

УДК 618.029.5:669.536.21

Теплофізичні властивості композиційних матеріалів на основі ароматичного полііміду, наповнених графітами

Г. О. Сіренко¹, В. П. Свідерський², Л. В. Базюк¹

¹Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Шевченка 57, Івано-Франківськ, 76000, Україна

²Хмельницький національний університет
вул. Інститутська 11, Хмельницький, 29016, Україна

Досліджено вплив природи дисперсних наповнювачів (графітів) на теплофізичні властивості ароматичного полііміду в залежності від температури. Зроблено теоретичний аналіз результатів розрахунків теплопровідності композиту з дисперсним графітовим наповнювачем за моделями Максвелла–Ейкена, Оделевського, Дюльнева і Нільсена.

Вступ

Теплопровідність відіграє важливу роль у встановленні експлуатаційних характеристик антифрикційних полімерних матеріалів, які працюють в умовах зношування і деформації [1,2]. Низька теплопровідність полімерів часто приводить до значного зростання температури у зоні тертя і виходу з ладу елементів суміжної пари. Введення в полімери наповнювачів, особливо таких як карбонові волокна, приводить до зростання теплопровідності і, відповідно, зносостійкості матеріалу на основі терморезистивних смол [3], політетрафторетилену та ароматичного поліаміду [4]. Для цих матеріалів спостерігається лінійна залежність коефіцієнта теплопровідності від температури.

Метою даної роботи є дослідження впливу природи дисперсних наповнювачів (графітів) на теплофізичні властивості ароматичного полііміду в залежності від температури. Окрім того, відсутність на сьогодні теорії теплопровідності полімерів і композиційних матеріалів на їх основі та існування кількох розрахункових формул теплопровідності композиційних полімерних матеріалів ставить завдання порівняти результати експериментального і

емпіричного визначення теплопровідності цих матеріалів.

Експериментальна частина

Об'єктом дослідження були композиційні матеріали на основі полімерної матриці з порошку ароматичного полііміду (ПМ-69). В ароматичний поліімід (ПМ-69) вводили графіти різних марок, які відрізнялися вмістом золи, вологістю і тонкістю млива (дисперсністю) (табл. 1).

Термічно розщеплений графіт (ТРГ) отримували при імпульсній, високотемпературній термообробці сполук вкорінення окисленого графіту за способом [5–7], а інтеркальований графіт FeCl₃ отримували за технологією [8–10].

У першій серії дослідів (рис. 1, 3) змішування порошоків ароматичного полііміду та графіту С–1 тривало 20 хв. в млинку МРП-1 при числі обертів робочих органів (ножів) 7000 за хвилину. У другій серії дослідів (рис. 2, 4, 5) композицію отримували шляхом змішування порошоків ароматичного полііміду і графітів різних марок у млинку МРП-1 протягом 5 хв. при числі обертів робочих органів (ножів) 7000 за хвилину. Зразки з композиції отримували шляхом сушіння при температурі 423 К протягом 5 год. з

Таблиця 1. Властивості досліджених графітів Завальєвського родовища (за даними виробника)

Назва графіту	Марка	Вміст золи, %	Вологість, %	Тонкість млива		
				залишок, мкм (%)	фракція, мкм	основна фракція, мкм (%)
1	2	4	5	6	7	8
Тигельний	ГТ-1	7,0	10	200(>75)	100-600	200 (75)
Електро-вугільний	ЕУЗ-М	0,5	0,2	71(<5)	10-80	45(75-90)
Спеціальний малозольний	ГСМ-1	0,1	0,2	200(>70)	100-600	200(>70)
Олівцевий	ГК-1	1,0	0,2	63(<0,5)	3-40	1-8
Колоїдний сухий	С-1	1,5	0,5	63(<0,5)	1-80	

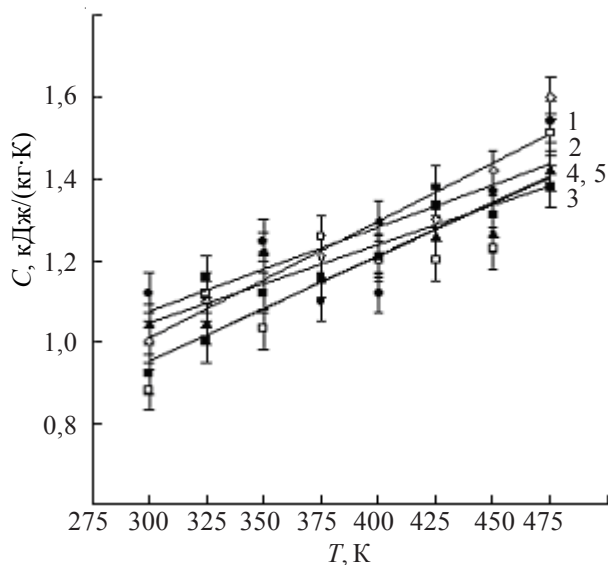


Рис. 1. Залежність теплоємності і довірчі інтервали для композиційних матеріалів на основі ПМ-69 і С-1 від температури при вмісті графіту: 0 – 1; 30 – 2; 20 – 3; 10 – 4 і 40 % – 5.

наступним пресуванням брикету при 20 МПа і нагріванні без тиску до температури 613 – 618 К, після чого брикет у прес-формі утримувався 5 хв. без тиску і 5 хв. при тиску 20 МПа. Отриманий зразок разом із прес-формою охолоджувався до температури 363 ± 10 К. Було проведено дослідження впливу природи графіту і його дисперсності на теплопровідність композиційних матеріалів на основі ПМ-69.

Вимірювання коефіцієнтів теплоємності і теплопровідності композиційних матеріалів проводили за допомогою вимірювача теплоємності ИТС-400 і вимірювача теплопровідності ИТЛ-400 у монотонному режимі нагрівання на зразках циліндричної форми діаметром $15 \pm 0,1$ мм і висотою $10 \pm 0,5$ мм для вимірювання теплоємності і діаметром $15 \pm 0,3$ мм і висотою 3 – 5 мм для вимірювання теплопровідності в залежності від очікуваних значень. Плоскі поверхні зразків притиралися шліфувальним порошком на контрольній плиті до шорсткості поверхні $R_z = 0,63$ мкм. Число повторних дослідів дорівнювало 6. Тарували прилади на зразках із кварцевого скла. Вимірювання проводили в діапазоні температур 323 – 473 К згідно зі стандартною методикою.

Результати та обговорення

Теплоємність досліджуваних полімерних матеріалів на основі ароматичного поліаміду і графіту С-1 лінійно зростає із збільшенням температури, що являється характерною особливістю лінійних полімерів і композиційних матеріалів на їх основі (рис. 1). Відповідно, було отримано рівняння апроксимації:

$$C = 0,0031T + 0,0493 \text{ для кривої 1 (} a = 0 \% \text{); (1)}$$

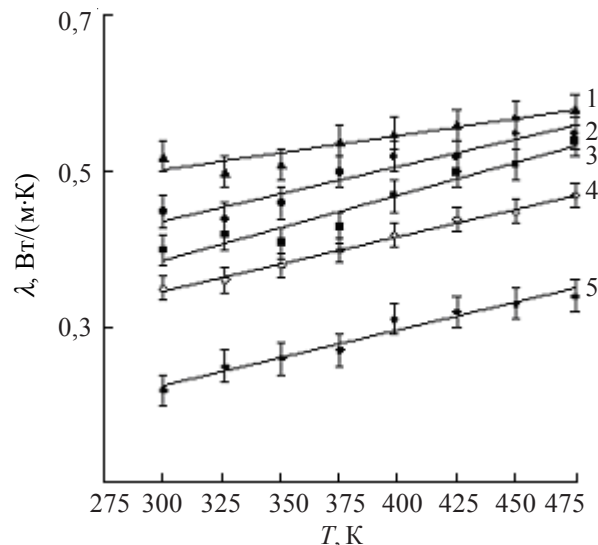


Рис. 2. Залежність коефіцієнта теплопровідності і довірчі інтервали для композиційних матеріалів на основі ПМ-69 і 20 % графіту від температури: 1 – графіт ГК-1; 2 – графіт ЕУЗ-М; 3 – графіт ГСМ-1; 4 – графіт С-1; 5 – графіт ГТ-1.

$$C = 0,0024T + 0,3264 \text{ для кривої 2 (} a = 30 \% \text{); (2)}$$

$$C = 0,0023T + 0,3461 \text{ для кривої 3 (} a = 20 \% \text{); (3)}$$

$$C = 0,0029T + 0,0638 \text{ для кривої 4 (} a = 10 \% \text{); (4)}$$

$$C = 0,0029T + 0,0564 \text{ для кривої 5 (} a = 40 \% \text{). (5)}$$

Загальна похибка коливалася в межах 2,42 – 4,69 % при зміні температури у межах 298 – 473 К і концентрації графіту С – 1 (a) від 0 до 40 %.

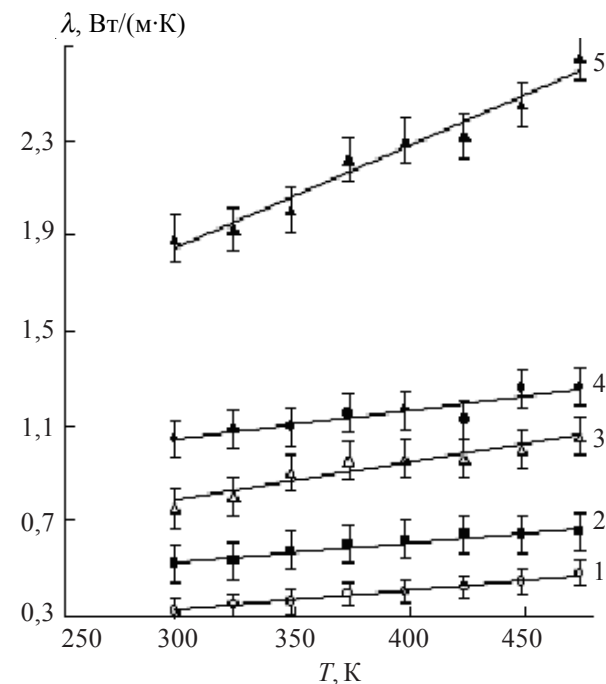


Рис. 3. Залежність коефіцієнта теплопровідності і довірчі інтервали для композиційних матеріалів на основі ПМ-69 і С-1 від температури при концентрації графіту: 0 – 1; 10 – 2; 20 – 3; 30 – 4 і 40 % – 5.

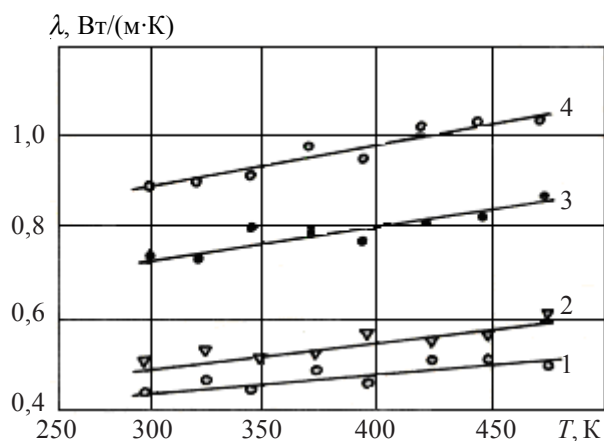


Рис. 4. Залежність коефіцієнта теплопровідності від температури композиту на основі ПМ-69 та інтеркальованого графіту С-1 FeCl_3 (МШСГ) при концентрації МШСГ: 1 – 1; 7 – 2; 20 – 3 і 30 % мас. – 4.

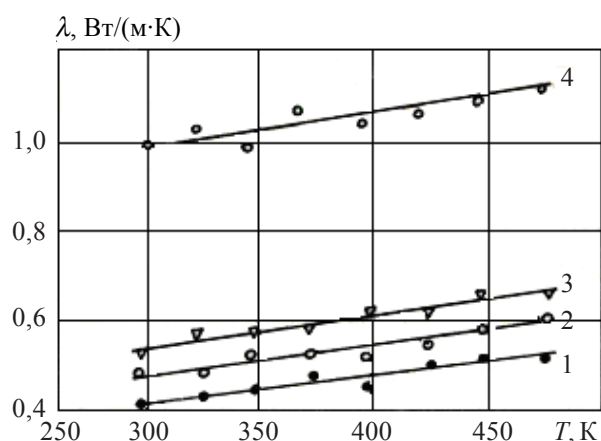


Рис. 5. Залежність коефіцієнта теплопровідності від температури композиту на основі ПМ-69 і ТРГ при концентрації ТРГ: 0,5 – 1; 2 – 2; 7 – 3 і 20 % мас. – 4.

Теплопровідність досліджуваних матеріалів лінійно зростає із збільшенням температури (рис. 2) і, відповідно, було отримано рівняння апроксимації: $\lambda = 0,0005T + 0,3362$ для кривої 1 (графіт ГК-1); (6) $\lambda = 0,0007T + 0,1352$ для кривої 2 (графіт ЕУЗ-М); (7) $\lambda = 0,0008T + 0,1406$ для кривої 3 (графіт ГСМ-1); (8) $\lambda = 0,0007T + 0,2326$ для кривої 4 (графіт С-1); (9) $\lambda = 0,0007T + 0,0190$ для кривої 5 (графіт ГТ-1). (10)

Загальна похибка коливалася в межах 0,57 – 2,40 % при зміні температури у межах 298 – 473 К і графітів різних марок.

Встановлено, що введенням у склад композицій графітів можна змінювати теплопровідність матеріалів у широких межах. При цьому із збільшенням дисперсності графіту коефіцієнт теплопровідності композитного матеріалу зростає. При зміні розмірів графітів з близькою зольністю від 100 – 600 мкм до 3 – 40 мкм теплопровідність композитів зростає. Це пояснюється тим, що вискодисперсні частинки графіту, які рівномірно розміщуються в композиції при її переробці зменшують термічний опір, і відповідно, підвищують теплопровідність між частинками полімерного матеріалу.

Із зростанням зольності графіту коефіцієнт теплопровідності композиту на основі ароматичного полііміду ПМ-69 зменшується. Так, композиційні матеріали на основі полііміду ПМ-69, що наповнені низкодисперсними графітами ГТ-1 чи графітом ГСМ-1 з однаковими розмірами частинок, в 1,6 рази відрізняються за коефіцієнтом теплопровідності внаслідок того, що зольність графіту ГСМ-1 рівна 0,1 %, а графіту ГТ-1 – 7 %. Для композиційних матеріалів, наповнених вискодисперсними графітами з близькими розмірами частинок, таких як ГК-1 і С-1, коефіцієнт теплопровідності також зменшується, оскільки зольність графіту ГК-1 рівна 1%, а С-1 – 1,5 %. Невеликі значення коефіцієнта

теплопровідності композиційного матеріалу на основі ароматичного полііміду ПМ-69, наповненого вискодисперсним графітом С-1 можна пояснити відносно високою зольністю цього графіту (1,5 %).

Досліджено вплив концентрації вискодисперсного (графіт С-1) наповнювача на теплофізичні властивості антифрикційних матеріалів на основі полііміду ПМ-69 (рис. 3). Встановлено, що при введенні в склад композиції графіту С-1, коефіцієнт теплопровідності спочатку лінійно зростає зі збільшенням вмісту наповнювача (до 30 % мас.), а потім при вмісті графіту С-1 більше 30 % мас. цей показник різко зростає, що можна пояснити утворенням теплопровідних каналів при даній концентрації графіту. Відповідно, було отримано лінійні рівняння апроксимації:

$$\lambda = 0,0009T + 0,0615 \text{ для кривої 1 (a = 0 \%);} \quad (11)$$

$$\lambda = 0,0008T + 0,2860 \text{ для кривої 2 (a = 10 \%);} \quad (12)$$

$$\lambda = 0,0016T + 0,3173 \text{ для кривої 3 (a = 20 \%);} \quad (13)$$

$$\lambda = 0,0012T + 0,6867 \text{ для кривої 4 (a = 30 \%);} \quad (14)$$

$$\lambda = 0,0043T + 0,5820 \text{ для кривої 5 (a = 40 \%).} \quad (15)$$

Загальна похибка коливалася в межах 1,50 – 6,99 % при зміні температури у межах 298 – 473 К і концентрації графіту С – 1С, рівній 0 – 40 %.

Це підтверджується дослідженнями концентраційних залежностей теплопровідності композиційних матеріалів на основі ароматичного полііміду ПМ-69, наповнених термічно розщепленим графітом (ТРГ), графітом С-1 та інтеркальованим графітом FeCl_3 (рис. 4 і 5). Знайдено, що із зростанням дисперсності наповнювачів теплопровідність композитів зростає. Незважаючи на те, що коефіцієнт теплопровідності термічно розщепленого графіту (ТРГ) нижчий, ніж графіту С-1 та інтеркальованого графіту FeCl_3 , введення його в склад полііміду ПМ-69 (більше 5 %) призводить до більшого зростання коефіцієнта теплопровідності композиту, в

Таблиця 2. Теплопровідність композиційних антифрикційних матеріалів на основі полііміду ПІМ-69

Назва наповнювача	Об'ємна частка наповнювача	Коефіцієнт теплопровідності антифрикційного композиційного матеріалу, Вт/(м·К)				
		За рівнянням				За даними експерименту
		Максвелла-Ейкена	Дульнева	Нільсена	Оделевського	
Графіт С-1	0,05	0,44	0,44	0,48	0,38	0,54
	0,1	0,48	0,5	0,66	0,44	0,74
	0,15	0,5	0,57	0,87	0,5	0,93
	0,2	0,57	0,64	1,13	0,57	1,14
	0,25	0,65	0,71	1,44	0,65	1,92

порівнянні з іншими наповнювачами, що можна пояснити меншими розмірами частинок ТРГ.

Теоретичний аналіз концентраційних залежностей показав розходження експериментальних і обчислених даних, які проведені за рівняннями Максвелла-Ейкена, Дульнева, Оделевського і Нільсена [11, 13] (табл.2).

Необхідно відмітити, що формула Максвелла-Ейкена описує коефіцієнт теплопровідності композиційного матеріалу $\lambda_{К.М.}$ у вигляді найпростішої моделі для ізольованих сферичних включень, які рівномірно розподілені в ізотропно-неперервному середовищі [16]:

$$\lambda_{К.М.(H)} = \lambda_{П} \cdot \frac{2\lambda_{П} + \lambda_{H} + 2\phi_{H}(\lambda_{H} - \lambda_{П})}{2\lambda_{П} + \lambda_{H} - \phi_{H}(\lambda_{H} - \lambda_{П})} \quad (16)$$

де $\lambda_{П}$, λ_{H} – коефіцієнти теплопровідності полімеру (матриці) і наповнювача відповідно; ϕ_{H} – об'ємна частка наповнювача.

Формула (16), яка отримана на основі нульового термічного опору, тобто за відсутності взаємодій на міжфазній границі, описує концентраційну залежність $\lambda_{К.М.}$ лише в області малих значень ϕ_{H} . Такий же результат дає аналіз концентраційної залежності теплопровідності композитів у рамках теорії загальної провідності – рівняння Г. П. Дульнева [11]:

$$\frac{1 - \left[1 - \left(\frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}}\right)\right] \phi_{H}^{\frac{1}{3}} (1 - \phi_{H}^{\frac{2}{3}})}{1 - \phi_{H}^{\frac{1}{3}} \left[1 - \left(\frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}}\right)\right] \cdot \phi_{H}^{\frac{2}{3}} (1 - \phi_{H}^{\frac{1}{3}})} \leq \frac{\lambda_{К.М.}}{\lambda_{П}} \leq \frac{\frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}} + \left[1 - \left(\frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}}\right)\right] \phi_{H}^{\frac{2}{3}}}{\frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}} + \left[1 - \left(\frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}}\right)\right] \phi_{H}^{\frac{2}{3}} (1 - \phi_{H}^{\frac{1}{3}})} \quad (17)$$

Для максимального наближення $\lambda_{К.М.}$ до дійсних значень теплопровідності необхідно використовувати середнє арифметичне значення результатів розрахунку за формулою (17). При спрощених оцінках перевагу слід віддавати значенням, які отримані за формулою, що стоїть у лівій частині відношення (17).

Формула Оделевського застосовується для розрахунку коефіцієнтів теплопровідності композиційних матеріалів, які наповнені сферичними частинками (при $\phi < 0,3$) [13]:

$$\frac{\lambda_{К.М.}}{\lambda_{П}} = 1 - \frac{\phi_{H}}{1 - \frac{1}{\left[1 - \frac{\lambda_{П}}{\lambda_{H}}\right]} - 1 - \frac{\phi_{H}}{3}} \quad (18)$$

Дані рівняння також не враховують вплив ступеня дисперсності, зольності і розподілення за розмірами частинок наповнювача. Встановлено (18), що на теплопровідність наповненого полімеру дуже сильний вплив мають внутрішні напруження, що виникають на поверхні розділу фаз полімер – частинки наповнювача. Причому, як самі напруження, так і анізотропно перебудована надмолекулярна структура навколо частинок (їх лінійні розміри) залежать від концентрації частинок і зі збільшенням їх напруження мають тенденцію до зниження, що і призводить до зміни теплових властивостей. Оскільки частка полімеру, що зазнала впливу внутрішніх частинок наповнювача, зростає, то це в кінцевому результаті веде до більшої зміни властивостей композиції, ніж це описує формула Максвелла-Ейкена.

Недолік усіх перерахованих підходів полягає в тому, що вони не враховують вплив ступеня дисперсності частинок наповнювача, тобто вплив розмірів і питомої поверхні.

Найбільш точною являється модель Нільсена [12], яка є модифікацією моделі Кернера для обрахунку модуля пружності композитів. Нільсен використав свою модель для опису модуля пружності, в'язкості, а також і теплопровідності композиту, оскільки об'ємна властивість теплопровідності аналогічна в'язкості і модулю пружності відносно впливу наповнювачів на зміну цих властивостей композиту.

Математично це можна записати так:

$$\frac{\lambda_{К.М.}}{\lambda_{П}} = \frac{\mu_{К.М.}}{\mu_{П}} = \frac{E_{К.М.}}{E_{П}} = \frac{G_{К.М.}}{G_{П}} \quad (19)$$

Рівняння Нільсена для визначення коефіцієнта теплопровідності композиційних матеріалів має вигляд [12]:

$$\frac{\lambda_{К.М.}}{\lambda_{П}} = \frac{1 + A \cdot B \cdot \phi_{H}}{1 - A \cdot \psi \cdot \phi_{H}} \quad (20)$$

де $B = \frac{\lambda_{H} - 1}{\lambda_{П}}$; A – функція геометрії частинок;

$$\psi = 1 + \left(\frac{1 - \varphi_m}{\varphi_m} \right) \cdot \varphi_H; \quad \varphi_m - \text{максимальна об'ємна}$$

частка частинок наповнювача при їх найбільш щільному упакуванні.

Теоретично для сферичних частинок максимально щільне упакування буде при гексагональному розташуванні частинок: $\varphi_m = 0,740$ [12]. Але практично $\varphi_m = 0,637$ при статистичному щільному упакуванні, або $\varphi_m = 0,524$ – при кубічному упакуванні сферичних частинок [12]. Порівняння з нашими експериментальними даними показує, що найбільш достовірний опис структури – щільно упаковані сферичні частинки графіту – відповідає кубічному упакуванню: $\varphi_m = 0,524$.

Коефіцієнт А враховує форму і розміри частинок дисперсної фази і коефіцієнт Пуассона полімерної матриці, і його величина знаходиться в інтервалі: $0 \leq A < \infty$ [12]. За даними Сіндтстрома і Лі [12] (при $\varphi_m = 0,524$) $A = 3$. Але нами виявлено, що розбіжність між експериментальними і розрахунковими даними ($\varphi_m = 0,524$; $A = 3$) складає 26–51 %. За даними мікроскопічних досліджень необхідно враховувати агрегацію частинок графіту С-1 ($A = 8$), бо розходження змінюється таким чином (для $\varphi_m = 0,524$):

A	Розходження
3	26 – 51
5	20 – 38
8	7 – 20,

тобто зменшується.

Окрім того, з графіка залежності А від l/d [12], де l – довжина агрегованих частинок, а d – їх діаметр, витікають такі дані:

l/d	A
16	9
14	8
10	5
6	3
2	1,58.

За даними мікроскопічних досліджень $l/d = 14$, тобто $A = 8$.

Розрахунок коефіцієнта теплопровідності за рівнянням Нільсена (20) виконано при наступних параметрах для композиційних матеріалів на основі полііміду ПМ-69: графіту С-1: $A = 8$; $\varphi_m = 0,524$; $\lambda_n = 66$ Вт/(м·К); $\lambda_n = 0,33$ Вт/(м·К); $B = 0,957$; $\psi_1 = 1,0865$; $\psi_2 = 1,1731$; $\psi_3 = 1,26$; $\psi_4 = 1,346$; $\psi_5 = 1,433$. Тут властивості графітів подані за [14].

Як видно з табл. 2, при зміні об'ємної частки наповнювача (графіту С-1) від 0,05 до 0,25 у полііміді різниці між емпіричними і експериментальними коефіцієнтами теплопровідності складають за рівняннями: Максвелла–Ейкена (16) – від 18,52 до 66,15 %, Дульнєва (17) – від 18,52 до 63,02 %; Нільсена (20) – від 11,11 до 25 %; Оделевського (18) – від 29,63 до 66,15 %. Найменша різниця становить

для рівняння Нільсена. Модель Нільсена найбільш точно відповідає експериментальним даним при об'ємному вмісті наповнювача $\varphi \leq 0,2$. При $\varphi > 0,2$ різниця між експериментальними і обрахунковими даними більш суттєва і при збільшенні вмісту наповнювача ця різниця зростає. Можливе пояснення цьому в тому, що при більшому вмісті наповнювача ($\varphi > 0,2$) дуже важко досягнути добре дисперсної однорідної суміші, а наявність агломератів може вплинути на теплопровідність композиту.

Висновки

1. Вводячи у склад композицій на основі ароматичного полііміду ПМ-69 графіти з різною дисперсністю і зольністю можна розробити антифрикційні матеріали із заданим коефіцієнтом теплопровідності.

2. Із зростанням зольності графіту коефіцієнт теплопровідності композиту на основі ароматичного полііміду ПМ-69 зменшується, а із зростанням дисперсності – зростає.

3. Аналіз експериментальних та розрахункових даних показав, що для визначення коефіцієнта теплопровідності досліджених композитів при об'ємній концентрації наповнювача менше 20 %, перевагу слід віддати моделі Нільсена.

Література

1. Сиренко Г. А., Свідерський В. П., Вельбой В. Ф., Кириченко Л. М. // Композиц. полимер. материалы. – 1992. – Вып.14 – С. 43–45.
2. Сиренко Г. О., Вельбой В. П., Кириченко Л. М., Свідерський В. П. // Темат. зб. наук. праць техн. ун-ту Поділля „Проблеми сучасного машинобудування”. – Хмельницький: ТУП. – 1996. – С. 83–84.
3. Сиренко Г. А., Дробот О. С., Свідерський В. П. // Композиц. полимер. материалы. – 2000. – 22, №1. – С.43–46.
4. Сиренко Г. О., Свідерський В. П., Караванович Л. В. // Фізика і хімія твердого тіла. – 2004. – 5, № 3. – С. 557 – 563.
5. Скоропанов А. С., Булгак И. А., Курневич Г. И. Термически расщепленный графит/ Докл. Беларус. республ. научно-технич. совещания «Применение термического анализа для интенсикации технологических процессов и создание прогрессивных материалов». – Минск, 10 – 11. 02. 1988. – Минск, 1988. – С.48.
6. Скоропанов А. С., Альфер С. А. Термозащитное покрытие из термически расщепленного графита – Минск: НИИ физхимпроблем Белорус. гос. ун-та, 1984. – 3с. (Инф. л.).
7. Скоропанов А. С. Пенообразный графит. – Минск: НИИ физхимпроблем Белорус. гос. ун-та, 1987. – 3с. (Инф. л.).
8. Коршак В. В., Вольпин М. Е., Грибова И. А. и др. // Пласт. массы. – 1973. – № 1. – С. 20 – 23.

9. Булгак И. А., Скоропанов А. С. Интеркалированные графиты. – Минск: НИИ физхимпроблем Белорус. гос. ун-та, 1986. – 3с. (Инф. л.).
10. Ільницький Р. В. Електрохімічна інтеркаляція нанодисперсного діоксиду титану літієм. – Канд. дис. ... канд. фіз.-мат. наук. – Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т ім. Василя Стефаника. – 01.04.2004. – Фізика колоїдних систем. – 165с.
11. Дульнев Г. Н., Заричняк Ю. П. Теплопроводность смесей и композиционных материалов. – Л.: Энергия, 1974. – 264с.
12. Нильсон Л. Механические свойства полимеров и полимерных композиций. – М.: Химия, 1978. – 230с.
13. Оделевский В. И. // Техн. физика. – 1951. – 21 (6). – С. 667 – 685.
14. Свойства конструктивных материалов на основе углерода. Справочник / Под ред. В. П. Соседа. – М.: Металлургия, 1975. – 336 с.

Надійшла до редакції 13 червня 2005 р.

Теплофизические свойства композиционных материалов на основе ароматического полиимида, наполненных графитами

Г. А. Сиренко¹, В. П. Свидерский², Л. В. Базюк¹

¹ Прикарпатский национальный университет имени Василия Стефаника
ул. Шевченко 57, Ивано-Франковск, 76000, Украина

² Хмельницкий национальный университет
ул. Институтская 11, Хмельницкий, 29016, Украина

Исследовано влияние природы дисперсных наполнителей (графитов) на теплофизические свойства ароматического полиимида в зависимости от температуры. Сделано теоретический анализ результатов расчетов теплопроводности композита с дисперсным графитированным наполнителем по моделям Максвелла–Эйкена, Оделевского, Дульнева и Нильсена.

Thermophysical Properties of the Polymeric Materials based on aromatic polyimide with graphite fillers

H. O. Sirenko¹, V. P. Svidersky², L. V. Bazyuk¹

¹ 'Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University,
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76000, Ukraine

² Khmelnytsky National University,
11, Instytutska Str., Khmelnytsky, 29016, Ukraine

Influence of nature of dispersion fillers (graphitise) on thermophysical properties of aromatic polyimide in dependency upon temperature are explored. Using Maxwell-Aiken, Odelevsky, Dulnev and Nielsen's formulas theoretical analyze of results calculations of thermal conductivity of composite material with dispersion graphite filler are made.