



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 146243

(13) U

(51) МПК

C10M 107/18 (2006.01)

C10M 107/28 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2020 05011</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Диха Олександр Володимирович (UA),</b> <b>Свідерський Владислав Петрович (UA),</b> <b>Константинова Тетяна Євгенівна (UA),</b> <b>Кириченко Людмила Мефодіївна (UA),</b> <b>Даніленко Ігор Анатолійович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>03.08.2020</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>04.02.2021</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>03.02.2021, Бюл.№ 5</b>	<b>(73)</b> Володілець (володільці): <b>ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,</b> вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, 29016 (UA), <b>ДОНЕЦЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. О.О. ГАЛКІНА НАН УКРАЇНИ,</b> просп. Науки, 46, м. Київ, 03028 (UA)

**(54) СПОСІБ СТВОРЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНОГО ФТОРОПЛАСТОВОГО МАТЕРІАЛУ**

**(57) Реферат:**

Спосіб створення антифрикційного полімерного матеріалу, що включає процес механічної активації політетрафторетилену і вуглецевого волокна тканини "Текарм", згідно з корисною моделлю процес механічної активації проводять у поєднанні з наномодифікатором  $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ , термообробленим за температури  $700^\circ C$  і активованим у високооборотному млинку МРП-1 протягом 6-8 хвилин, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглецеве волокно тканини "Текарм"	18,0-19,5
нанопорошок $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$ , оксид	0,5-2,0
політетрафторетилен	решта.

UA 146243 U

UA 146243 U

Корисна модель належить до способів створення антифрикційних матеріалів на основі полімерів і може бути використана при виготовленні деталей антифрикційного призначення у вузлах тертя машин та обладнання компресоробудування, кріогенної техніки, автомобілебудування та загального машинобудування.

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

Відомий спосіб створення антифрикційного полімерного матеріалу на основі політетрафторетилену, коксу і активованої шпінелі магнію у мас. %: кокс 13,0-4,5; шпінель магнію, активована у планетарному млину АГС -2 протягом 2 хвилин - 0,5-2,0; політетрафторетилен решта [2].

Відомий спосіб створення антифрикційного полімерного матеріалу, який містить 9,0-9,95 мас. % коксу, 9,0-9,95 мас. % вуглецевого волокна тканини "Текарм" і 0,5-2 мас. % нанопорошку  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , термообробленого за температури 700 °С та активованому у високооборотному млину МРП-1 протягом 6-8 хвилин [3].

Як найближчий аналог вибрано спосіб створення антифрикційного матеріалу Ф4ВВ20 (ТУ У 20.6-02071234-001:2016) на основі ПТФЕ (80 мас. %) і вуглецевого волокна тканини "Текарм" (20 мас. %) [1,4].

Ці способи створення антифрикційних полімерних матеріалів мають такі недоліки: при навантаженні матеріалів у вузлі тертя більше 10 МПа зменшується зносостійкість та має місце недостатньо висока міцність граничних шарів між політетрафторетиленом і наповнювачем.

В основу корисної моделі поставлена задача розробка способу створення антифрикційного фторопластового матеріалу з покращеними фізико-механічними і антифрикційними характеристиками.

Дана задача вирішується тим, що в способі створення антифрикційного полімерного матеріалу, що включає процес механічної активації політетрафторетилену і вуглецевого волокна тканини "Текарм", згідно з запропонованим рішенням, процес механічної активації проводять у поєднанні з наномодифікатором  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , термообробленим за температури 700 °С і активованим у високооборотному млину МРП-1 протягом 6-8 хвилин, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглецеве волокно тканини "Текарм"	18,0-19,5
нанопорошок $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , оксид	0,5-2,0
політетрафторетилен	решта.

Для покращення фізико-механічних і антифрикційних характеристик матеріалу, наприклад, антифрикційного полімерного матеріалу створеного за найближчим аналогом [4] використано принцип багаторівневого модифікування полімерної матриці. Реалізація даного принципу здійснюється шляхом механічної активації в ПТФЕ суміші наповнювачів різного складу і дисперсності - вуглецевого волокна і нанодисперсних частинок оксиду цирконію  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , термооброблених за температури 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 багато дисперсних наповнювачів, то міцність створюваних волокнистих композитів обмежується, головним чином, можливістю створення міцного адгезійного зв'язку на міжфазній границі.

За багатьма показниками композити на основі ПТФЕ, що армовані вуглецевими волокнами, переважають інші полімерні композити, бронзу та інші кольорові сплави [1]. Характеристики міцності при стискуванні і розтягу у таких композитів вищі, ніж у ПТФЕ, модифікованого скловолокном, графітом або коксом [4]. 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.

5 Тому 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 зміні співвідношення між кристалічною і аморфною складовими матриці.

15 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 [5].

В композиті волокнистий модифікатор буде виконувати функцію зміцнюючого агента, а ультрадисперсний - інгібітора зношування в результаті участі частинок модифікатора в процесі утворення стійкого перенесеного шару на металевому контртілі.

20 Вважають [6], 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 направленного 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 полімеру з високою адгезійною здатністю [6,7].

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 полімеру, змінюючи співвідношення між її впорядкованою і неупорядкованою 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, а також приводять до підвищення міцнісних характеристик композиту. Наявність в складі олігомерного компонента підвищує термодинамічну сумісність на межі розділу і сприяє пластифікуванню граничних шарів ПТФЕ. В результаті адгезійна взаємодія на межі розділу компонентів підсилюється, що підвищує міцнісні характеристики композита [6].

45 Встановлено, що вплив оксидного модифікатора  $ZrO_2 + 3\% Y_2O_3$  (700 °C) на зносостійкість фторопластового карбопластика найбільш суттєвий при оптимальній кількості (18-19,5 мас. %) вуглецевого волокна в композиті. При зменшенні концентрації вуглецевого волокна у модифікованому фторопластовому карбопластику від 18 мас. % до 10 мас. % зносостійкість композита суттєво зменшується в результаті збільшення ступеня деформації поверхневого шару та звуження областей пружної і пружно-еластичної деформації при фрикційній взаємодії з металевим контртілом [6]. Зі збільшенням в композиті концентрації вуглецевого волокна частина міжфазних шарів в композиційному матеріалі зростає, при цьому дефектність структури полімеру зменшується. Вважають, що механізмом модифікуючої дії наповнювачів на структуру ПТФЕ є збільшення густини структурних елементів в результаті формування міжфазних шарів з певним розташуванням молекул на межі розділу "полімерна матриця - наповнювач", що і веде до зміцнення композиційного матеріалу [7].

55 Встановлено, що за перевищення вмісту вуглецевого волокна у ПТФЕ більше 19,5 мас. % разом з підсиленням, негативну дію спричиняють конкуруючі фактори зменшення кристалічності, розрихлення матеріалу волокном і надання йому крихкості, призводить до зменшення когезійної міцності композиції у зв'язку зі збільшенням питомої поверхні наповнювачів та зменшенням товщини міжфазного шару в наповненій системі [7].

Приклад виконання: 80,0 г політетрафторетилену, 19,0 г вуглецевого волокна тканини "Текарм" і 1 г нанопорошку  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , термообробленого за температури 700 °С, активаційно змішували у млинку МРП-1 з подовими ножами за 7000 обертів ножів за хвилину, діаметр ножні 0,205 м, частота обертання 117 с, максимальній лінійній швидкості 75 м/с протягом 6 хвилин. Механічну активацію наповнювачів у складі композиції проводили з метою запобігання агломерації і підвищенню їх структурної активності. Після змішування композицію сушили в термошафі за температури 100-120 °С протягом 1 години. Далі композицію засипали у пресформу і пресували виріб за питомого тиску 50 МПа. Спикання виконували в електричній печі за температури 370±5 °С. Охолодження спечених виробів здійснювали безпосередньо в печі до температури 100 °С. Інші приклади конкретного виконання інтенсивності зносу та міцності при розтягу отриманого матеріалу наведені в таблиці 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/м<sup>3</sup>.

Вуглецеве волокно тканини "Текарм" (ТУ 48-20-17-77), виготовлене з гідратцелюлозної тканини і отримане методом хімічної обробки у водному розчині антипіренів  $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O + (NH_4)_2HPO_4$  та відпалі за температури 723±20 К в середовищі природного газу  $CH_4$ . Механічні властивості цієї вуглецевої тканини і елементний хімічний склад наведено в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1

Механічні властивості вуглецевої тканини "Текарм»

Густина, кг/м <sup>3</sup>	Розривна міцність по основі, Н/см	Розривна міцність по підтканню, Н/см	Міцність на розтяг, 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

Нанопорошок  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , термооброблений за температури 700 °С [8,9]. 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. Наночастинок  $3Y-ZrO_2$  були синтезовані за методом сумісного осадження з водних розчинів солей  $ZnCl_2 \cdot 6H_2O$  та  $Y(NO_3)_3$ . Як осад використовували водні розчини гідроксиду амонію. Всі використані хімічні препарати були хімічної чистоти. Гелеподібний осад 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 за температури 700 °С протягом двох годин.

Порошки характеризувалися методами рентгенівської дифракції (РСА) на рентгенівському дифрактометрі Dron-3 в  $Cu-K\alpha$  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.

Випробування на зносостійкість проведені на установці ХТІ-72 [10]. Антифрикційні дослідження виконувались за схемою контакту - "сфера-площина". Режим змінних граничних питомих навантажень при постійному нормальному навантаженні, зразки висотою (10±0,1) мм і діаметром (10±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 (HB  $4,5 \pm 0,18$  ГПа) і оброблено до початкового середнього арифметичного відхилення профілю поверхні  $Ra_0 = 0,2 \pm 0,03$  мкм.

В цій схемі випробувань можна виділити дві характерні області: а) область нелінійної залежності зношування від шляху тертя, коли питоме навантаження змінюється від навантаження, близького до твердості HB 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  $\Delta S_i$ :

$$I_2 = \frac{\Delta V_{2i}, \text{ (мм}^3\text{)}}{N_i \cdot \Delta S_2}, \quad (2)$$

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

$\Delta V_{2i}$  - 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. Випробування проводилися на шляху тертя  $S_1 = 0-3$  км і  $S_2 = 3-23$  км. Результати досліджень наведені у таблиці 3.

Внаслідок хімічної інертності макромолекул ПТФЕ на межі розділу з наповнювачем не утворюються хімічні зв'язки, а в результаті низької поверхневої енергії і високої в'язкості не забезпечується якісне 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 [4].

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 площинами розривної машини МР-05-1 так, щоб вертикальна вісь зразка збігалась з напрямком дії навантаження і розтягували його з постійною швидкістю 15 мм/хв. Для механічних випробувань на одноосьовий розтяг застосовували кільцеві зразки. Діаграму залежності напруження від деформації зразка записували за допомогою комп'ютерного забезпечення.

Дослідження міцності на розтяг антифрикційних карбопластиків виконували за ISO R527 (ASTM D638, ГОСТ 11262-80) в результаті навантаження жорстких півдисків, на які одягається досліджуване кільце.

Межу міцності під час розтягу  $\sigma_P$ , МПа визначали за формулою:

$$\sigma_P = \frac{P}{2h(R-r)},$$

де  $P$  - розривне зусилля, Н;  $h$  - висота зразка, мм;  $R$  - зовнішній радіус, мм;  $r$  - внутрішній радіус, мм.

Межа міцності під час розтягу  $\sigma_P$ , визначена за формулою (3), не є істинною характеристикою композиційного матеріалу, оскільки поблизу місць роз'єднання півдисків в результаті зміни кривизни кільця відбуваються деформації розтягу і згину, причому їх співвідношення залежить від відношення товщини стінки кільця до його діаметра. Чим більше це співвідношення і чим сильніше виявлена анізотропія композиційного матеріалу, тим сильніше проявляється вплив згину. Тому випробування з кільцевими зразками слід виконувати тільки як порівняльні. Результати виконаних досліджень приведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристики полімерних композиційних матеріалів, створених в результаті механічної активації поєднаних політетрафторетилену, вуглецевого волокна, нанопорошку  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C і коксу

№ 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, $\sigma_p$ , МПа
			$S_1=3 \text{ км}$	$S_2=3-23 \text{ км}$	
1.	ПТФЕ	80	3,848	9,364	10,54
	Вуглецеве волокно (ВВ) тканини "Текарм"	20			
2.	ПТФЕ	80,0	14,30	8,232	10,71
	ВВ тканини "Текарм"	19,5			
	$ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C	0,5			
3.	ПТФЕ	80,0	14,21	1,210	12,54
	ВВ тканини "Текарм"	1,9,0			
	$ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C	1,0			
4.	ПТФЕ	80,0	15,26	2,200	11,01
	ВВ тканини "Текарм"	18,0			
	$ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C	2,0			
5.	ПТФЕ	80,0	13,64	2,980	10,80
	ВВ тканини "Текарм"	17,0			
	$ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C	3,0			
6.	ПТФЕ	80,0	15,79	1,64	6,31
	Кокс	9,5			
	ВВ тканини "Текарм"	9,5			
	$ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C	1.0			

В таблицях 4 і 5 приведені склади композицій і порівняльні дані по зносостійкості і міцності під час розтягу матеріалів на основі способу створення композиції на корисну модель та найближчий аналог.

Таблиця 4

Приклад	Політетрафторетилен, мас. %	Наповнювач, мас. %	Шлях тертя, $S_2=3-23 \text{ км}$		
			Питоме навантаження на початку тертя, МПа	інтенсивність зносу, $I_2, \cdot 10^{-7} \text{ мм}^3/(\text{Н}\cdot\text{м})$	Питоме навантаження в кінці тертя, МПа <sub>a</sub>
Аналог	80,0	ВВ тканини "Текарм" - 20,0	4,89	9,36	2,68
За КМ	80,0	ВВ тканини "Текарм" - 19,0 $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C-1	6,80	1,21	3.47

Таблиця 5

Приклад	Політетрафторетилен, мас. %	Наповнювач, мас. %	Межа міцності під час розтягу, МПа
Аналог	80,0	ВВ тканини "Текарм" - 20,0	10,54
За КМ	80,0	ВВ тканини "Текарм" - 19,0 $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °C-1	12,54

Розроблений спосіб створення антифрикційних матеріалів за рахунок механічної активації поєднаних ПТФЕ, вуглецевих волокон і нанопорошку  $ZrO_2+3\%Y_2O_3$ , 700 °С, може бути використаний при виготовленні деталей антифрикційного призначення в рухомих з'єднаннях машин і обладнання.

5 Джерела інформації:

1. Машиностроительные фторкомпозиты: 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.

10 2. Пат. № 2319713 Россия, МПК C08J 5/16, 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. Шарин; Заявитель и патентообладатель ООО "Технопласт". - 2006116408/04, заявл 12.05.2006; опубл. 10.12.2011, Бюл.№ 12. - 8 с.

15 3. Пат. № 135516 Україна, МПК (2006.01): C10M 107/18, C10M 107/28. Антифрикційний полімерний матеріал / В.П. Свідерський, В.П. Олександренко, Л.М. Кириченко Т.Є. Константинова, І.А. Даніленко; заявники і патентовласники Хмельницький нац. університет і Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України. - № u201812025; заявл. 05.12.2018, опубл. 10.07.2019, бюл. № 13. - 6 с

20 4. Сіренко Г.О. Створення антифрикційних композитних матеріалів на основі порошків термостійких полімерів та вуглецевих волокон; Дис. доктора техн. наук. Ін-т матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАНУ / Сіренко Геннадій Олександрович, К., - 1997. - 431 с

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

25 6. Свідерський В.П. Дослідження механічних і антифрикційних властивостей фторопластових карбопластиків, модифікованих нанопорошками діоксиду цирконію. / В.П. Свідерський, Т.Є., Константинова, В.А. Глазунова., [і ін.] // Проблеми трибології. - №2. - 2014 - с 103-110.

7. Стручкова Т.С. Разработка и исследование полимерных композиционных материалов на основе активации политетрафторэтилена и углеродных наполнителей: автореф. дис. канд. тех. наук / Т.С. Стручкова. -Комс. - на - Амуре. 2008. - 19 с.

30 8. Константинова Т.Е. Получение нанодисперсных 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.

35 9. Пат. № 81966 Україна, МПК (2006): C01C 25/00, C04B 35/48, F26B 3/32, F26B 5/04. Процес одержання порошків оксидів / Т.С. Константинова, М.П. Пилипенко, В.І. Алексєєнко, І.А. Даніленко; заявник і патентовласник Донецький фізико-технічний інститут ім. О.О. Галкіна НАН України. - № 200601880; замвл. 21.02.2006, опубл. 25.02.2008, Бюл. № 10. -24 с.

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

#### 40 ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб створення антифрикційного полімерного матеріалу, що включає процес механічної активації політетрафторетилену і вуглецевого волокна тканини "Текарм", який **відрізняється** тим, що процес механічної активації проводять у поєднанні з наномодифікатором  $ZrO_2+3\%$

45  $Y_2O_3$ , термообробленим за температури 700 °С і активованим у високооборотному млинку МРП-1 протягом 6-8 хвилин, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

вуглецеве волокно тканини "Текарм" 18,0-19,5

нанопорошок  $ZrO_2+3\%$   $Y_2O_3$ , оксид 0,5-2,0

політетрафторетилен решта.