

Технічні науки

УДК 538.9:536.6

Дінжос Роман Володимирович

доктор технічних наук, доцент, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Dinzhos Roman Vladimirovich

доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Dinzhos Roman

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Фіалко Наталія Михайлівна

доктор технічних наук, професор,

член-кореспондент НАН України, завідувач відділом

Інститут технічної теплофізики НАН України

Фиалко Наталья Михайловна

доктор технических наук, профессор,

член-корреспондент НАН Украины, заведующая отделом

Институт технической теплофизики НАН Украины

Fialko Nataliia

Doctor Technical Sciences, Professor,

Corresponding Member NAS of Ukraine, Head Department

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Прокопов Віктор Григорович

доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Прокопов Виктор Григорьевич

доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Prokopov Viktor

Doctor Technical Sciences, Professor, Leading Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Шеренковський Юлій Владиславович

кандидат технічних наук,

старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Шеренковский Юлий Владиславович

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

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

Меранова Наталия Олеговна

кандидат технических наук,

старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Meranova Natalia

*Candidate of Technical Sciences (PhD),
Senior Scientific Researcher, 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*

Навродская Раиса Александровна

*кандидат технических наук,
старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Navrodska Raisa

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

Малецька Ольга Євгенівна

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

Малецкая Ольга Евгеньевна

*кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт технической теплофизики НАН Украины*

Maletska Olha

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

Полозенко Ніна Петрівна

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Полозенко Нина Петровна

кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Polozenko Nina

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Кутняк Ольга Миколаївна

науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

Кутняк Ольга Николаевна

научный сотрудник

Институт технической теплофизики НАН Украины

Kytniak Olga

Researcher

Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine

Попружук Ілля Олегович

студент

Національного авіаційного університету

Попружук Илья Олегович

студент

Национального авиационного университета

Popruzhuk Illia

*Student of the
National Aviation University*

Валько Олександр Вікторович

*студент
Національного авіаційного університету*

Валько Александр Викторович

*студент
Национального авиационного университета*

Valko Oleksandr

*Student of the
National Aviation University*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОЦЕСІВ КРИСТАЛІЗАЦІЇ
ПОЛІМЕРНИХ МІКРОКОМПОЗИТІВ ВІД ШВИДКОСТІ ЇХ
ОХОЛОДЖЕННЯ
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОЦЕССОВ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПОЛИМЕРНЫХ МИКРОКОМПОЗИТОВ ОТ
СКОРОСТИ ИХ ОХЛАЖДЕНИЯ
STUDY OF THE DEPENDENCE OF THE CRYSTALLIZATION
PROCESSES OF POLYMER MICROCOMPOSITES ON THE COOLING
RATE**

Анотація. Виконано аналіз впливу швидкості охолодження на основні параметри процесу кристалізації з розплаву композитів, отриманих на основі різних матриць - поліетилену, поліпропілену і полікарбонату, при використанні в якості наповнювача мікрочастинок міді.

Ключові слова: полімерні композити, мікрочастинки міді, поліетилен, поліпропілен, полікарбонат, швидкість охолодження.

Аннотація. Выполнен анализ влияния скорости охлаждения на основные параметры процесса кристаллизации из расплава композитов, полученных на основе различных матриц – полиэтилена, полипропилена и поликарбоната, при использовании в качестве наполнителя микрочастиц меди.

Ключевые слова: полимерные композиты, микрочастицы меди, полиэтилен, полипропилен, поликарбонат, скорость охлаждения

Summary. The analysis of the effect of the cooling rate on the main parameters of the crystallization process from the melt of composites obtained based on various matrices - polyethylene, polypropylene and polycarbonate, using copper microparticles as a filler is carried out.

Key words: polymer composites, copper microparticles, polyethylene, polypropylene, polycarbonate, cooling rate.

Полімерні мікро- і нанокомпозити, які характеризуються підвищеною корозійною стійкістю, широким діапазоном теплофізичних властивостей, низькою питомою вагою, в останній період отримують все більше застосування в різних галузях промисловості [1-7]. Саме тому важливим є проведення досліджень, спрямованих на вивчення таких особливостей формування їх структури в процесі кристалізації як вибір полімерної матриці і наповнювача та встановлення закономірностей впливу на процес кристалоутворення різних визначальних чинників.

Мета даної роботи - аналіз впливу на параметри кристалізації швидкості охолодження з розплаву композитів, отриманих на основі різних матриць

(поліетилену, поліпропілену і полікарбонату) при використанні в якості наповнювача мікрочастинок міді.

Дослідження проводилися з використанням експериментально-теоретичної методики, яка включала два етапи. На першому етапі експериментально визначалися екзотерми кристалізації композиту при його охолодженні з розплаву із заданою постійною швидкістю. Другий етап методики полягав в теоретичному визначенні характеристик структуроутворення композитів на основі отриманих експериментальних даних. Для створення полімерних мікрокомпозитів використовувалися два методи, один з яких базувався на змішуванні компонентів в сухому вигляді (метод I), а другий - в розплаві полімеру (метод II).

Експериментальні дослідження характеристик процесу кристалізації полімерних мікрокомпозитів при їх охолодженні з розплаву проводилися при варіюванні швидкості охолодження V_t від 0,5 К/хв до 20,0 К/хв.

На рис. 1 представлені максимальні значення питомого теплового потоку Q_n^{\max} для досліджуваних композитів.

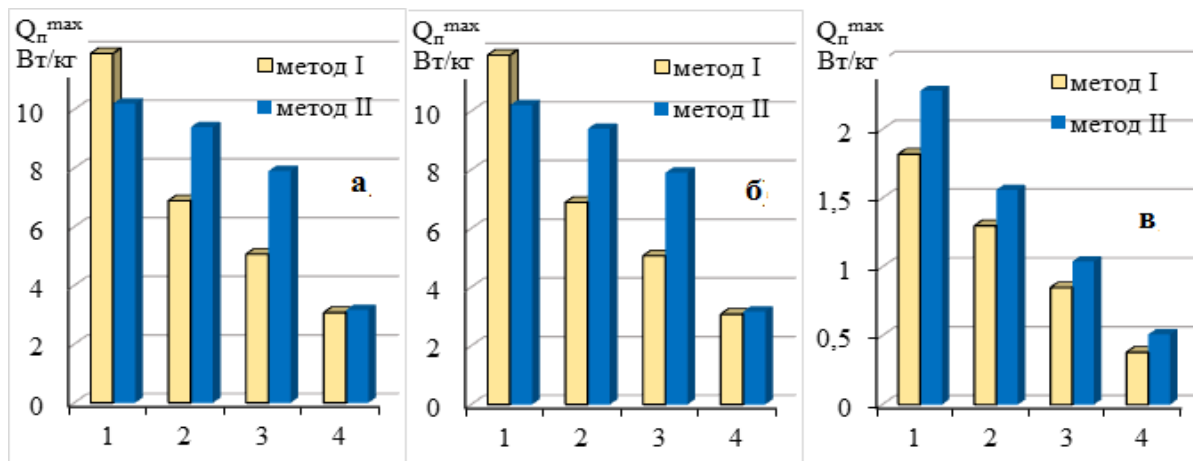


Рис. 1. Максимальні значення питомого теплового потоку Q_n^{\max} для полімерних композитів, наповнених мікрочастинками міді, при вмісті наповнювача $\omega = 4,0\%$ для фіксованих швидкостей охолодження композиту з розплаву V_t при застосуванні двох методів їх отримання і різних полімерних матриць: а - матриця - поліетилен; б - матриця - поліпропілен; в - матриця - полікарбонат: 1 - $V_t = 0,5$ К/хв; 2 - $V_t = 2,0$ К/хв; 3 - $V_t = 5,0$ К/хв; 4 - $V_t = 20,0$ К/хв.

В таблиці 1 представлено дані про такі основні характеристики процесу кристалізації, як температура початку T_N , кінця T_K кристалізації, температурний інтервал кристалізації ΔT , а також максимальне значення питомого теплового потоку і відповідна температура T_M .

Таблиця 1

Характеристики процесу кристалізації полімерних мікрокомполімерів на основі поліетилену, поліпропілену і полікарбонату, наповнених частинками міді, при різних методах їх отримання для $\omega = 4,0\%$

V_t , К/ХВ	T_N , К	T_M , К	T_K , К	ΔT , К	Q_n^{\max} , Вт/кг	V_t , К/ХВ	T_N , К	T_M , К	T_K , К	ΔT , К	Q_n^{\max} , Вт/кг
Метод I						Метод II					
Матриця-поліетилен											
0,5	379,2	373,7	368,8	10,4	12,8	0,5	379,0	373,3	367,7	11,3	16,2
2,0	378,2	372,2	367,2	11,0	9,2	2,0	378,0	372,4	366,7	11,3	12,6
5,0	375,1	368,2	361,7	13,3	5,8	5,0	374,7	369,0	363,3	11,4	9,0
20,0	364,8	357,2	350,2	14,6	2,7	20,0	364,7	358,9	353,2	11,5	5,6
Матриця-поліпропілен											
0,5	408,4	404,9	401,4	7,0	11,91	0,5	408,5	405,1	401,7	6,8	10,2
2,0	402,6	398,3	394	8,6	6,89	2,0	402,1	397,9	393,7	8,4	9,4
5,0	399,1	394,1; 389,3	390,2	8,9	5,07; 2,54	5,0	400,2	395,4	390,7	9,5	7,9
20,0	392,1	387,0; 386,2	381,9	10,2	3,08; 2,00	20,0	392,6	386,2; 379,1	381,7	10,9	3,17 2,43
Матриця-полікарбонат											
0,5	468,6	464,5; 465,4	460,4	8,2	1,82; 1,75	0,5	468,9	464,5; 463,6	463,0	5,9	2,28; 2,27
2,0	466,2	461,7; 463,0	457,3	8,9	1,30; 1,28	2,0	466,3	457,3; 459,4	459,6	6,7	1,56; 1,34
5,0	462,5	455,1; 458,6	451,8	10,7	0,85; 0,77	5,0	462,4	453,9; 456,6	455,5	6,9	1,04; 0,86
20,0	457,9	447,5; 452,4	440,4	17,5	0,38; 0,37	20,0	457,8	443,8; 448,1	443,9	13,9	0,51; 0,27

Як випливає з табл. 1, величина швидкості V_t може істотно впливати на характер залежності $Q_n = f(T)$. Так, для композитів на основі поліпропілену зі збільшенням V_t відбувається трансформація унімодального піку в залежності $Q_n = f(T)$ в бімодальний. Однак значення V_t , при яких виникає вказана трансформація, істотно відрізняються для різних методів отримання досліджуваних полімерних композитів. Зокрема, в разі застосування методу I

бімодальний пік з'являється при $V_t = 5,0$ К/хв, а методу II - тільки при $V_t = 20,0$ К/хв.

Згідно з результатами, наведеними на рис. 1 та в табл. 1, для всіх досліджуваних композитів з різними полімерними матрицями при використанні обох методів їх синтезу зростання швидкості охолодження V_t призводить до зниження температур початку T_N і кінця T_K процесу кристалізації, а також температури T_M , яка відповідає максимальному значенню питомого теплового потоку. При цьому величина Q_n^{\max} істотно зменшується.

Висновки. Виконано дослідження закономірностей при кристалізації полімерних мікрокомпозитів на основі поліетилену, поліпропілену і полікарбонату, наповнених мікрочастинками міді. Виявлено ефекти впливу швидкості охолодження V_t з розплаву досліджуваних композитів на основні характеристики процесу кристалізації - температуру початку T_N , кінця T_K кристалізації, температурний інтервал кристалізації ΔT , максимальне значення питомого теплового потоку Q_n^{\max} та ін. Показано, що за певних умов зі збільшенням швидкості V_t може суттєво змінюватися характер залежності теплового потоку від температури. При цьому важлива трансформація унімодального піку цієї залежності в бімодальний.

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. С. 49-59.
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. Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Шеренковский Ю.В., Меранова Н.О., Навродская Р.А. Теплопроводность полимерных микро- и нанокомпозитов на основе полиэтилена при различных методах их получения // Промышленная теплотехника. 2017. №4. С. 21-25.
 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. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Структурообразование полимерных микро- и нанокомпозитов на основе поликарбоната в процессах их кристаллизации // Промышленная теплотехника. 2015. №3. С. 5-15.
 6. 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.
 7. Долинский А.А., Фиалко Н.М., Динжос Р.В., Навродская Р.А. Теплофизические свойства низкотеплопроводных полимерных нанокомпозитов для элементов энергетического оборудования // Промышленная теплотехника. 2015. №6. С. 5-14.