

Технічні науки

УДК 538.9:536.6

Фіалко Наталія Михайлівна

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

Fialko Nataliia

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

Дінжос Роман Володимирович

*доктор технічних наук, професор
Кафедра фізики і математики
Миколаївський національний університет ім. В.О. Сухомлинського*

Dinzhos Roman

*Doctor of Technical Sciences, Professor
Department of Physics and Mathematics
V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv*

Шеренковський Юлій Владиславович

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Sherenkovskiy Julii

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Меранова Наталія Олегівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Meranova Nataliia

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Прокопов Віктор Григорович

*доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Prokopov Viktor

*Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Навродська Раїса Олександрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Navrodska Raisa

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, Leading Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Полозенко Ніна Петрівна

*кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Polozenko Nina

*Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher
Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine*

Альошко Сергій Олександрович

кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Aleshko Sergey

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Кутняк Ольга Миколаївна

науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Kutnyak Olha

Scientific Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Пархоменко Олександр Юрійович

кандидат фізико-математичних наук,

доцент кафедри фізики і математики

Миколаївський національний університет імені В. О. Сухомлинського

Parkhomenko Oleksandr

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics

V.O. Sukhomlinskiy National University of Mykolaiv

**ТЕМПЕРАТУРНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕПЛОЄМНОСТІ ТА ГУСТИНИ
НАНОКОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ
TEMPERATURE DEPENDENCES OF HEAT CAPACITY AND
DENSITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON POLYCARBONATE**

Анотація. Для полімерних мікро- і нанокмпозитів на основі полікарбонату, наповнених вуглецевими нанотрубками або мікрочастинками алюмінію, проведено аналіз залежності питомої

теплоємності від температури. Виконано дослідження з визначення температурної залежності густини даних полімерних композитів. Розглянуто можливості застосування пропонованих композитів для виготовлення теплообмінників, орієнтованих на передачу низькопотенційної теплоти та експлуатацію в агресивних середовищах.

Ключові слова: полімерні мікро- і нанокомпозити, теплоємність, густина, теплообмінні апарати.

Summary. For polymer micro- and nanocomposites based on polycarbonate filled with carbon nanotubes or aluminum microparticles, the dependence of specific heat on temperature was analyzed. Studies have been carried out to determine the temperature dependence of the density of these polymer composites. The possibilities of using the proposed composites for the production of heat exchangers focused on the transfer of low-grade heat and operation in aggressive environments are considered.

Key words: polymer micro- and nanocomposites, heat capacity, density, heat exchangers.

Вступ. До перспективних областей застосування полімерних мікро-і нанокомпозитів відноситься, зокрема, виготовлення теплообмінних поверхонь, що є важливими елементами теплоенергетичних установок. Використання матеріалів даного класу покликане забезпечувати підвищення довговічності та надійності таких поверхонь, зниження їх масогабаритних характеристик та ін. Дана стаття присвячена дослідженню закономірностей зміни питомої теплоємності від температури полімерних мікро- і нанокомпозитів на основі полікарбонату [1-14].

Постановка задачі та методика проведення досліджень. Вимоги до діапазону робочих температур даних матеріалів очевидно, диктуються тепловими режимами експлуатації теплообмінних апаратів. Для полімерних мікро- та нанокомпозитів цей діапазон, що обмежується

температурою їхнього розм'якшення, є відносно невеликим. Тобто застосування зазначених матеріалів має бути в першу чергу орієнтоване на виготовлення теплообмінників, призначених для передачі низькопотенційної теплоти, робоча температура яких не перевищує 200 °С.

У цілій низці ситуацій вимоги до матеріалів для теплообмінних поверхонь включають також їхню високу корозійну стійкість. Дані вимоги стосуються досить широко застосовуваних теплообмінників, що експлуатуються за умов впливу різних агресивних середовищ. Крім того, до важливих характеристик теплообмінних апаратів відносяться їхні масогабаритні показники.

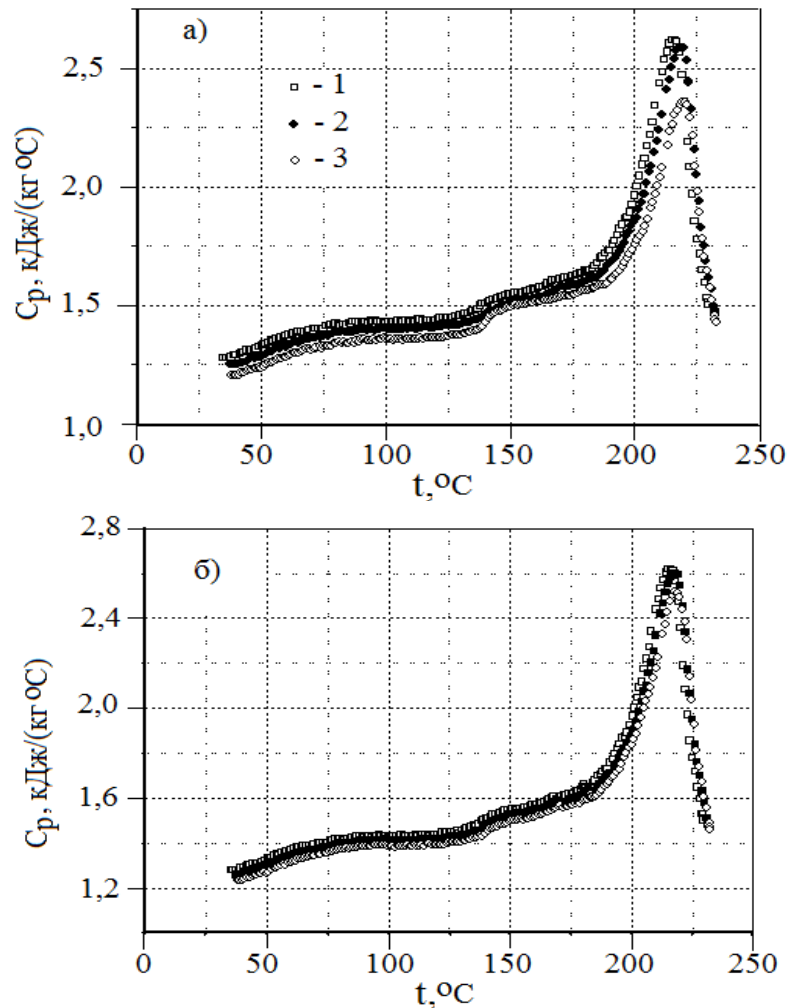
В рамках цієї роботи ставиться завдання створення полімерних мікро-і нанокompозитів, що відповідають перерахованим вище основним вимогам до теплообмінних апаратів. При цьому розглядаються можливості розробки таких композитів на основі частково-кристалічного полікарбонату з використанням як наповнювач вуглецевих нанотрубок (ВНТ) та мікрочастинок алюмінію.

Для знаходження питомої масової теплоємності композитів застосовувався метод диференціальної скануючої калориметрії на установці Перкіна-Елмера DSC-2 з модифікованим програмним забезпеченням від IFA Gmb Ulm. Густина досліджуваних матеріалів визначалася методом гідростатичного зважування.

Результати досліджень. На рисунку 1 представлені результати експериментальних досліджень щодо визначення температурної залежності питомої теплоємності одержуваних полімерних нано- та мікрокомпозитів при різному вмісті наповнювачів. Згідно з отриманими даними зі зростанням вмісту наповнювачів спостерігається деяке зниження величини теплоємності у всьому діапазоні температур, що розглядається.

Як видно із рис. 1, криві $c_p = f(t)$ містять яскраво виражені максимуми, що відповідають температурі плавлення композиту. Остання, згідно з представленими даними, несуттєво змінюється зі зростанням вмісту

наповнювачів і становить приблизно 220 °С. Таким чином, створені полімерні нано- та мікрокомпозиції задовольняють вимогам до матеріалів для виготовлення теплообмінників, призначених для передачі низькопотенційної теплоти.



**Рис. 1. Температурна залежність питомої теплоємності полімерних композиційних матеріалів на основі полікарбонату, наповнених вуглецевими нанотрубками (а) та частинками алюмінію (б) при різному вмісті наповнювачів:
1 – 0%; 2 – 4%; 3 – 10%**

Таблиці 1, 2 ілюструють результати досліджень густини полімерних композитів, що розглядаються, залежно від температури. Згідно з отриманими даними, густина композитів несуттєво відрізняється від густини полімерної матриці у всьому досліджуваному температурному діапазоні. Важливо підкреслити, що густина одержуваних композитів є

дуже низькою і змінюється в межах 1220...840 кг/м³. Таким чином, матеріаломісткість теплообмінників, виготовлених з полімерних мікро- і нанокомпозитів, що розглядаються, виявляється нижче ідентичних за розмірами і конфігурації теплообмінників з нержавіючої сталі в 6...8 разів.

Таблиця 1

Значення густини ρ , (кг/м³) полімерного композиту на основі полікарбонату, наповненого алюмінієм, при його різному вмісті ω для різних температур

ω , %	t , °C								
	20°C	40°C	80°C	100°C	140°C	180°C	200°C	220°C	240°C
0	1220	1220	1210	1200	1150	1020	920	870	840
4	1230	1220	1220	1200	1170	1080	1000	890	850
10	1250	1250	1240	1220	1190	1110	1030	920	880

Таблиця 2

Значення густини ρ , (кг/м³) полімерного композиту на основі полікарбонату, наповненого вуглецевими нанотрубками при їх різному вмісті ω для різних температур

ω , %	t , °C								
	20°C	40°C	80°C	100°C	140°C	180°C	200°C	220°C	240°C
0	1220	1220	1210	1200	1150	1020	920	870	840
4	1220	1210	1210	1190	1160	1050	940	880	850
10	1230	1230	1220	1220	1200	1080	1010	900	870

Щодо зазначеної вище вимоги до матеріалів для теплообмінників, що працюють в умовах впливу агресивних середовищ, в частині їх підвищеної корозійної стійкості, то створені мікро-і нанокомпозити цілком задовольняють цю вимогу. Це, як очевидно, обумовлено як унікальними антикорозійними властивостями полімерної матриці, так і дуже високою стійкістю до корозії наповнювачів.

Висновки. Для розроблених полімерних композитів на основі полікарбонату досліджено закономірності зміни їхньої питомої теплоємності від температури. Показано, що зі зростанням вмісту

наповнювачів спостерігається деяке зниження величини теплоємності у всьому діапазоні температур, що розглядається. Встановлено також, що температура плавлення композитів не залежить від вмісту наповнювачів і становить приблизно 220 °С. Виконані дослідження з визначення температурної залежності густини полімерних композитів, що розробляються. Встановлено факт незначного підвищення їх густини зі збільшенням частки наповнювачів.

Література

1. Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Влияние типа полимерной матрицы на теплофизические свойства и структурообразование полимерных нанокомпозитов. Технологические системы. 2016. №3(76). С. 49-60.
2. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Теплофизические характеристики высокотеплопроводных полимерных микро- и нанокомпозитов. Промышленная теплотехника. 2015. №5. С. 5-15.
3. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Меранова Н.О., Навродська Р.О. Теплофізичні властивості і структуроутворення полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів. Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2020. 142 с.
4. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Температурные зависимости коэффициентов теплопроводности полимерных микро- и нанокомпозитов для теплообменных аппаратов. Промышленная теплотехника. 2016. №1. С. 5-14.
5. Дінжос Р.В., Лисенков Е.А., Фіалко Н.М. Вплив технології виготовлення та типу наповнювача на теплофізичні властивості нанокомпозиту на основі поліпропілену. Вопросы химии и химической технологии. 2015. 5. С. 56-61.

6. Фиалко Н.М., Динжос Р.В. Теплофизические основы создания полимерных микро- и нанокомпозитов для элементов энергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2015. №7. С. 172-176.
7. Дінжос Р.В., Лисенков Е.А., Фіалко Н.М., Клепко В.В. Вплив методу введення наповнювача на теплофізичні властивості систем на основі термопластичних полімерів та вуглецевих нанотрубок. Фізика інженерії поверхні. 2014. Т.12. №4. С. 446-453.
8. Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Шевчук С.І., Меранова Н.О., Гнедаш Г.О. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокомпозиційних матеріалів в теплоутилізаційних технологіях. Миколаїв: СПД Румянцева Г.В., 2020. 128 с.
9. Фіалко Н.М., Навродська Р.О., Дінжос Р.В., Меранова Н.О., Шевчук С.І. Ефективність використання полімерних мікро- і нанокомпозитів для теплообмінних апаратів газо-газового типу. Промышленная теплотехника. 2017. №5. С. 12-18.
10. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Navrodska R., Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Koseva N. Study of the temperature regime effect of obtaining nanocomposites on their heat-conducting properties. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 4 №5 (112), P. 21–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236915>.
11. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Влияние методов получения полимерных микро- и нанокомпозитов на их теплофизические свойства. Промышленная теплотехника. 2015. №4. С. 5-12.
12. Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Полимерные микро- и нанокомпозиты как объекты теплофизических исследований для элементов теплоэнергетического оборудования. Промышленная теплотехника, 2017. №2. С. 36-45.
13. Fialko N., Dinzhos R., Sherenkovskii Ju., Meranova N., Aloshko S.,

Izvorska D., Korzhyk V., Lazarenko M., Mankus I., Nedbaievskia L. Establishment of regularities of influence on the specific heat capacity and temperature conductivity of polymer nanocomposites of a complex of defining parameters. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2021. 6 №12 (114). P. 34-39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245274>

14. Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Навродська Р.О., Меранова Н.О., Шеренковський Ю.В. Закономірності кристалізації полімерних мікрокомпозиційних матеріалів при різних методах їх отримання. Промышленная теплотехника. 2018. № 2. С. 5-11.