



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **135516** (13) **U**
(51) МПК

C10M 107/18 (2006.01)

C10M 107/28 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2018 12025</p> <p>(22) Дата подання заявки: 05.12.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.07.2019</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.07.2019, Бюл.№ 13</p>	<p>(72) Винахідник(и): Свідерський Владислав Петрович (UA), Олександренко Віктор Петрович (UA), Кириченко Людмила Мефодіївна (UA), Константинова Тетяна Євгенівна (UA), Даніленко Ігор Анатолійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA), ДОНЕЦЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. О.О. ГАЛКІНА НАН УКРАЇНИ, просп. Науки, 46, м. Київ, 03028 (UA)</p>
--	---

(54) АНТИФРИКЦІЙНИЙ ПОЛІМЕРНИЙ МАТЕРІАЛ

(57) Реферат:

Антифрикційний полімерний матеріал містить політетрафторетилен, кокс, вуглецеве волокно тканини "Текарм" і наномодифікатор $ZrO_2+3\% Y_2O_3$, термооброблений при температурі 700 °C і активований у високооборотному млинку МРП-1 протягом 6-8 хвилин.

UA 135516 U

Корисна модель належить до антифрикційних матеріалів на основі полімерів і може бути використана у вузлах тертя машин і обладнання компресоробудування, криогенної техніки, автомобілебудування та загального машинобудування.

Відомі антифрикційні полімерні матеріали для застосування у вузлах тертя машин і обладнання на основі політетрафторетилену (ПТФЕ) і неорганічних наповнювачів різної хімічної природи [1].

Відомий антифрикційний полімерний матеріал на основі політетрафторетилену, коксу і активованої шпінелі магнію. Склад композиційного полімерного матеріалу, мас. %: кокс 13,0-14,5; шпінель магнію, активована у планетарному млинку АГО-2 протягом 2 хвилин - 0,5-2,0; політетрафторетилен решта [2].

Відома антифрикційна полімерна композиція, що складається з політетрафторетилену і 0,1-1,0 мас. % природного алмазного порошку, активованого у планетарному млинку АГО-2 протягом 5 хвилин [3].

Найближчим аналогом є композиційний полімерний матеріал триботехнічного призначення, який містить 18,0-19,5 мас. % коксу, 0,5-2 мас. %, нанопорошку $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ (оксид), активованого у високооборотному млинку МРП-1 протягом 6 хвилин, політетрафторетилен решта [4].

Ці антифрикційні полімерні матеріали мають такі недоліки: при навантаженні у вузлі тертя більше 10 МПа різко зменшується зносостійкість і спостерігається пластичне деформування матеріалу та недостатньо висока міцність граничних шарів між політетрафторетиленом і наповнювачем. Виконані дослідження антифрикційних характеристик композиційного матеріалу триботехнічного призначення за прототипом [4] показали, що цей матеріал за зносостійкістю переважає матеріал Ф4К20, але в незначній мірі за міцністю на розтяг.

Задачею корисної моделі є покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик композиційного матеріалу триботехнічного призначення.

Поставлена задача вирішується тим, що в композиційний полімерний матеріал триботехнічного призначення, який містить політетрафторетилен і кокс, згідно з корисною моделлю, вводять вуглецеве волокно тканини "Текарм" і наномодифікатор $ZrO_2+3\%Y_2O_3$, термооброблений при температурі 700 °С і активований у високооборотному млинку МРП-1 протягом 6-8 хвилин, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %.

кокс	9,0-9,95
вуглецеве волокно тканини "Текарм"	9,0-9,95
нанопорошок $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700\text{ }^\circ\text{C}$	0,5-2,0
політетрафторетилен	решта.

Для покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик матеріалу, наприклад композиційного матеріалу триботехнічного призначення, за прототипом [4] використано принцип багаторівневого модифікування полімерної матриці. Реалізація даного принципу здійснюється шляхом введення в ПТФЕ суміші наповнювачів різного складу і дисперсності - коксу, вуглецевого волокна і нанодисперсних частинок оксиду цирконію $ZrO_2+3\%Y_2O_3$, термооброблених при температурі 700 °С.

Крім дисперсних модифікаторів і наномодифікаторів при створенні композиційних матеріалів широко застосовують волокнисті модифікатори.

Встановлено, що збільшення питомої поверхні частинок наповнювача приводить до зростання частки граничного шару в системі "матриця наповнювач" і довжини межі розділу фаз в композиційних матеріалах. Частинки наповнювача виконують роль концентратора напружень і при дії механічного навантаження на композиційний матеріал навкруги цих частинок виникають напруження, що впливають на характеристики композиту і залежать як від навантаження, так і від розміру самої частинки.

Таким чином, при застосуванні волокнистих модифікаторів в композитах на основі термопластичних матриць навкруги волокон при дії механічного навантаження на композит можуть виникати напруження, що значно перевищують відповідні показники в композитах з дисперсними наповнювачами. Оскільки волокна значно міцніші, ніж термопластична матриця і багатьох дисперсних наповнювачів, то міцність створюваних волокнистих композитів обмежується, головним чином, можливістю створення міцного адгезійного зв'язку на міжфазній границі.

За багатьма показниками композиції на основі ПТФЕ, що армовані вуглецевими волокнами, переважають інші полімерні композиції, бронзу і інші кольорові сплави. Міцнісні характеристики при стискуванні і розтягу у таких композитів вищі, ніж у ПТФЕ, модифікованого скловолном,

графітом або коксом [5]. Разом з тим, низька адсорбційна активність ПТФЕ при взаємодії на міжфазній границі і відсутність стадії в'язкотекучого стану в діапазоні температур переробки композита перешкоджають утворенню міцного адгезійного зв'язку на міжфазній границі і, таким чином, зменшують можливість реалізації великої міцності і модуля пружності волокнистих наповнювачів, в тому числі вуглецевих волокон, в композитах на основі ПТФЕ.

Доцільним є введення в антифрикційні матеріали на основі ПТФЕ і вуглецевих волокон третього компонента з заданим функціональним призначенням.

Вважають, що дисперсні і волокнисті модифікатори виявляють різний вплив на процес структурного модифікування матриці. При цьому, у зв'язку з тим, що довжина фрагментів вуглецевого волокна (50...200 мкм) дуже велика в порівнянні з розмірами сферолітів кристалічної фази, то вони розподіляються переважно в аморфній фазі матриці. В результаті подрібнення і механоактивації вуглецевого волокна у млинку в середовищі порошкового ПТФЕ при подальшому пресуванні і термообробці активні сегменти макромолекул адсорбуються на активних центрах наповнювача, що приводить до певної орієнтації макромолекул в аморфній фазі і зміни співвідношення між кристалічною і аморфною складовими матриці.

Таким чином, волокнистий наповнювач рівномірно розподіляється в ПТФЕ і більша частина волокон приймає участь у взаємодії з макромолекулами матриці, що забезпечує збільшення її ступеня кристалічності [6].

Обмеження, які існують за кількістю різного роду наповнювачів для полімерної матриці, приводять до того, що при створенні багатокомпонентних композиційних матеріалів на основі ПТФЕ, що містять як волокнисті, так і дисперсні модифікатори, необхідно дотримуватись співвідношення, за якого вміст дисперсного і волокнистого модифікаторів буде знаходитись в межах 10 мас. %. В композиті волокнистий модифікатор буде виконувати функцію зміцнюючого агента, а дисперсний і ультрадисперсний - інгібіторів зношування в результаті участі частинок модифікаторів в процесі утворення стійкого перенесеного шару на металевому контртілі.

Вважають [7], що найбільший ефект підвищення зносостійкості металополімерного вузла тертя може бути досягнутий при забезпеченні генерування в зоні тертя компонентів, що мають властивості інгібіторів зношування. Таке явище може бути досягнуто за допомогою направленою використання трибохімічних процесів в зоні тертя. Так, введення функціональних модифікаторів сприяє реалізації процесів регульованого термо- і трибокрекінгу полімерного матеріалу, в результаті яких на поверхні тертя утворюється мастильна плівка у вигляді низькомолекулярних продуктів трибодеструкції полімера з високою адгезійною здатністю [7,8].

Використання наномодифікаторів забезпечує збільшення зносостійкості композита, але не завжди супроводжується збільшенням міцності при деформації розтягу, де процеси руйнування відбуваються за іншими механізмами [8].

Введення наномодифікаторів сприяє інтенсивному структуруванню матриці, оскільки наночастинки можуть створювати ансамблі за типом кластерів. В результаті цього створюється армована полімерна система, що відрізняється підвищеними міцнісними і триботехнічними характеристиками. В композиті одночасно існують різні за типом і розмірами надмолекулярні утворення. Наномодифікатор в першу чергу сприяє структурним змінам в аморфній фазі полімера, змінюючи співвідношення між її впорядкованою і невпорядкованою ділянками. Ефект збільшення адгезійної взаємодії між матрицею ПТФЕ і частинками наповнювача реалізується в результаті структуруючого впливу наночастинок з некомпенсованим зарядом на макромолекули граничного шару і формування дрібносферолітних надмолекулярних утворень в об'ємі композиту. Таким чином частинки наномодифікатора збільшують адгезійну взаємодію полімеру і наповнювача і сприяють підвищенню рухомості структурних елементів ПТФЕ і, тим самим полегшують протікання деформаційних процесів.

Приклад виконання: 79,2 г політетрафторетилену, 9,9 г коксу, 9,9 г вуглецевого волокна тканини "Текарм" і 1 г нанопорошку $ZrO_2+3\%Y_2O_3$, термообробленого при температурі 700 °C активаційно змішували у млинку МРП-1 з подовими ножами за 7000 обертів ножів за хвилину, діаметр ножів 0,205 м, частота обертання 117 с⁻¹, максимальній лінійній швидкості 75 м/с протягом 6 хвилин. Механічну активацію наповнювачів у складі композиції проводили з метою запобігання їх агломерації і підвищенню їх структурної активності. Після змішування композицію сушили в термошафі за температури 100-120 °C протягом 1 години. Далі композицію засипали у пресформу і пресували виріб за питомого тиску 50 МПа. Спікання виконували в електричній печі за температури 370±5 °C. Охолодження спечених виробів здійснювали безпосередньо в печі до температури 100 °C.

Інші приклади конкретного виконання інтенсивності зносу та міцності при розтягу отриманого матеріалу наведені в табл. 3.

Складові компоненти досліджуваних композитів на основі ПТФЕ:

ПТФЕ марки ПН ГОСТ 10007-80 являє собою білий, рихлий порошок з середнім розміром частинок 50-500 мкм, густиною 2200 кг/м³.

Кокс ливарний кам'яновугільний марки КЛ-1 ТУ У 322-00190443-94 являє собою порошок чорного кольору з середнім розміром частинок 10-50 мкм, густиною 1730 кг/м.

5 Вуглецеве волокно тканини "Текарм" (ТУ 48-20-17-77), виготовлене з гідратцелюлозної тканини і одержуване методом хімічної обробки у водному розчині антипиренів $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та відпалі за температури 723 ± 20 К в середовищі природного газу CH_4 . Механічні властивості цієї вуглецевої тканини і елементний хімічний склад наведено в табл. 1 і 2.

10

Таблиця 1

Механічні властивості вуглецевої тканини "Текарм"

Густина, кг/м ³	Розривна міцність по основі, Н/см	Розривна міцність по утку, Н/см	Міцність при розтягу, ГПа	Модуль пружності, ГПа	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)
1510	70-235	20-100	0,52-0,60	27-47	0,08-0,12

Таблиця 2

Елементний хімічний склад (мас. %) вуглецевої тканини "Текарм"

С	Н	О	В	Р	Зола
60-65	1,1-4,5	3,5-4,5	3,0-3,6	3,0-3,6	21-26

15 Нанопорошок $\text{ZrO}_2 + 3\% \text{Y}_2\text{O}_3$, термооброблений при температурі 700 °С [9,10,11]. Науковою основою методу отримання даного нанопорошку є вивчення процесів формування оксидів із водного розчину солей та фундаментальні знання в галузі механізмів формування наночастинок у випадку спільного осадження, яке суттєво відрізняється від того, що наявне як у твердих, так і рідких розчинах. Наночастинки $3\text{Y}-\text{ZrO}_2$ були синтезовані за методом сумісного осадження з водних розчинів солей $\text{ZnCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ та $\text{Y}(\text{NO}_3)_3$. Як осад використовували водні розчини гідроксиду амонію. Всі використані хімікати були хімічної чистоти. Гелеподібний осад 20 був отриманий шляхом додавання водного розчину солей у водний розчин NH_4OH при безперервному перемішуванні пропелерним змішувачем. Перемішування проводилось протягом 30 хв. Значення рН становило більше 8. Гелеподібний осад виділявся фільтрацією за допомогою вакуумного насоса. Осад гідрогелю кілька разів промивали дистильованою водою для видалення продуктів реакції. Сушіння проводилось в мікрохвильовій печі ($P=700$ Вт, $f=2,45$ ГГц). Висушені гідроксиди були піддані термообробці в печі опору при 700 °С з витримкою при цій температурі 2 години.

30 Порошки характеризувалися методами рентгенівської дифракції (РСА) на рентгенівському дифрактометрі Dron-3 в $\text{Cu-K}\alpha$ випромінюванні для визначення розмірів кристалітів та кількісного фазового аналізу. Розміри частинок порошоків оцінювали за допомогою трансмісійної електронної мікроскопії (ТЕМ) (JEM 200, Jeol, Japan). За даними РСА та ТЕМ розміри частинок були 18 ± 2 нм.

Методики визначення властивостей композиту

35 Випробування на зносостійкість проведені на установці ХТІ-72 [12]. Антифрикційні дослідження виконувались за схемою контакту - "сфера-площина". Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою ($10 \pm 0,1$) мм і діаметром ($10 \pm 0,1$) мм з кінцевою сферою радіуса 6,35 міліметра контактували сферою по площині металевого контртіла діаметром ($60 \pm 0,15$) мм і висотою ($10 \pm 0,15$) мм; металеве контртіло було виготовлено із сталі 45 (НВ $4,5 \pm 0,18$ ГПа) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні $Ra_0 = 0,2 \pm 0,03$ мкм.

40 В цій схемі випробувань можна виділити дві характерні області:

а) область нелінійної залежності зношування від шляху тертя, коли питома навантаження змінюється від навантаження, близького до твердості НВ матеріалу, до навантаження, яке відповідає граничній навантажувальній здатності; позначення: шлях тертя S_1 , інтенсивність зношування I_1 ;

б) область лінійної залежності зношування від шляху тертя, коли граничне питоме навантаження в меншій мірі знижується, ніж в першій області; позначення: шлях тертя S_2 , інтенсивність зношування I_2 .

За результатами цього експерименту розраховували чинник зношування (інтенсивність об'ємного зносу) для шляху тертя ΔS_i :

$$I_1 = \frac{\Delta V_{1i}}{N_i \cdot \Delta S_1}; (1)$$

$$I_2 = \frac{\Delta V_{2i}}{N_i \cdot \Delta S_2}; (2)$$

де ΔV_{1i} - зміна об'єму і-зразка на проміжку шляху тертя S_1 (нелінійна залежність зношування від шляху тертя);

ΔV_{2i} - зміна об'єму і-зразка на проміжку шляху тертя S_2 (лінійна залежність зношування від шляху тертя).

Нормальне навантаження на один зразок дорівнювало $N_i=100$ Н, швидкість ковзання $v=0,45$ м/с. Випробовування проводилися на шляху тертя $S_1=0-3$ км і $S_2=3-23$ км. Результати виконаних досліджень наведені у табл. 1.

Внаслідок хімічної інертності макромолекул ПТФЕ на межі розділу з наповнювачем не утворюється хімічних зв'язків, а в результаті низької поверхневої енергії і високої в'язкості не забезпечується якісного змочування розплавом поверхні наповнювача. В результаті міжфазний шар не здатний до передачі навантаження і при дослідженнях на розтяг композитів армуючий наповнювач фактично не сприяє підвищенню опору розриву зразка. Тому значення міцності при розтягу є показником якості наповненого ПТФЕ: на відміну від всіх інших полімерів його наповнення будь-яким компонентом при застосуванні традиційних технологій приводить до зниження межі міцності під час розтягу композиту [5].

Перед дослідженнями на розтяг по три зразки кожного матеріалу кондиціонували не менше 16 годин при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносній вологості $(50 \pm 5)\%$. Висоту, ширину і діаметр зразка вимірювали з похибкою не більше 0,01 міліметра і не менше ніж в чотирьох місцях.

Встановлювали зразок між опорними площадками розривної машини МР-05-1 так, щоб вертикальна вісь зразка збігалась з напрямком дії навантаження і розтягували його з постійною швидкістю 15 мм/хв.

Таблиця 3

Характеристики полімерних композиційних матеріалів,
наповнених коксом, вуглецевим волокном і нанопорошком $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700\text{ }^\circ\text{C}$

№ п/п	Склад	Вміст компонентів, мас. %	Інтенсивність зносу, I, $\cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/(\text{Н}\cdot\text{м})$		Межа міцності під час розтягу, σ_p , МПа
			$S_1=3 \text{ км}$	$S_2=3-23 \text{ км}$	
1.	ПТФЕ Кокс Вуглецеве волокно (ВВ) тканини "Текарм"	80 10 10	10,9	4,965	5,999
2.	ПТФЕ Кокс ВВ тканини "Текарм" $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700\text{ }^\circ\text{C}$	79,6 9,95 9,95 0,5	14,30	3,910	5,85
3.	ПТФЕ Кокс ВВ тканини "Текарм" $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700\text{ }^\circ\text{C}$	79,2 9,9 9,9 1,0	15,79	1,540	6,21
4.	ПТФЕ Кокс ВВ тканини "Текарм " $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700\text{ }^\circ\text{C}$	78,4 9,8 9,8 2,0	15,26	2,500	5,493
5.	ПТФЕ Кокс ВВ тканини "Текарм" $ZrO_2+3\%Y_2O_3, 700\text{ }^\circ\text{C}$	77,6 9,7 9,7 3,0	13,64	3,096	5,365
6.	ПТФЕ Кокс $ZrO_2+3\%Y_2O_3$, оксид.	80 19 1,0	17,1	5,20	5,8

В табл. 4 і 5 приведені склади композицій і порівняльні дані по зносостійкості і міцності при розтягу матеріалів на основі композиції за корисною моделлю і прототипу.

5

Таблиця 4

Приклад	Політетрафторетилен, мас%.	Наповнювач, мас. %	Шлях тертя, $S_2=3-23 \text{ км}$		
			Питоме навантаження на початку тертя, МПа	Інтенсивність зносу, $1_2 \cdot 10^{-7}$, $\text{мм}^3/(\text{Н}\cdot\text{м})$	Питоме навантаження в кінці тертя. МПа _a
Прототип	80	кокс - 19, $ZrO_2+3\%Y_2O_3$, оксид -1	4,78	5,2	2,58
За корисною моделлю	79,2	кокс - 9,9, ВВ тканини "Текарм" -9,9 $ZrO_2+3\%Y_2O_3$, 700 $^\circ\text{C}$ -1	6,80	1,54	3,47

Таблиця 5

Приклад	Політетрафторетилен, мас. %	Наповнювач, мас%	Межа міцності під час розтягу, МПа
Прототип	80	Кокс-19 ZrO ₂ +3 %Y ₂ O ₃ , оксид - 1	5,8
За корисною моделлю	79,2	Кокс - 9,9 ВВ тканини "Текарм" - 9.9 ZrO ₂ +3 %Y ₂ O ₃ , 700 °C-1	6,21

Розроблені антифрикційні матеріали на основі ПТФЕ, наповнені коксом, вуглецевим волокном і нанопорошком ZrO₂+3 %Y₂O₃, 700 °C пройшли успішну виробничу апробацію на на ДП ПАТ "Оболонь" м. Красилів, ТОВ "Укртехінвестгаз" м. Хмельницький, Виробничо-комерційна фірма "Кріопром" м. Одеса.

Джерела інформації:

1. Машиностроительные фторкомпозицы: структура, технология, применение: монография [под науч. Ред. В.А.Струка] / С.В.Авдейчик, В.В.Воропаев, А.А.Скаскевич, В.А.Струк.- Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2012.-339 с.

2. Пат. № 2319713 Россия, МПК С 08 J5/16, C08L 27/16. Композиционный полимерный материал триботехнического назначения / А.А.Охлопкова, С.А.Слепцова, П.Н.Петрова, Т.С.Ючюгаева, А.С.Сыромятникова, И.А.Бельков, Н.И. Шаринов; Заявитель и патентообладатель ООО "Технопласт".-2006116408/04, заявл 12.05.2006; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 12.-8 с.

3. Пат. № 2177963 Россия, МПК C08 J5/16, C 08 L27/16, C08K9/00 Полимерная композиция триботехнического назначения. / А.А.Охлопкова, П.Н. Брощева, Е.Н Шиц, С.Н.Попов, Т.С.Ючюгаева; Заявитель и патентообладатель Институт неметаллических материалов СО РАН. 2000121667/04, заявл. 14.08.2000, опубл. 10.01.2002, Бюл. № 6.-9 с.

4. Пат. № 128801 Україна, МПК (2006.01): C10M 107/18, C10M 107/28. Композиційний полімерний матеріал триботехнічного призначення / В. П. Свідерський, Т. Є. Константінова, І. А. Даніленко, Л. М. Кириченко; заявник і патентовласник Хмельницький національний університет - № u201803448; заявл. 02.04.2018, опубл. 10.10.2018, бюл. № 19.-11 с.

5. Сиренко Г.А. Антифрикционные карбопластики / Г.А.Сиренко. - Киев. - Техника.-1985.-195 с.

6. Машков, Ю.К. Композиционные материалы на основе политетрафторэтилена. Структурная модификация / Ю.К. Машков [и др.]. М.: Машиностроение, 2005.-240 с.

7. Гольдаде, В.А. Ингибиторы изнашивания металлополимерных систем / В.А. Гольдаде, В.А. Струк, С.С. Песецкий. - М.: Химия, 1993.-240 с.

8. Суриков, В.И. Повышение эксплуатационных свойств композитов на основе политетрафторэтилена путем структурной многоуровневой модификации: дис. ... д-ра техн. наук / В.И. Суриков. - Омск, 2001.-363 с.

9. Константинова Т.Е. Нанопорошки на основе диоксида циркония: получение, исследование, применение / Т.Е.Константинова, И.А.Даниленко, В.В.Токий [и др.] // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии.-2004. -Т.2. - Академперіодика.(Киев). - С. 609-632.

10. Константинова Т.Е. Получение нанодispersных порошков диоксида циркония. От новации к инновации / Т.Е.Константинова, И.А. Даниленко, В.В.Токий, [и др.] // Наука та інновації.-2005. - Т.1 - № 3. - С. 76-87.

11. Пат. № 81966 Україна, МПК (2006): C01G 25/00, C04B 35/48, F26B 3/32, F26B 5/04. Процес одержання порошоків оксидів / Т.С. Константінова, М. П. Пилипенко, В. І. Алексєнко, І. А. Даніленко; заявник і патентовласник Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України. - № 200601880; заявл. 21.02.2006, опубл. 25.02.2008, Бюл. № 10.-24 с.

12. Применение синтетических материалов: материалы конференции / Гл. Редактор Р.И.Силин. Кишинев: Картя Молдовеняске.-1975.-199 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Антифрикційний полімерний матеріал, що містить політетрафторетилен і кокс, який **відрізняється** тим, що матеріал містить вуглецеве волокно тканини "Текарм" і наномодифікатор ZrO₂+3 % Y₂O₃, термооброблений при температурі 700 °C і активований у

високооборотному млинку МРП-1 протягом 6-8 хвилин, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

кокс		9,0-9,95
вуглецеве волокно	тканини	9,0-9,95
"Текарм"		
нанопорошок	ZrO ₂ +3 %	0,5-2,0
Y ₂ O ₃ , 700 °C		
політетрафторетилен		решта.

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601