

Корисна модель належить до галузі технології полімерних і композиційних матеріалів та може використовуватись у машинобудуванні для виготовлення конструкційних матеріалів, які призначені для вузлів тертя компресорного, насосного, хімічного обладнання та інших рухомих деталей машин і механізмів.

Основними вимогами, що ставляться до таких матеріалів, є високі показники міцності при розриві і зносостійкості, а також низький коефіцієнт тертя.

Відомий спосіб одержання полімерної композиції на основі політетрафторетилену (ПТФЕ) з використанням вуглецевих наповнювачів - вуглецевого волокна та/або коксу [1]. Технологія одержання полімерної композиції включає окрему механічну активацію матриці й вуглецевих наповнювачів, змішування інгредієнтів, формування композиції і термічну обробку (спікання).

Недоліком цього способу є недостатні значення зносостійкості.

Як найближчий аналог вибрано полімерну композицію на основі механоактивованих політетрафторетилену та волокнистих наповнювачів [2]. Спосіб одержання полімерної композиції включає активування у високообертовому млині при числі обертів $n=7000$ хв⁻¹ протягом 5 хвилин вуглецевого волокнистого наповнювача, активування у високообертовому млині при числі обертів $n=7000$ хв⁻¹ дисперсного мінерального наповнювача, активування у високообертовому млині при числі обертів $n=9000$ хв⁻¹ протягом 5 хвилин порошку політетрафторетилену (ПТФЕ) та змішування всіх отриманих інгредієнтів.

Недоліком відомого способу є недостатні значення зносостійкості.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення зносостійкості трикомпонентного полімерного композиту при збереженні достатнього рівня міцності при розриві та низького коефіцієнта тертя шляхом використання як другого наповнювача мінерального – каоліну.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі отримання трикомпонентного полімерного композитного матеріалу, який включає активування у високообертовому млині при числі обертів $n=7000$ хв⁻¹ протягом 5 хвилин вуглецевого волокнистого наповнювача, активування у високообертовому млині при числі обертів $n=7000$ хв⁻¹ дисперсного мінерального наповнювача, активування у високообертовому млині при числі обертів $n=9000$ хв⁻¹ протягом 5 хвилин порошку політетрафторетилену (ПТФЕ) та змішування всіх отриманих інгредієнтів, згідно корисної моделі, як дисперсний мінеральний наповнювач використовують каолін і активують його протягом 5 хвилин, а змішування інгредієнтів композиції проводять за двостадійною схемою, де на першій стадії готують дві окремі суміші, перша з яких складається з ПТФЕ і вуглецевого волокнистого наповнювача у співвідношенні 1:1, а друга - з ПТФЕ і каоліну у співвідношенні 1:1, які окремо піддають інтенсивній механічній активації у високообертовому млині при числі обертів $n=7000$ хв⁻¹ протягом 5 хв, а потім, на другій стадії отриману суміш змішують з ПТФЕ у співвідношенні 1:4, в результаті чого отримують трикомпонентний композитний матеріал на основі політетрафторетилену, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

політетрафторетилен	80
вуглецеве волокно	14
каолін	6.

Електронно-мікроскопічними дослідженнями показано, що при наповненні полімерної матриці каоліном проявляється ефект орієнтованої дії наповнювача. Він полягає у тому, що за рахунок механічної активації каоліну відбувається інтеркаляція макромолекул неполярного ПТФЕ в простір між пластинками наповнювача з підвищенням значенням некомпенсованого заряду. В результаті чого частинки каоліну рівномірно розташовуються в об'ємі матриці та виступають в ролі штучних зародків кристалізації, формуючи сферолітну надмолекулярну структуру композиту. Ймовірно, що такі сферолітні структури ПТФЕ-композитів протидіють розвитку мікротріщин, виступаючи як вузли, що зв'язують ділянки ланцюгів макромолекул ПТФЕ, тим самим підсилюючи жорсткість полімерних композитних матеріалів.

Даними рентгеноструктурного аналізу встановлено, що при введенні другого мінерального наповнювача в матрицю відбувається процес структурної самоорганізації трикомпонентної системи (ПТФЕ+ВВ+каолін) в умовах механічної активації її інгредієнтів та спікання спресованої композиції вище температури плавлення кристалічної фази. У концентраційному діапазоні збільшення наповнення каоліном від 2 до 4 мас. % (при зменшенні вмісту ВВ від 18 до 16 мас. % відповідно) ступінь кристалічності лінійно зменшується. При наповненні 6 мас. % каоліном і 14 мас. % ВВ ступінь кристалічності збільшується. Отже, формується аморфно-кристалічна надмолекулярна структура зі зменшеними розмірами кристалітів.

Вплив мінерального наповнювача на процеси тертя та зношування трикомпонентних матеріалів оцінювався по зміні температури поверхні тертя системи "композит-контртіло" залежно від їх концентрації та тривалості випробування на знос. Випробування проводили при критичних режимах тертя без охолодження задля встановлення максимальної працездатності розроблених композитів. Знайдено, що трибосистема з композитами, наповненими ВВ та каоліном, знаходиться у нерівноважному стані протягом всього часу випробування; зі збільшенням концентрації останнього від

2 до 6 мас. % інтенсивність зношування з підвищенням температури (від 100 до 150 °C) зменшується на 47 %.

Реалізація способу ілюструється такими прикладами.

Приклад 1. Наповнювачі - фрагменти вуглецевого волокна (ВВ), отримані з тканини УТМ-8, активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 9 хвилин, каолін активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин, порошок ПТФЕ активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=9000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин.

Змішування інгредієнтів композиції проводили за двостадійною схемою: на першій стадії технологічного процесу готували дві окремі суміші. Перша суміш складалася з ПТФЕ та активованого ВВ (18 мас. %) у співвідношенні 1:1, друга суміш складалася з ПТФЕ та активованого каоліну (2 мас. %) у співвідношенні 1:1, які окремо піддавалися інтенсивній механічній активації у високообертовому млині при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хв. На другій стадії технологічного процесу отримані суміші змішували з рецептурною кількістю ПТФЕ у співвідношенні 1:4.

Одержану композицію формували за технологією холодного пресування (тиск пресування $P_{\text{пр}}=(50,0-70,0) \text{ МПа}$) з наступним вільним спіканням на повітрі при температурі $(365\pm 5)^\circ\text{C}$ зі швидкістю нагріву - охолодження 40°C/год .

Дослідження властивостей полімерної композиції проводили за такими методиками: руйнуючу напругу при руйнуванні (міцність при розриві) визначали на кільцевих зразках відповідно до ГОСТ 25.603. Інтенсивність зношування зразків визначали при кімнатній температурі за схемою "часткова вставка - вал" у режимі сухого тертя на машині тертя СМТ-1 відповідно до ГОСТ 11629. Контртіло - сталь 45, термооброблена до твердості 45 HRC, $R_a=0,72 \text{ мкм}$. Питоме навантаження в дослідах складало 1,0 МПа, швидкість ковзання 0,54 м/с, шлях тертя - 2000 м. До зважування проводили однакову обробку і попереднє припрацювання зразків. Ваговий знос зразків визначали на аналітичних вагах ВЛР-200 з точністю 0,0002 г, який потім перераховували на інтенсивність зношування ($\text{мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$). Кількість паралельних дослідів - 5.

Приклад 2. Наповнювачі - фрагменти вуглецевого волокна (ВВ), отримані з тканини УТМ-8, активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 9 хвилин, каолін активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин, порошок ПТФЕ активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=9000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин.

Змішування інгредієнтів композиції проводили за двостадійною схемою: на першій стадії технологічного процесу готували дві окремі суміші. Перша суміш складалася з ПТФЕ та активованого ВВ (16 мас. %) у співвідношенні 1:1, друга суміш складалася з ПТФЕ та активованого каоліну (4 мас. %) у співвідношенні 1:1, які окремо піддавалися інтенсивній механічній активації у високообертовому млині при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хв. На другій стадії технологічного процесу отримані суміші змішували з рецептурною кількістю ПТФЕ у співвідношенні 1:4.

Одержану композицію переробляли у вироби і досліджували за методиками, які наведені в прикладі 1.

Приклад 3. Наповнювачі - фрагменти вуглецевого волокна (ВВ), отримані з тканини УТМ-8, активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 9 хвилин, каолін активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин, порошок ПТФЕ активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=9000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин.

Змішування інгредієнтів композиції проводили за двостадійною схемою: на першій стадії технологічного процесу готували дві окремі суміші. Перша суміш складалася з ПТФЕ та активованого ВВ (14 мас. %) у співвідношенні 1:1, друга суміш складалася з ПТФЕ та активованого каоліну (6 мас. %) у співвідношенні 1:1, які окремо піддавалися інтенсивній механічній активації у високообертовому млині при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хв. На другій стадії технологічного процесу отримані суміші змішували з рецептурною кількістю ПТФЕ у співвідношенні 1:4.

Одержану композицію переробляли у вироби і досліджували за методиками, які наведені в прикладі 1.

Приклад 4 (найближчий аналог). Наповнювачі - фрагменти ВВ, отримані з тканини УТМ-8, активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 9 хвилин, ВВ активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 9 хвилин, порошок ПТФЕ активували у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=9000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин. Активоване ВВ (10 мас. %), активоване БВ (10 мас. %) змішували з порошком ПТФЕ (80 мас. %) у високообертовому млині МРП-1М при числі обертів $n=7000 \text{ хв}^{-1}$ протягом 5 хвилин, переробляли у вироби і досліджували за методиками, які наведені в прикладі 1.

Властивості трикомпонентних полімерних композитних матеріалів корисної моделі і відомої композиції наведені в таблиці.

Таблиця

№ прикладу	Склад композиції, мас. %			Міцність при розриві σ_r , МПа	Інтенсивність зношування $I \cdot 10^6$, мм ³ /Н·м	Коефіцієнт тертя
	ПТФЕ	ВВ	Каолін			
1	80	18	2	10,7	1,25	0,25
2	80	16	4	12,9	1,15	0,24
3	80	14	6	18,7	0,85	0,24
4 (найближчий аналог)	80	10	10 (БВ)	20,0	1,35	0,25

Аналіз результатів випробувань композицій за корисною моделлю і відомої композиції показує, що найбільше підвищення зносостійкості при збереженні достатнього рівня міцності спостерігається при концентрації інгредієнтів (мас. %): 14 ВВ і 6 каоліну. Додавання мінерального наповнювача замість волокнистого як другого наповнювача дозволило підвищити показник зносостійкості на 37 % при збереженні достатнього рівня міцності і низького коефіцієнта тертя.

Таким чином, одержаний трикомпонентний полімерний композитний матеріал з волокнистим і мінеральним наповнювачем має вище значення зносостійкості, ніж відома композиція, при збереженні достатнього рівня міцності, що дозволяє рекомендувати його для використання для вузлів тертя компресорного, насосного, хімічного обладнання.

Джерела інформації:

1. Пат. 110989 У Україна, МПК (2016.01) C08J 5/00, C08L 27/00. Спосіб одержання полімерної композиції на основі політетрафторетилену / Х.В. Берладір, П.В. Руденко, К.О. Дядюра [та ін.] (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u201604525; заявл. 22.04.2016; опубл. 25.10.2016, бюл. № 20.

2. Пат. 133936 У Україна, МПК C08L 27/18 (2006.01), C08K 7/02 (2006.01), C08J 5/16 (2006.01). Полімерна композиція на основі механоактивованих політетрафторетилену та волокнистих наповнювачів / Х.В. Берладір, Т.П. Говорун (Україна); заявник та патентовласник Сумський держ. ун-т. - № u201811753; заявл. 28.11.2018; опубл. 25.04.2019, бюл. № 8.