

Технічні науки

УДК 538.9:536.6

Фіалко Наталія Михайлівна

*доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НАН України, завідувач відділу
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України*

Фяалко Наталья Михайловна

*доктор технических наук, профессор,
член-корреспондент НАН Украины, заведующая отделом
Институт технической теплофизики
Национальной академии наук Украины*

Fialko Nataliia

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Head of Department
Institute of Technical Thermophysics of the
National Academy of Sciences of Ukraine*

Дінжос Роман Володимирович

*доктор технічних наук, доцент, старший науковий співробітник
Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського*

Динжос Роман Владимирович

*доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник
Николаевский национальный университет имени В. А. Сухомлинского*

Dinzhos Roman

*Doctor of Technical Sciences, Assistant Professor, Senior Researcher
Mykolayiv National University named after V. Sukhomlinsky*

Кліщ Андрій Володимирович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики

Національної академії наук України

Клищ Андрей Владимирович

младший научный сотрудник

Институт технической теплофизики

Национальной академии наук Украины

Klishch Andriy

Junior Research

Institute of Technical Thermophysics of the

National Academy of Sciences of Ukraine

Хміль Дмитро Петрович

молодший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики

Національної академії наук України

Хмил Дмитрий Петрович

младший научный сотрудник

Институт технической теплофизики

Национальной академии наук Украины

Khmil Dmytro

Junior Research

Institute of Technical Thermophysics of the

National Academy of Sciences of Ukraine

**ВИСОКОТЕПЛОПРОВІДНІ ПОЛІМЕРНІ МІКРО- І
НАНОКОМПОЗИТИ**

**ВЫСОКОТЕПЛОПРОВОДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МИКРО- И
НАНОКОМПОЗИТЫ
HIGHLY HEAT-CONDUCTING POLYMER MICRO- AND
NANOCOMPOSITES**

Анотація. Представлено дані експериментальних досліджень щодо розробки типоряду високотеплопровідних полімерних мікро- і нанокомполітів на основі частково кристалічних і аморфних полімерів для виготовлення теплообмінних поверхонь. Наводяться результати визначення теплофізичних характеристик композиційних матеріалів цього типоряду, таких як коефіцієнт теплопровідності, питома теплоємність і максимальна температура експлуатації.

Ключові слова: полімерні мікро- і нанокомполіти, теплообмінні поверхні, теплофізичні властивості.

Аннотация. Представлены данные экспериментальных исследований по разработке типоряда высокотеплопроводных полимерных микро- и нанокомполитов на основе частично кристаллических и аморфных полимеров для изготовления теплообменных поверхностей. Приводятся результаты определения теплофизических характеристик композиционных материалов этого типоряда, таких как коэффициент теплопроводности, удельная теплоемкость и максимальная температура эксплуатации

Ключевые слова: полимерные микро- и нанокомполиты, теплообменные поверхности, теплофизические свойства.

Summary. The results of research to develop of the type series of the high-heat transfer polymer micro- and nanocomposites based on partially crystalline and amorphous polymers for the manufacture of heat exchange surfaces are presented. The data of experiments to determine such characteristics of the

composite materials of this series as thermal conductivity, specific heat and maximum operating temperature are given.

***Key words:** polymer micro- and nanocomposites, heat transfer surfaces, thermophysical properties.*

Роботу присвячено дослідженню основних аспектів розробки мікро- і нанокомпозиційних полімерних матеріалів для виготовлення теплообмінних поверхонь з різним діапазоном температур експлуатації. При цьому ставилося завдання створення типоряду полімерних мікро- і нанокомпозитів з коефіцієнтом теплопровідності, що змінюються від 20 до 60 Вт/(м·К), і максимальною температурою експлуатації, що знаходиться в межах 390 ... 470 К. Як полімерні матриці розглядалися частково кристалічні полімери - поліетилен, поліпропілен полікарбонат (ПЕ, ПП, ПК), і аморфний полімер - поліметилметакрилат (ПММА); як наповнювачі застосовувалися вуглецеві нанотрубки (ВНТ), мікрочастинки міді і алюмінію. Вміст наповнювачів варіювалося від 0,2 до 10%. Методи одержання наповнювачів - ВНТ і мікрочастинок алюмінію та міді, а також їх характеристики описані в [1]. Для отримання композитів використовувався метод, заснований на змішуванні компонентів в розплаві полімеру [2, с. 14; 3, с. 6].

В роботі виконані експериментальні дослідження коефіцієнтів теплопровідності і питомої теплоємності композитів на основі розглянутих полімерних матриць і наповнювачів в заданому діапазоні змін частки наповнювачів. Методики визначення теплофізичних властивостей досліджуваних композитів приведені в [1; 4, с. 21].

На основі отриманих температурних залежностей теплоємності полімерних композитів знаходилися значення температур плавлення для композитів з частково кристалічної матрицею (ПЕ, ПП, ПК) і температур склування для композитів з аморфної матрицею (ПММА). Відповідні максимальні температури експлуатації композитів визначалися з умови,

згідно з якою температура плавлення (склування) повинна перевищувати дану температуру приблизно на 20 К [5, с. 6]. Відповідні максимальні температури експлуатації, знайдені із зазначеної вище умови для ПЕ, ПП, ПК складають 390, 425, 470 К. Дещо інша картина спостерігається для композитів на основі ПММА. Тут температури склування для композитів і ненаповненого полімеру не збігаються. Якщо прийняти для розглянутого типу композитів як температуру склування найменшу із зазначених вище температур, то максимальна температура експлуатації складе 390 К.

На рисунку 1 представлено результати експериментальних досліджень залежності значень коефіцієнта теплопровідності композитів від масової частки ω розглянутих наповнювачів для всіх розглянутих полімерних матриць. Як видно, композити, що розробляються, характеризуються досить широкими межами зміни коефіцієнта теплопровідності. Так, для $\omega = 10\%$ величини коефіцієнтів теплопровідності λ композитів можуть досягати 60,9; 41,5 і 28,9 Вт/(м·К) при використанні в якості наповнювачів ВНТ, Си і Al відповідно.

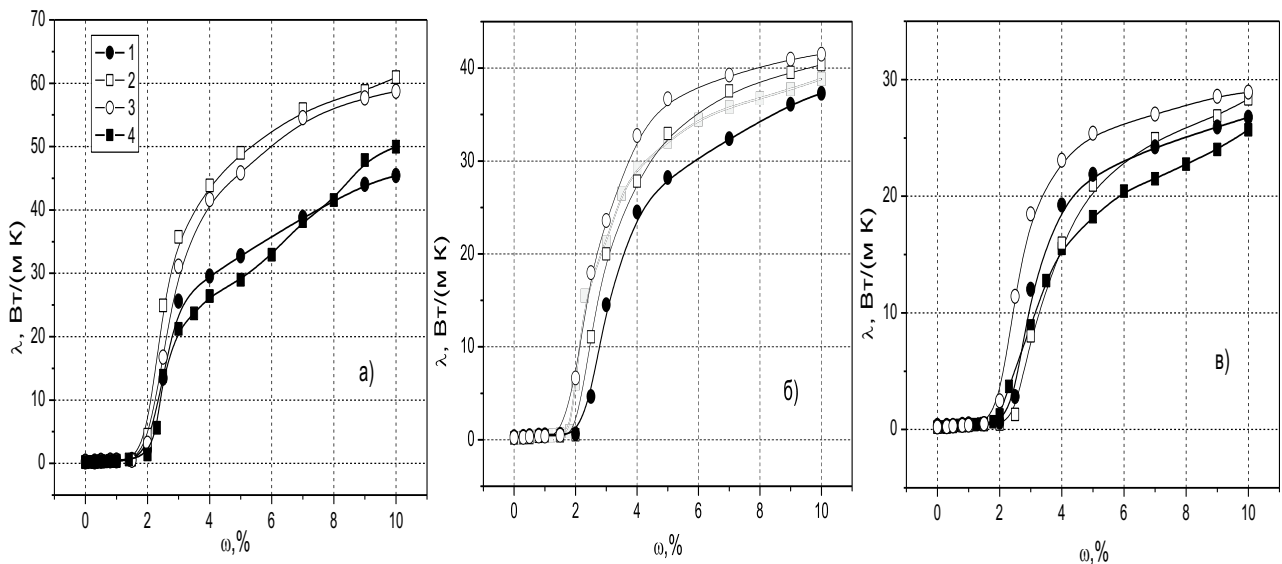


Рис. 1. Залежність коефіцієнта теплопровідності полімерних композиційних матеріалів від масової частки наповнювача при використанні в якості полімерних матриць ПЕ (1), ПММА (2), ПП (3) і ПК (4) для різних типів наповнювача: а) ВНТ; б) Си; в) Al.

Що ж стосується полімерних матриць, то кожному типу наповнювача відповідає певна матриця, при використанні якої коефіцієнт теплопровідності композиту для фіксованого значення вмісту наповнювача є найбільшим. Так, в діапазоні зміни $\lambda = 20 \dots 60$ Вт/(м·К) вказане найбільше значення λ для ВНТ має місце при використанні полімерної матриці ПММА, а для Cu і Al - матриці ПП. З іншого боку, кожному типу наповнювача відповідає полімерна матриця, в разі застосування якої коефіцієнт теплопровідності композиту λ виявляється найменшим при заданій величині ω . Так, його найменше значення спостерігається для ВНТ при використанні матриці з поліетилену або полікарбонату в залежності від величини ω , для Cu - матриці з поліетилену і для Al - матриці з полікарбонату.

На основі результатів виконаних досліджень коефіцієнтів теплопровідності полімерних композитів були визначені їх склади, при яких значення λ дорівнюють відповідним заданим величинам для розроблюваного типоряду матеріалів. З кожної множини композитів було вибрано один з міркувань мінімальної загальної вартості його компонентів (див. табл. 1). При розрахунках зазначені вартості приймалися за даними Лондонської товарної біржі.

Характеризуючи в цілому матеріали розробленого типоряду, слід також відзначити, що вони мають високу корозійну стійкість. Це є дуже важливим при створенні широко застосовуваних теплообмінних апаратів, які експлуатуються в умовах впливу агресивних середовищ. Традиційно в таких ситуаціях як матеріали для теплообмінних поверхонь застосовується нержавіюча сталь. Порівняльна оцінка показує, що її вартість в 2 - 3 рази перевищує вартість розроблених полімерних мікро- і нанокомпозитів.

Таблиця 1

Характеристики полімерних мікро- і нанокompозитів розробленого типоряду матеріалів для теплообмінних поверхонь

Тип полімеру	Тип наповнювача	ω, %	Вартість матеріалів, \$		
			Матриця	Наповнювач	Сумарна вартість компонентів композиту
ПЕ	Al	4,3	257	87	344
ПЕ	ВНТ	3,2	260	107	367
ПММА	ВНТ	2,8	296	94	390
ПММА	ВНТ	3,1	295	104	399
ПММА	ВНТ	3,5	294	118	412
ПММА	ВНТ	4,2	292	141	433
ПММА	ВНТ	5,3	289	177	466
ПММА	ВНТ	7,0	284	234	518
ПММА	ВНТ	9,5	276	318	594
ПП	Al	3,3	305	67	372
ПП	ВНТ	2,8	306	94	400
ПП	ВНТ	3,1	305	104	409
ПП	ВНТ	3,4	304	114	418
ПП	ВНТ	3,9	302	131	433
ПП	ВНТ	4,8	300	161	461
ПП	ВНТ	6,0	296	201	497
ПП	ВНТ	7,5	291	251	542
ПК	ВНТ	2,9	379	97	476
ПК	ВНТ	3,8	375	127	502
ПК	ВНТ	5,2	369	175	544
ПК	ВНТ	6,3	365	211	576
ПК	ВНТ	7,5	361	251	612
ПК	ВНТ	8,5	357	285	642
ПК	ВНТ	10,0	351	335	686

Література

1. Берштейн В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров / В. А. Берштейн, В. М. Егоров. Л.: Химия, 1990. 256 с.
2. Долинский А. А. Теплофизические свойства полимерных микро- и нанокompозитов на основе поликарбоната / А.А. Долинский, Н.М. Фиалко, Р.В. Динжос, Р.А. Навродская // Промышленная теплотехника. 2015. №2. С.12-19.

3. Долинский А. А. Влияние методов получения полимерных микро- и нанокомпозитов на их теплофизические свойства / А.А. Долинский, Н.М. Фиалко, Р.В. Динжос, Р.А. Навродская // Промышленная теплотехника. 2015. № 4. С. 5-12.
4. Фіалко Н. М. Теплопроводность полимерных микро- и нанокомпозитов на основе полиэтилена при различных способах их получения. / Н. М. Фіалко, Р.В. Динжос, Ю. В. Шеренковський, Н.О. Меранова, Р.О. Навродська // Промышленная теплотехника, 2017, №4. т.39. С. 21-26.
5. Долинский А.А. Теплофизические характеристики высокотеплопроводных полимерных микро- и нанокомпозитов / А.А. Долинский, Н.М. Фиалко, Р.В. Динжос, Р.А. Навродская // Промышленная теплотехника. 2015. №5. С.5-15.