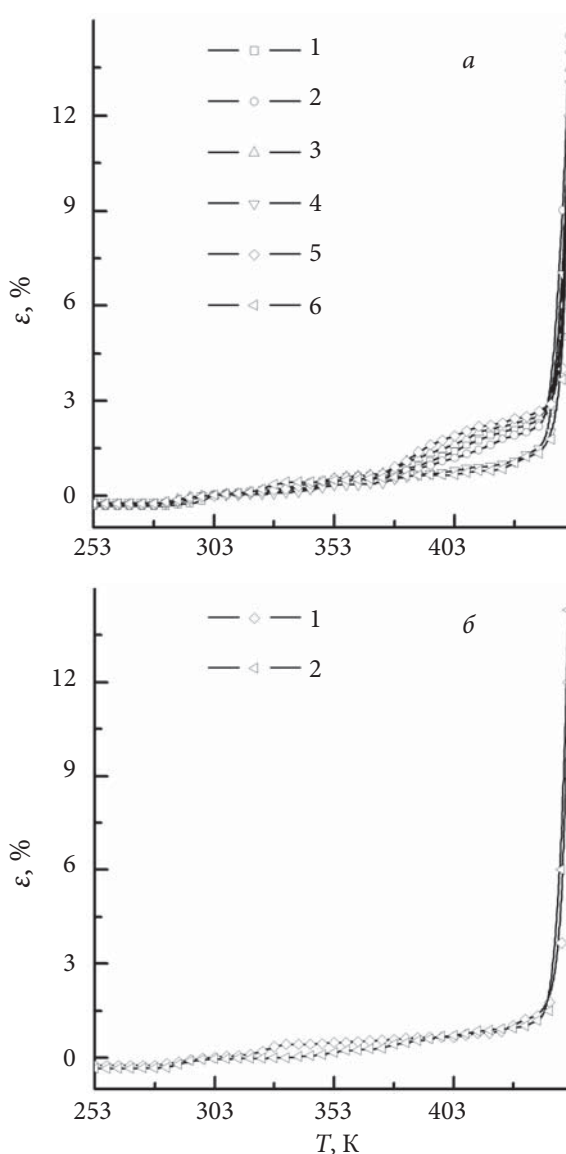


Рис. 1. Температурна залежність відносного видовження композитів пентапласт – AgI (а) та пентапласт – ВНТ (б) за концентрації: 0 (1); 0,19 (2); 0,37 (3); 0,50 (4); 0,75 (5) і 2,00 % (6) відповідно

Відомо [3], що введення наповнювачів у склад полімерних матеріалів змінює структуру полімеру внаслідок сорбції сегментів макромолекул поверхню частинок наповнювача, що приводить до утворення зв'язків полімер – наповнювач. Наповнені полімери можна уявити як багатофазові системи, що складаються з більш упорядкованої фази, розташованої біля поверхні частинок наповнювача, та менш упорядкованої фази, на яку не поширюється вплив наповнювача. Ця фаза по суті являє собою ненаповнений полімер, або полімер в об'ємі, у якому не відчувається вплив частинок наповнювача. Для таких композитів характерні дві або кілька температур склування, що відповідають склуванню менш упорядкованої ( $T_{\alpha}$ ) і більш упорядкованої фаз ( $T_{\alpha'}$ ). Зазвичай  $T_{\alpha'} > T_{\alpha}$ , оскільки в більш упорядкованій фазі різко знижена сегментальна рухливість. Як показують результати наших досліджень, такий характер впливу наповнювачів властивий і для композитів пентапласт – AgI та пентапласт – ВНТ.

Як відомо, у склоподібному стані полімерів (для систем за температури 273 К) спостерігається тільки пружна деформація з високим модулем пружності, пов'язана зі змінами середніх міжатомних і міжмолекулярних відстаней у полімерній складовій, а також із деформацією валентних кутів макромолекул пентапласту. В загальному випадку склоподібний стан характеризується коливальними рухами атомів, що входять до полімерного ланцюга.

При підвищенні температури пентапласт переходить зі склоподібного у високоеластичний стан. Так, залежно від концентрації та типу наповнювача, у температурній області 273–253 К на кривих  $\epsilon = f(T)$  спостерігаються дві характерні для процесів склування області, тобто в композитах пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ процес переходу зі склоподібного у високоеластичний стан відбувається за два етапи, кожен з яких має температурний інтервал кілька десятків градусів. Як відомо, високоеластичний стан, притаманний тільки полімерним речовинам, є прямим наслідком гнучкості макромолекул і великої швидкості зміни їх конформацій, а до пружної деформації додається зворотна високоеластична складова, що за величиною значно перевищує пружну складову. Наявність кількох процесів

склування у цьому температурному інтервалі, на нашу думку, можна пояснити одночасним існуванням у складі пентапласту як аморфної, так і кристалічної областей із різним ступенем впорядкування, різними за розмірами кристалітами та надмолекулярними утвореннями, а також розмаїттям форм існування полімерної складової – у вільному стані, у перехідних граничних і пристінних до поверхні частинок наповнювача фазах. Вище температури 353 К у пентапласті спостерігається перехід до в'язкотекучого стану, в якому зберігаються значні за розмірами

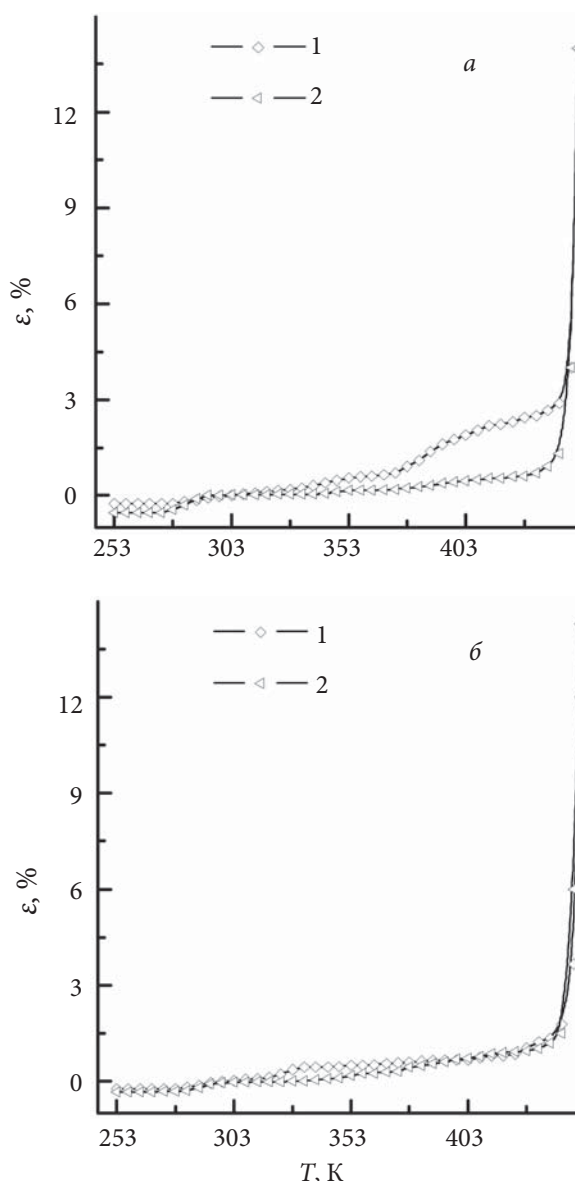


Рис. 2. Температурна залежність відносного видовження композитів систем пентапласт – AgI (1) і пентапласт – ВНТ (2) за концентрації: 0,75 (а) та 2,00 % (б) відповідно

впорядковані структури завдяки високій в'язкості полімерної системи. Тепловий рух макромолекул полімеру у в'язкотекучому стані здійснюється за рахунок руху цілого молекулярного ланцюга, а до деформації додається ще одна складова – в'язка, що призводить до накопичення залишкової деформації та проявляється у різкому зламі інтенсивності зміни відносної деформації на кривих залежності  $\epsilon = f(T)$  вихідного пентапласту та композитів на його основі.

На рис. 2 наведено графіки температурної залежності відносної деформації композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ за концентрації 0,75 (а) та 2,00 % (б) відповідно. Аналіз рис. 2 показує, що додавання до пентапласту малих добавок дисперсних частинок AgI та ВНТ приводить до різного вигляду кривих, що пояснюється неоднаковим структуруючим впливом цих наповнювачів. Так, введення у склад композиту ВНТ приводить, очевидно, до утворення більш впорядкованих ділянок пентапласту, ніж при наповненні його AgI.

У композитах пентапласт – AgI завдяки згорнутій конформації макромолекул, яка зменшує рухливість їхніх ланок і сегментів, спостерігається нещільність їх пакування навіть після перебігу процесу склування, і ця нещільність тим більша, чим менша гнучкість макромолекули. Ступенем пакування також зумовлені відмінності у взаємодіях між ділянками макромолекул в областях порожнин, у яких вони значно послаблені. Тому при повільному деформуванні аморфної складової пентапласту у склоподібному стані долаються сили, що діють між дотичними ділянками макромолекул, а самі макромолекули починають розпрямлятися. Цим процесам, що відбуваються за рахунок випрямлення згорнутих макромолекул пентапласту, на термомеханічній кривій відповідає ділянка розвитку порівняно великої деформації.

Необхідно зауважити, що полярність молекул пентапласту також певним чином впливає на вигляд термомеханічної кривої матеріалів на його основі. Оскільки взаємодія між полярними ланцюгами сильніша, ніж між неполярними, в'язкість полярних полімерів вища. Тому для забезпечення руху цілих ланцюгів, що характерно для в'язкотекучого стану, полярний пентапласт необхідно нагріти сильні-

ше, тобто для нього характерна вища температура текучості.

Графіки концентраційної залежності відносної деформації  $\epsilon = f(\varphi)$  композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ наведено на рис. 3. Аналіз рис. 3а показує, що додавання до пентапласту частинок AgI у кількості 0,50 – 0,75 % об. спричиняє збільшення сумарної відносної деформації композитів, що особливо проявляється з підвищенням температури до 393 – 433 К. Зі зростанням концентрації AgI до

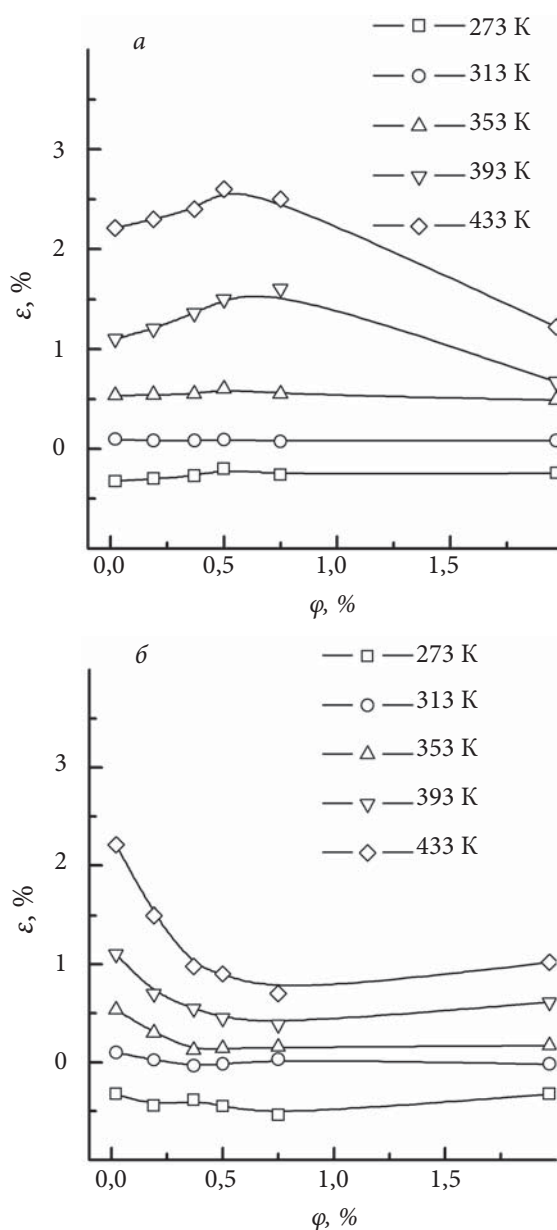


Рис. 3. Концентраційна залежність відносної деформації композитів пентапласт – AgI (а) та пентапласт – ВНТ (б) за різної температури

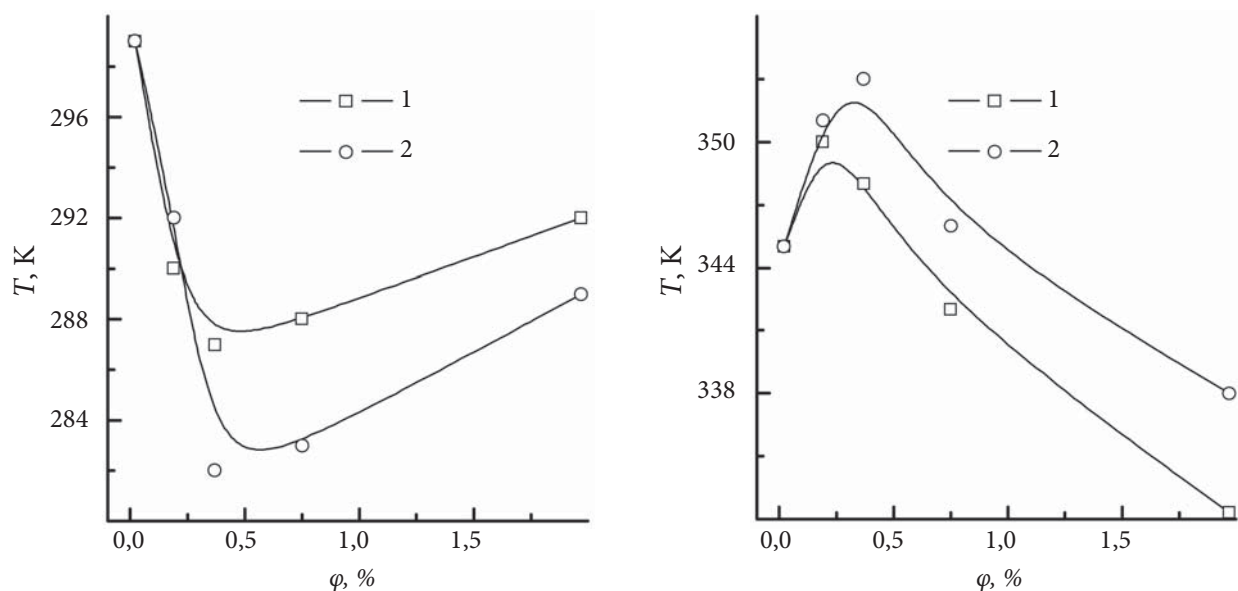


Рис. 4. Концентраційна залежність температури  $\alpha$ -релаксації систем пентапласт – AgI (1) і пентапласт – ВНТ (2) (а) та температури  $\alpha'$ -релаксації систем 1 (а) та 2 (б)

2 % об. спостерігається пониження значень  $\varepsilon$  до величин, дещо нижчих щодо притаманних вихідному пентапласту.

Додавання до пентапласту ВНТ у кількості 0,50 – 0,75 % об., навпаки, зменшує сумарну відносну деформацію композитів, що особливо проявляється з підвищенням температури до 393 – 433 К (рис. 3б). Збільшення концентрації ВНТ до 2 % об. практично уже не впливає на значення сумарної відносної деформації

композитів, що, очевидно, свідчить про утворення стійкої структури з практично незмінними характеристиками пружності.

Дані рис. 1 і 2 свідчать, що в температурному інтервалі 273–353 К на кривих температурної залежності відносної деформації композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ спостерігається процес склування пентапласту, що розділяється на дві складові – низько- та високотемпературну. На основі аналізу залежності

Таблиця. Результати розрахунку коефіцієнтів теплового об'ємного розширення  $\beta_1$  і  $\beta_2$  та часток вільного об'єму  $K_1$  і  $K_2$  вище та нижче температур низько- ( $T_{a1}$ ) та високотемпературної ( $T_{a2}$ ) складових процесу склування композитів пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ

$\varphi, \%$	$T_{a1}, K$	$T_{a2}, K$	$\beta_{a1} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{a2} \cdot 10^{-3}$	$\beta_{a1}' \cdot 10^{-3}$	$\beta_{a2}' \cdot 10^{-3}$	$K_{a1}$	$K_{a2}$	$K_{a1}'$	$K_{a2}'$
Пентапласт – AgI										
0	299	345	0,160	0,240	0,240	0,270	0,024	0,072	0,010	0,093
0,19	290	350	0,163	0,245	0,245	0,276	0,024	0,071	0,011	0,097
0,37	287	348	0,165	0,247	0,247	0,250	0,024	0,071	0,001	0,087
0,75	288	342	0,162	0,243	0,243	0,275	0,023	0,070	0,011	0,094
2,00	292	332	0,161	0,242	0,242	0,273	0,024	0,071	0,010	0,091
Пентапласт – ВНТ										
0	299	345	0,160	0,240	0,240	0,270	0,024	0,072	0,010	0,093
0,19	292	351	0,162	0,240	0,240	0,280	0,023	0,070	0,014	0,098
0,37	282	353	0,166	0,249	0,249	0,290	0,023	0,070	0,014	0,102
0,75	283	346	0,158	0,238	0,238	0,270	0,023	0,067	0,011	0,093
2,00	289	338	0,163	0,241	0,241	0,260	0,023	0,070	0,006	0,088

$\varepsilon = f(T)$  систем пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ побудовано графіки концентраційної залежності температури  $\alpha$ - та  $\alpha'$ -релаксації, подані на рис. 4.

З рис. 4а видно, що низькотемпературний  $\alpha$ -релаксаційний перехід у системі пентапласт – ВНТ спостерігається на 4 – 5 К раніше, ніж у системі пентапласт – AgI, а за характером криві концентраційної залежності  $T_\alpha = f(\varphi)$  для обох систем досить схожі. Скажімо, в концентраційній області  $0 < \varphi < 0,5$  об. % температура  $\alpha$ -релаксації систем пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ набуває мінімального значення, а при збільшенні концентрації до 2 % об. зростає на ~ 6 К.

Отже, за характером зміни температури залежність  $T_\alpha = f(\varphi)$  можна уявно поділити на дві ділянки:  $0 < \varphi \leq 0,5$  % та  $\varphi > 0,5$  %. На першій ділянці, за концентрації від 0 до 0,5 %, зі збільшенням вмісту дисперсних AgI і ВНТ спостерігається зниження температури початку процесу склування, що викликано структурною активністю наповнювача. Як показали рентгеноструктурні дослідження [4], за малих концентрацій наповнювача загальний ступінь кристалічності пентапласту знижується. Це підвищує рухливість кінетичних одиниць полімерних ланцюгів і сприяє їх інтенсивнішому тепловому руху. На другій ділянці кривої, при збільшенні концентрації наповнювача від 0,5 до 2,0 %, частинки AgI і ВНТ, як зародки структуроутворення, обмежують рухливість окремих ланок макромолекул поблизу своєї поверхні, і температура початку процесу склування підвищується.

Високотемпературна складова склування для композитів обох систем характеризується оберненим до низькотемпературної складової характером залежності  $T_{\alpha'} = f(\varphi)$  з деяким зміщенням у бік менших концентрацій; графік залежності теж можна умовно поділити на дві ділянки:  $0 < \varphi \leq 0,37$  % і  $\varphi > 0,37$  %.

Для дослідження кінетичних параметрів релаксаційних переходів у полімерних композиційних матеріалах пентапласт – AgI і пентапласт – ВНТ було використано метод, описаний у роботі [5].

Відомо, що для ізотропного полімеру коефіцієнт об'ємного розширення у певному наближенні можна прийняти як  $\beta = 3\alpha$ ; тому на

основі теорії Симхи – Бойера [6] це дає змогу обчислити значення температурного коефіцієнта лінійного розширення і розрахувати коефіцієнти  $K_1$  і  $K_2$ :

$$\begin{aligned} K_1 &= (\beta_1 - \beta_2)T_a, \\ K_2 &= \beta_2 T_a, \end{aligned}$$

де:  $\beta_1, \beta_2$  – коефіцієнти теплового об'ємного розширення вище та нижче температури склування відповідно.

Коефіцієнт  $K_1$  (згідно з теорією вільного об'єму) є часткою вільного об'єму в склоподібному стані і для аморфної складової полімерів наближено дорівнює 0,113, а коефіцієнт  $K_2 \approx 0,164$ . Відповідно до уявлень Фокса і Флорі [7], температурі склування усіх аморфних полімерів має відповідати одне значення вільного об'єму.

Враховуючи мультиплетність процесу склування, слід визначати коефіцієнти  $\beta$  та  $K$  окремо для початку та кінця низькотемпературної ( $\beta_{\alpha 1}, \beta_{\alpha 2}$  та  $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}$ ) та високотемпературної ( $\beta_{\alpha' 1}, \beta_{\alpha' 2}$  та  $K_{\alpha' 1}, K_{\alpha' 2}$ ) складових. Результати обчислення коефіцієнтів  $\beta_{\alpha 1}, \beta_{\alpha 2}, \beta_{\alpha' 1}, \beta_{\alpha' 2}$  та  $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}, K_{\alpha' 1}, K_{\alpha' 2}$  полімерних композиційних матеріалів систем пентапласт – AgI та пентапласт – ВНТ наведено в таблиці.

Як видно з даних таблиці, отримані нами розрахункові величини коефіцієнтів  $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}, K_{\alpha' 1}$  і  $K_{\alpha' 2}$  значно менші за відповідні літературні значення. Це, ймовірно, пов'язано з відмінним від нуля ступенем кристалічності полімерної матриці, а також із наявністю додаткових, крім вільного об'єму, чинників, що впливають на молекулярну рухливість макромолекул пентапласту. Зменшення значень коефіцієнтів  $K_{\alpha 1}, K_{\alpha 2}, K_{\alpha' 1}$  і  $K_{\alpha' 2}$  зі збільшенням вмісту наповнювача може бути пов'язано з переважаючим внеском у загальне теплове розширення композитів від'ємного коефіцієнта лінійного розширення AgI, а також складним модифікуючим впливом ВНТ.

Близькість значень коефіцієнтів теплового об'ємного розширення вище низькотемпературної та нижче високотемпературної складових процесу склування –  $\beta_{\alpha 1}$  і  $\beta_{\alpha' 1}$  пояснюється слабкою залежністю лінійного теплового розширення системи пентапласт – AgI при нагріванні близько температури процесу склування, а, отже, й відносно малим кутом нахилу кривих, за якими було проведено розрахунки.

## REFERENCES

1. *Mulyu Yu.A., Yartsev Y.K.* Pentaplast. L.: Khymiya, 1975: 120.
2. *Gurevich Yu. Ya.* Tverdyie elektrolityi. M.: Nauka, 1986: 206.
3. *Lipatov Yu.S.* Mezhfaznye yavleniya v polimerakh. K.: Naukova dumka, 1980: 260.
4. *Shut M.I., Rokitska G.V., Rokitskiy M.O., Levandovskiy V.V., Oranska O.I.* Rentgenografichni doslidzhennya matrichno-dispersnoyi sistemi na osnovi pentaplastu ta yodidu sribla, Naukoviy chasopis NPU Imeni M.P. Dragomanova, Seriya 1. Fiziko-matematichni nauki, 2011, 12: 6–12.
5. *Godovskiy Yu.K.* Teplofizicheskie metody issledovaniya polimerov. M.: Himiya, 1976: 216.
6. *Simha R., Boyer R.F.* On a general relation involving the glass temperature and coefficients of expansion of polymers, Journal of Chemical Physics, 1962, 37: 1003–1007. <https://doi.org/10.1063/1.1733201>
7. *Fox T.G., Flory P.J.* Second-order transition temperatures and related properties of polystyrene. Influence of molecular weight, Journal of Polymer Science, 1952, 14: 315–319. <https://doi.org/10.1002/pol.1954.120147514>

Recieved 26.12.2019

*М.А. Рокицкий,*

Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова, 9, ул. Пирогова, Киев, 01601, Украина,  
*В.Л. Демченко,*

Институт химии высокомолекулярных соединений НАН Украины, 48, Харьковское шоссе, Киев, 02160, Украина,  
E-mail: [dvaleriy@ukr.net](mailto:dvaleriy@ukr.net)

*Г.В. Рокицкая,*

Национальный педагогический университет им. М.П. Драгоманова, 9, ул. Пирогова, Киев, 01601, Украина,  
*А.Н. Шут,*

Национальный педагогический университет им. М.П. Драгоманова, 9, ул. Пирогова, Киев, 01601, Украина,  
*Н.И. Шут,*

Национальный педагогический университет им. М.П. Драгоманова, 9, ул. Пирогова, Киев, 01601, Украина

## ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ И РЕЛАКСАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ПЕНТАПЛАСТ- AgI И ПЕНТАПЛАСТ- УНТ

Исследованы особенности термомеханического поведения композитов на основе пентапласта и двух типов наполнителей – йодида серебра и многослойных углеродных нанотрубок. Установлено, что добавление к пентапласту наполнителей в малых количествах приводит к разному виду кривых зависимости  $\epsilon = f(T)$ , что объясняется неодинаковым структурирующим влиянием этих наполнителей. При наполнении композитов УНТ образуются более упорядоченные участки пентапласта, чем при использовании AgI. Выявлено, что добавление к пентапласту частиц йодида серебра в количестве 0,50 – 0,75 % об. увеличивает суммарную относительную деформацию композитов, но такие же добавки углеродных нанотрубок вызывают обратное действие. Показано, что в температурном интервале 273–353 К на кривых температурной зависимости относительной деформации композитов пентапласт – AgI и пентапласт – УНТ наблюдается двухступенчатый низко- и высокотемпературный процесс стеклования пентапласта.

**Ключевые слова:** пентапласт, йодид серебра, углеродные нанотрубки, композиты, термомеханические свойства.

*M.O. Rokytskyi,*

Dragomanov National Pedagogical University, 9, Pirogova str., Kyiv, 01601, Ukraine,

*V.L. Demchenko,*

Institute of Macromolecular Chemistry NAS of Ukraine, 48, Kharkivske shose, Kyiv, 02160, Ukraine,

E-mail: dvaleriy1@ukr.net

*H.V. Rokytska,*

Dragomanov National Pedagogical University, 9, Pirogova str., Kyiv, 01601, Ukraine,

*A.M. Shut,*

Dragomanov National Pedagogical University, 9, Pirogova str., Kyiv, 01601, Ukraine,

*M.I. Shut,*

Dragomanov National Pedagogical University, 9, Pirogova str., Kyiv, 01601, Ukraine

#### THERMOMECHANICAL AND RELAXATION PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITES OF PENTON – AgI AND PENTON – CNT

The features of thermomechanical behavior of composites based on penton and two types of fillers – silver iodide and multilayer carbon nanotubes are investigated. It was found that the addition of fillers to the penton in small quantities leads to a different resultant form of dependence curves  $\varepsilon = f(T)$ , which is explained by the unequal structural influence of these fillers. When filling CNT composites, more ordered penton regions are formed than when using AgI. It was revealed that the addition of silver iodide particles to the penton in the amount of 0,50–0,75 vol. % increases the total relative deformation of composites, but the same additives of carbon nanotubes cause the opposite effect. It is shown that in the temperature range  $273 < T < 353$  K on the curves of the temperature dependence of the relative deformation of the composites penton – AgI and penton – CNT there is a two-stage process of glass transition to penton – low-temperature and high-temperature.

**Key words:** *penton, silver iodide, carbon nanotubes, composites, thermomechanical properties.*