



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 147811

(13) U

(51) МПК

F41H 1/02 (2006.01)

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

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки:	u 2020 07493	(72) Винахідник(и):	Макара Володимир Арсенійович (UA), Ніжельська Олена Ігорівна (UA), Курилюк Алла Миколаївна (UA), Когутюк Павло Петрович (UA), Дібров Володимир Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки:	24.11.2020	(73) Володілець (володільці):	КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА, вул. Володимирська, 60, м. Київ, 01601 (UA), НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ЦЕНТР "ФІЗИКО-ХІМІЧНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, просп. Науки, 46, Голосіївський р-н, м. Київ, 03028 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності:	17.06.2021		
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію:	16.06.2021, Бюл.№ 24		

## (54) СПОСІБ ОДЕРЖАННЯ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ЗАХИСНОГО СПОРЯДЖЕННЯ

### (57) Реферат:

Спосіб одержання композитного матеріалу для захисного спорядження, при якому шар надвисокомолекулярного поліетилену з'єднують з множиною шарів тканини з арамідних волокон, при цьому шари тканини з арамідних волокон встановлюють зі зміщенням один відносно одного. Додатково встановлюють щонайменше один шар дилатантного матеріалу, а шари тканини з арамідних волокон та щонайменше один шар дилатантного матеріалу укладають почергово, при цьому зміщення шарів тканини з арамідних волокон один відносно одного здійснюють зі зсувом по спіралі під кутом 20°-40° напрямку ниток тканини з арамідних волокон.

UA 147811 U

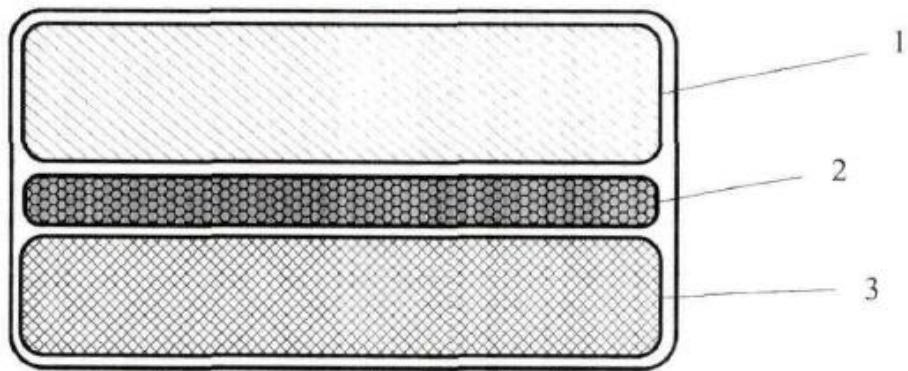


Fig. 1

Корисна модель належить до розробки композитних шаруватих матеріалів і може бути застосована як елемент "м'якої броні" для виготовлення легких бронежилетів та інших засобів індивідуального захисту.

Потреба в спорядженні, яке захищає людину від вогнепальної та холодної зброї та інших механічних ушкоджень, залишається високою. Крім військових, захисний одяг потрібен спортсменам, рятувальникам, патрульним. Цивільні особи, як то літні люди, жінки, діти також мають бути забезпеченими пристосованими для них засобами захисту. Тому розробка нових композитних матеріалів, які б були легкими, не заважали рухам, витримували попадання кулі або осколків і не призводили до внутрішніх уражень є актуальною. Важливим також є доступність (вартість) вихідних матеріалів, складність технологічного процесу, можливість формування виробів заданих конфігурацій.

Аналогами є захисні шари бронежилетів, що не містять вставки з металевих або керамічних бронепластин. Відомий захисний шар бронежилета (Пат. України на корисну модель № 761 кл. F41H 1/00, опубліковано 15.03.2001 р.), який складається з лицьового пакета, що має 10-25 прошарків тканини з арамідних волокон, проміжного пакета з 2-4 прошарків тканини з арамідних волокон, просоченої сполучним матеріалом, і тильного пакета зі спіненої пластмаси. Прощарки лицьового пакета зшиті строчками, які при перетинанні між собою утворюють багатокутники, а проміжний пакет прикріплено до лицьового пакета. Якщо додається ще зовнішній шар сітки із металевих дротів діаметром до 0,5 мм із кроком сітки від 5 до 10 мм, то відбувається комплексний захист від ураження кулями стрілецької зброї та електрошоковими пристроями (Патент України на корисну модель UA95560U, F41H 1/00 Захисний шар бронежилета/ Золотухін К.С., Гончар В.К., Орлов Ю.Ю., Черней В.В., Камінська О.В.; заявник Національна академія внутрішніх справ; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24.). (аналог) <https://uapatents.com/4-95560-zakhisnij-shar-bronezhileta.html>

У винаході "Броня облегченная для защитного жилета" (Сильников М.В., Петров А.В., Шемаев А.А., патент RU 2204787 C2, публікація 20.05.2003) пропонують легку броню, яка складається з послідовно розташованих шарів тканини з високомодульного волокна, м'якої вставки з поруватого газонаповненого матеріалу та шарів тканини з високомодульного волокна, просочених полімером. Технічним результатом є зменшення загальної ваги броні при збереженні рівня захисту. З пояснювального рисунку видно, що всі шари плоско паралельні.

В наведених аналогах композитний захисний матеріал створюється шляхом послідовного накладання шарів балістичної тканини, поруватих матеріалів, та скріплення їх різними способами (наприклад за допомогою полімерних смол). В результаті отримують плоскі пластини, як елементи захисного спорядження. Шари тканини з арамідних волокон накладають один на одний паралельно або напрям розташування ниток не конкретизують.

Багатошарові прямокутні композитні пластини дозволяють захистити життєво важливі органи торсу людини, але їх складно використовувати для захисту шиї, кінцівок, або для нестандартних об'єктів, що є недоліком вказаних аналогів.

За найближчий аналог прийнятий композитний матеріал, який отримують в результаті здійснення способу за патентом на винахід "Способ получения гибких панелей, содержащих слоистые материалы из расположенных в одном направлении полимерных лент" (БАККЕР Ян Адольф Дам (NL), КРАНЗ Барт Клеменс (NL), патент RU 2440245 C2, публікація 20.01.2012). Згідно з аналогом, гнучка панель містить множину окремих шаруватих матеріалів, що утворені з полімерних стрічок, розташованих в одному напрямі. Полімерні стрічки в наступному шарі укладають зі зміщенням по довжині, щоб перекрити стики стрічок в попередньому шарі. Шаруваті матеріали скріплюють між собою окремими точками або лініями з'єднання різними способами (нитками, заклепками, зварюванням). Панель може містити один або більше шарів тканини з арамідних волокон та один або більше шарів ультра високомолекулярного поліетилену і застосовуватися для куленепробивного одягу. Технічним результатом винаходу є підвищення гнучкості панелі і поглинання енергії удару.

Недоліком найближчого аналога є те, що паралельне накладання шарів полімерних стрічок зі зсувом по довжині не сприяє зміцненню композитного матеріалу по усіх напрямках. Точкове або лінійне з'єднання між собою шаруватих матеріалів підвищує гнучкість панелі, але не надає суцільного жорсткого захисту при різкому ударному навантаженні.

Задачею корисної моделі є створення композитного матеріалу для захисного спорядження, у якому за рахунок використання щонайменше одного шару демпферного матеріалу та формування спіральної булігандної структури забезпечується двоступеневе самозміцнення композитного матеріалу під впливом ударного навантаження та збільшення ударостійкості. Також задачею корисної моделі є створення анатомічно пристосованого композитного матеріалу для захисного спорядження.

Поставлена задача вирішується тим, що композитний матеріал для захисного спорядження складається з шару надвисокомолекулярного поліетилену та множини шарів тканини з арамідних волокон, при цьому шари тканини арамідних волокон встановлені зі зміщенням один відносно одного, а всі шари з'єднані між собою. Відповідно до корисної моделі, композитний матеріал для захисного спорядження додатково містить щонайменше один шар дилатантного матеріалу, а множину шарів тканини з арамідних волокон та щонайменше один шар дилатантного матеріалу укладають почергово, при цьому зміщення шарів тканини з арамідних волокон один відносно одного здійснюють зі зсувом по спіралі під кутом 20°-40° напрямку ниток тканини з арамідних волокон. Шар над високомолекулярного поліетилену може бути попередньо сформований і анатомічно пристосований до об'єкта захисту.

Надвисокомолекулярний поліетилен (НВМПЕ) - термопластичний полімер, придатний до роботи в екстремальних умовах експлуатації. Молекула НВМПЕ складається з довгих лінійних ланцюжків поліетилену (молекулярна маса - від 1,5 до 11,5 млн. а. о. м.). У зв'язку з будовою молекул НВМПЕ є термопластичною речовиною з відносно невисокою температурою плавлення (135-190 °C). Питома густина чистого НВМПЕ - приблизно 0,93-0,94 г/см<sup>3</sup>. При нагріванні вище температури плавлення НВМПЕ не переходить у в'язко текучий стан, а лише в високопластичний. За зносостійкістю НВМПЕ при допустимих для нього температурах експлуатації перевершує тефлон і вуглецеві сталі.

Сучасні моделі тканини з арамідних волокон (кевлар) добре підходять для конструювання елементів м'якої броні. Матеріал є дуже витривалим та резистивним до агресивних середовищ, має високі показники міцності відносно маси, погано горить та відразу згасає без стороннього джерела полум'я.

Балістичні тканини зазвичай мають виражені напрями ткани, тому їхня стійкість до прорізання холодною зброєю є меншою вздовж основних нитей. Якщо шари кевлару накладати паралельно, цей недолік може стати ще більш помітним.

Дилатантними називаються матеріали, в яких в'язкість зростає зі збільшенням швидкості деформації зсуву. Дилатантний ефект спостерігається у матеріалах, в яких щільно розташовані нерозчинні частинки перемішані з рідиною (гелем), що заповнює простір між ними. При низьких швидкостях зсуву шарів матеріалу один відносно одного, гель діє, як змазка і дилатантний матеріал здатен вільно перетікати. За високих швидкостей зсуву гель не встигає заповнювати проміжки між частинками і їхнє тертя значно зростає, що призводить до підвищення в'язкості, і середовище у зміцненому стані поводить, як твердий матеріал. Фазовий перехід відбувається менш ніж за мілісекунду. Принцип створення таких речовин відомий, але розробники в різних країнах патентують власні зразки "рідкої броні": Військово-технічний інститут озброєнь (WITU) у Варшаві (Польща), компанія U.S. Armor Holdings (США). Дослідники з британської компанії BAE Systems створили новий вид особистого захисту для військових, поєднавши "рідку броню" та кевлар.

Згідно з корисною моделлю, спочатку способом термопресування або лиття формують шар НВМПЕ товщиною 1-2 см, на нього укладають множину шарів тканини з арамідних волокон та пакети з дилатантним матеріалом, причому шари тканини з арамідних волокон в кількості 10-20 укладають зі зсувом напрямку нитей (по спіралі) під кутом 20°-40° та поєднують між собою, а шар пакетів з дилатантним матеріалом розміщують всередині композиту.

Технічним результатом є:

виготовлення не тільки пласких, а і об'ємних, анатомічно пристосованих елементів захисного спорядження;

захист від ударного навантаження завдяки шару дилатантного матеріалу, який зміцнюється при різкому зсуві та розсіює енергію кулі, осколку або ножа на більшу площину;

зміцнення багатошарової структури з балістичних тканин внаслідок формування спіральної "булігандної конструкції", яка є найбільш ударостійкою, тріщиностійкою та найкраще розсіює падаючу енергію.

Перевагами композитного матеріалу, що пропонується, є формовка деталей потрібної конфігурації, легка вага при збільшенні поверхні захисту тіла (плечі, шия, стегна), двоступеневе самозміцнення та ударостійкість при високошвидкісному ударному навантаженні.

Оскільки за результатами випробувань матеріал не пробивається кулями в обох напрямках обстрілу, можливо робити шар НВМПЕ як зовнішнім, так і внутрішнім, що дозволяє формувати як опуклі, так і ввігнуті вироби.

Варіантів накладання шарів тканини з арамідних волокон є декілька, оскільки в тканинах явно виражений напрям основних нитей. В корисній моделі ми звертаємо увагу, що найбільш оптимальним буде укладання шарів по спіралі під кутом в діапазоні 20°-40°. При цьому

утворюється так звана структура Буліганда, яка покращує механічні властивості матеріалів, передусім їхній опір до руйнування, забезпечує міцність та ізотропію у площині.

Корисна модель пояснюється ілюстративними зображеннями, на яких

Фіг. 1 - композитний матеріал для захисного спорядження, поперечний розріз.

5 Фіг. 2 - композитний матеріал для захисного спорядження з декількома шарами дилатантного матеріалу.

1 - шар НВМПЕ

2 - шар дилатантного матеріалу ("рідка броня")

3 - шар тканини з арамідних волокон

10 Як показано на фіг. 1, композитний матеріал для захисного спорядження, що заявляється, складається з шару НВМПЕ (1), множини пакетів дилатантного матеріалу ("рідкої броні") (2) та множини шарів тканини з арамідних волокон (3). Шар з НВМПЕ 1 формують за температури 135-190 °С. Пакети з дилатантним матеріалом 2 розміщують всередині між шаром НВМПЕ 1 та шаром тканини з арамідних волокон 3. Шари тканини з арамідних волокон в кількості 10-20

15 укладають зі зсувом напрямку нитей (по спіралі) під кутом 20°- 40° та поєднують епоксидною смолою.

Приклад. Створено та випробувано композитні матеріали, що складаються з арамідної тканини (кевлар), над високомолекулярного поліетилену та дилатантного матеріалу (80 % полівінілацетат, 20 % тетраборат натрію; епоксидна смола ЕД-14):

20 I зразок складається з двох шарів кевлару, поєднаних між собою епоксидною смолою та шару дилатантного матеріалу.

II зразок складається з 12 шарів кевлару, укладених паралельно та поєднаних між собою епоксидною смолою та шар НВМПЕ.

25 III зразок складається з 20 шарів кевлару, укладених по спіралі та поєднаних між собою епоксидною смолою, шару дилатантного матеріалу та шару НВМПЕ.

Для оцінки ефективності створених композитних матеріалів проведені експериментальні дослідження, а саме - випробування на полігоні. Відстріл проводився з вогнепальної зброї - пістолета Глок 17, який стоїть на озброєнні поліції та армії більш ніж 30 країн. Пістолет використовує набой мм Парабеллум зі свинцевим осердям та латунною оболонкою. Дистанція

30 до об'єкта - 8 метрів. В результаті експерименту виявлено, що найбільш перспективною є трикомпонентна структура, що складається з шарів НВМПЕ, дилатантних матеріалів та кевлару, а елементи броні, що містять тільки два шари кевлару та шар дилатантного матеріалу малоефективні для захисту від вогнепальної зброї (пістолет Глок17), незважаючи на простоту їх виробництва. III зразок витримує влучання вищевказаної кулі в обох напрямках. У випадку

35 влучання з боку поліетилену, куля проходить шар НВМПЕ, шар дилатантного матеріалу, декілька шарів кевлару і остаточно зупиняється на 4-5 його шарі. При цьому сама куля деформується до майже плоскої форми. Значного вигину задніх шарів кевлару не спостерігається. У випадку влучання з боку кевлару, куля проходить 20 шарів кевлару і зупиняється шаром дилатантного матеріалу, не доходячи до шара НВМПЕ. Куля при цьому

40 достатньо сильно деформується, а її форма нагадує грибовидну, вигину шару НВМПЕ не спостерігається.

Порівняння експериментальних даних з теоретичними розрахунками дозволяє зробити висновок, що основну роль в поглинанні енергії удару виконує шар НВМПЕ (61 %), доволі велику частину енергії поглинає шар дилатантного матеріалу (23 %), а один шар кевлару може поглинути лише невелику частину енергії кулі (3,8 %). З результатів відстрілу зразків та розглянутої моделі динаміки дилатантного матеріалу також можна зробити припущення, що вона може бути ефективно використана у м'якій композитній броні, не лише у вигляді одного доволі товстого шару, а у вигляді великої кількості тонких прошарків між іншими частинами композиту. При цьому шар дилатантного матеріалу чи кожен з шарів дилатантного матеріалу

50 може бути сформований як множина пакетів дилатантного матеріалу. Таким чином, пропонується структура композитного матеріалу для захисного спорядження забезпечує двоступеневе самозміцнення та ударостійкість.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

55

1. Спосіб одержання композитного матеріалу для захисного спорядження, при якому шар надвисокомолекулярного поліетилену з'єднують з множиною шарів тканини з арамідних волокон, при цьому шари тканини з арамідних волокон встановлюють зі зміщенням один відносно одного, який **відрізняється** тим, що додатково встановлюють щонайменше один шар

60 дилатантного матеріалу, а шари тканини з арамідних волокон та щонайменше один шар

дилатантного матеріалу укладають почергово, при цьому зміщення шарів тканини з арамідних волокон один відносно одного здійснюють зі зсувом по спіралі під кутом  $20^{\circ}$ - $40^{\circ}$  напрямку ниток тканини з арамідних волокон.

2. Спосіб одержання композитного матеріалу для захисного спорядження за п. 1, який **відрізняється** тим, що шар надвисокомолекулярного поліетилену попередньо формують і анатомічно пристосовують до об'єкта захисту.

3. Спосіб одержання композитного матеріалу для захисного спорядження за п. 1, який **відрізняється** тим, що шар дилатантного матеріалу чи кожен з шарів дилатантного матеріалу формують як множину пакетів дилатантного матеріалу.

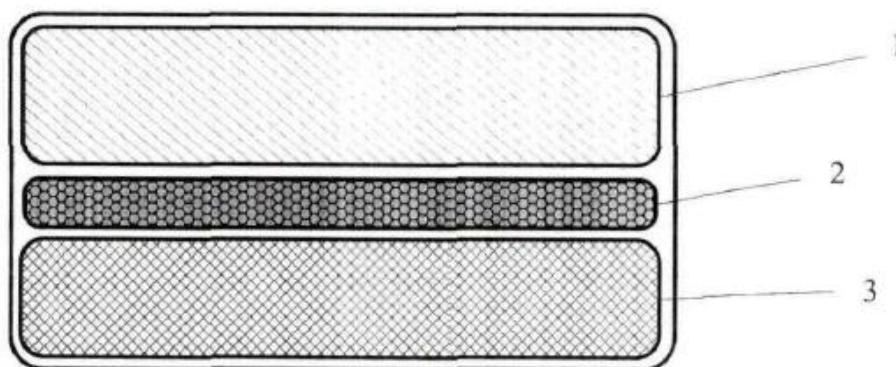


Fig. 1

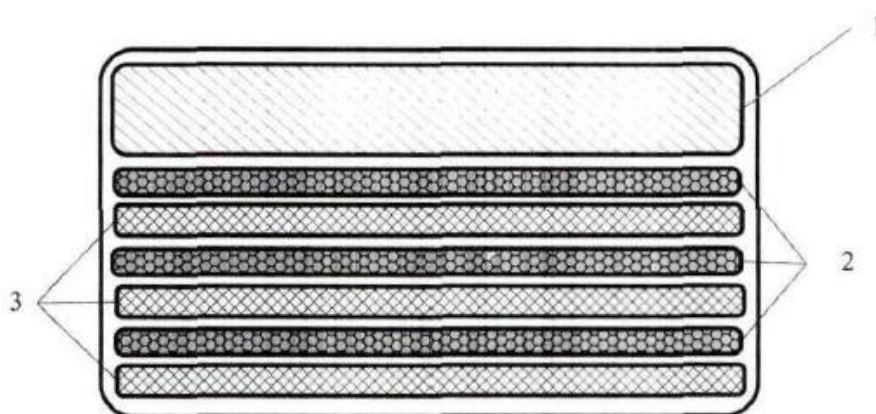


Fig. 2