

ПОВЗУЧИТЬ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІТЕТРАФТОРЕТИЛЕНУ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ І ПОСТІЙНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ

Вступ

Композиційні матеріали, які отримані за хемо-механо-активаційною технологією [1], армовані карбоновими і високомодульними волокнами і дисперсними наповнювачами набувають все більшого використання для створення деталей і вузлів машин і апаратури з високими вимогами щодо механічної міцності, антифрикційних властивостей та ін. Вони можуть бути застосовані у парі з титаном, сталлями та stopами у рухомих і нерухомих ущільненнях рідинних хроматографів, ущільнювальних елементах реакторів, насосів хімічних виробництв [2].

Мета роботи полягала в тому, щоби дослідити повзучість композиційних матеріалів на основі політетрафторетилену при підвищених температурах і постійних навантаженнях, а також вплив ступеня попередньої деформації на деформацію цих матеріалів.

Методика експерименту

Перед випробуванням на повзучість визначали миттєвий модуль пружності E , межу короткочасної міцності σ_t та граничну деформацію ϵ_r . Дослідження проводили при постійних температурі та відносній вологості матеріалу ϕ .

Зразки виготовляли з політетрафторетилену (ПТФЕ), наповненого 20% низькомодульного вуглецевого волокна (НВВ) (матеріал I), 10% НВВ+10% термообробленого коксу (матеріал II) та 20% коксу (матеріал III).

Зразки досліджуваних матеріалів діаметром 3 мм і висотою 6 мм (довжину зразка l_0 і діаметр вимірювали з точністю до 0,01 мм) встановлювали у вимірювальні комірки установки для визначення повзучості полімерних матеріалів, виконаної на базі установки FWVR 32/78. В конструкції установки передбачено термостатування зразків при $t = \text{const}$ в інтервалі 50...250°C протягом 60 хв. Для вимірювання деформації застосовувалися індикаторні тензометри з ціною поділки 2 мкм і межею вимірювання 2мм. Зразки калібрували, піддаючи їх короткочасному п'ятикратному навантаженню при навантаженнях до 5% межі короткочасної міцності при $t = 20^\circ\text{C}$. Зі всієї серії зразків вибирали три, що мали максимальну площу контакту з індентором.

Після тренування зразки навантажували до заданої величини статичного напруження. Тривалість навантаження не перевищувала 5с. Момент повного навантаження досліджуваного зразка приймали за початок відліку повзучості ($\tau=0$). Статичну напругу приймали в інтервалі 0,1...0,5 межі короткочасної

міцності з приблизною градацією $\Delta\sigma = 0,1$. Деформації реєстрували через 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 30; 60 хв. та 3; 10; 30; 60; 100 і т.д. годин.

Відносні деформації розраховували за формулою:

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Деформації повзучості знаходили за формулою:

$$\varepsilon_{II}(\tau) = \varepsilon(\tau) - \varepsilon_0, \quad (2)$$

де $\varepsilon_0 = \frac{\sigma_k}{E}$, де σ_k - контактна напруга.

Після проведення випробування на повзучість зразки розвантажували і досліджували повзучість при розвантаженні. Швидкість розвантаження підтримували сталою для всієї серії випробувань. Тривалість випробувань на повзучість при розвантаженні $\tau_{зв} \geq 5\tau_{пр}$, де $\tau_{пр}$ - тривалість випробувань при навантаженні.

Побудувавши залежність $\varepsilon_{(r)} = f(\tau)$, визначали величину пружної, в'язкопружної та залишкової деформації.

Результати дослідження та обговорення

Результати дослідження залежності сумарної, пружної, в'язкопружної і залишкової деформацій від температури показані на рис.1.

Пружна деформація (ε_y), обумовлена малими змінами міжатомних або міжмолекулярних відстаней, матеріалів I, II, III та матеріалу на основі ПТФЕ+20% дисперсного колоїдного графіту С-1 при температурі 50⁰С має близькі значення. Зі збільшенням температури пружна деформація зростає за лінійним законом, особливо для матеріалу III (рис.1б). Мінімальна пружна деформація властива матеріалу II, який містить і дисперсний, і волокнистий наповнювачі. Пружна деформація однозначно пов'язана лінійним законом з напруженнями. Вона не залежить від передісторії процесу і є адитивною складовою сумарної деформації.

Відомо, що в'язкопружна деформація (ε_{vy}) практично повністю релаксує після розвантаження, але на відміну від пружної з плином часу, який суттєво залежить від температури. Нагрівання значно прискорює релаксацію деформацій. В процесі розвантаження залежність між напруженнями і деформаціями тим більше відхиляється від лінійної, чим менша швидкість розвантаження. Величина в'язкопружної деформації і її частка в сумарній суттєво залежить від температури.

Рівноважна в'язкопружна деформація, яка спостерігається при температурі склування і вище неї, лінійно пов'язана з напруженнями. Коефіцієнт пропорційності цієї лінійної залежності – рівноважний модуль в'язкопружності – лінійно зростає з температурою. Результати показали, що ε_{vy} матеріалу III при 50⁰С більша, ніж матеріалу I та зі збільшенням температури при лінійному зростанні ε_{vy} ця різниця стає все більш суттєвою, що обумовлене впливом пружних властивостей волокнистого наповнювача (рис.1в).

Залишкова деформація ($\epsilon_{\text{зал}}$), яка є результатом незворотного перегрупування частинок, не змінюється при нагріванні. В процесі повзучості, при постійному напруженні, з плином часу встановлюється швидкість деформації, яка близька до сталої і збільшується зі збільшенням температури (рис.1г). незалежно від режиму навантаження швидкість залишкової деформації є однозначною функцією напруження і температури. Залежність швидкості залишкової деформації від напруження, а також, як відомо, і від температури для металів досить сильна, близька до експоненціальної. Слід відзначити, що наявність волокнистого і комбінованого (волокнистий + дисперсний) наповнювачів у складі композиційних матеріалів на основі ПТФЕ показує близькі значення залишкової деформації (рис.1г).

Сумарна деформація полімерних матеріалів в значній мірі залежить від температури, при чому ця залежність в дослідженому діапазоні температур 50...150⁰С має лінійний характер. Таким чином, дослідження полімерних матеріалів показали, що найменшу повзучість мають матеріали I і II (рис.1).

Досліджено повзучість антифрикційних матеріалів на основі ПТФЕ і дисперсного (графіт С-1) або волокнистого (карбонове волокно з тканини УТМ-8) наповнювачів, підданих попередній деформації стиснення. Ступінь стиснення (ϵ) дорівнює 40%, вибраний на основі дослідження теплофізичних властивостей антифрикційних матеріалів, підданих деформації стиснення різного ступеня. Результати досліджень показали, що для деформованих матеріалів в напрямку, який співпадає з зусиллям стиснення, пружна (ϵ_y) і в'язкопружна (ϵ_{vy}) деформації зростають, а залишкова ($\epsilon_{\text{зал}}$) зменшується. При чому для матеріалу на основі ПТФЕ і графіту С-1 (20% мас.) залишкова деформація зменшується в 1,3 рази, а для матеріалу I – в 1,1-1,6 рази (табл. 1). Зі збільшенням ступеня деформації до порогового ($\epsilon_c = 40\%$) ефект зменшення повзучості матеріалу I проявляється сильніше.

Таким чином, з метою пониження повзучості матеріалів в заданому напрямі необхідно піддавати їх деформації стиснення ($\epsilon_c = 40\%$). Перевагу з досліджених деформованих антифрикційних полімерних матеріалів на основі ПТФЕ слід надати матеріалу I (наповненому 20% низькомодульного карбонowego волокна (НВВ)).

Висновки

1. На основі теплофізичних досліджень полімерних матеріалів встановлений пороговий ступінь деформації, необхідний для попереднього механічного деформування матеріалів з метою підвищення їх опору в потрібному напрямку.

2. Встановлено, що для матеріалу I, підданого попередньому механічному деформуванню ($\epsilon_c = 40\%$) в напрямку, який співпадає із зусиллям стиснення, залишкова деформація зменшується в 1,5 рази.

3. Встановлено, що мінімальну повзучість в дослідженому діапазоні температур і навантажень має матеріал II (на основі ПТФЕ, наповненого 10% НВВ+10% термообробленого коксу).

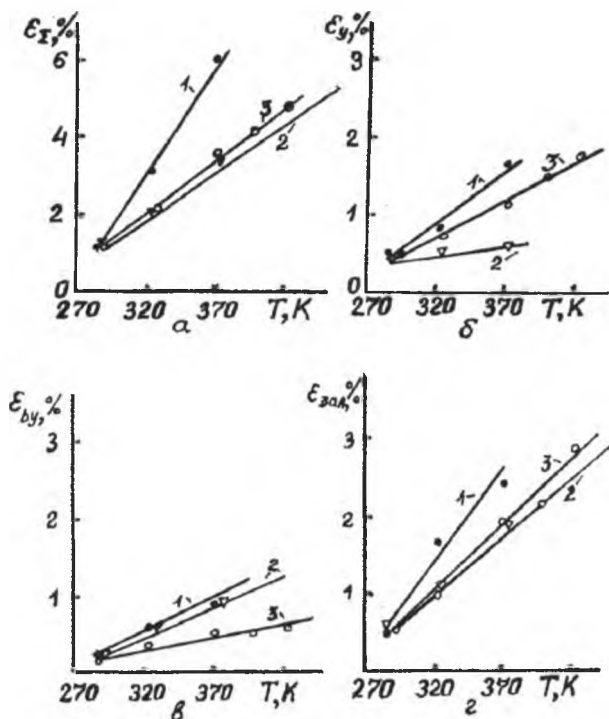


Рис. 1. Залежність сумарної (а), пружної (б), в'язкопружної (в) і залишкової (г) деформацій від температури для матеріалів : 1 – III, 2-II, 3 -I

Таблиця 1

Вплив ступеня попередньої деформації на деформацію матеріалів на основі ПТФЕ і карбонових наповнювачів

Матеріал	Ступінь попередньої деформації	Напрямок деформації відносно напрямку попередньої деформації	Деформація при 373 К, %			
			ϵ_y	ϵ_{by}	$\epsilon_{зап}$	ϵ_{Σ}
ПТФЕ+20% графіту С-1	0	-	1,28	0,81	2,63	4,72
	20	Паралельно	2,45	1,81	2,04	6,30
	20	Перпендикулярно	1,05	1,01	10,58	12,64
ПТФЕ+20% карбонового волокна	0	-	1,51	0,84	1,97	4,32
	30	Паралельно	2,35	1,73	1,75	5,83
	30	Перпендикулярно	1,34	0,94	8,12	10,40
	40	Паралельно	2,46	1,96	1,20	5,62

1. Сіренко Г. О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термостійких полімерів та вуглецевих волокон: Дис. доктора техн. наук: 05.16.06.- К.: Ін-т матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАНУ, 1997.- 431с
2. Мідак Л. Антифрикційні властивості титану та його сполук// Вісник Прикарпат. ун-ту. Сер. Хімія.- Вип. II.- К.: Укр. видавн. спілка, 2002.- С. 97-114.

Midak L., Sirenko H., Svidersky V. The creeping of composite materials based on polytetrafluorethylene in conditions of increased temperatures and constant loadings. This article is devoted to research into elastic, viscous-elastic, remains and summary deformations of composite materials, which are based on polytetrafluorethylene in conditions of increased temperatures and constant loadings. The influence of the degree of previous deformation on deformation of composite materials is researched. Tabl. 1, Fig. 1, Litr. 2.