



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146368** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)
F41H 5/00

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

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2020 04215**
(22) Дата подання заявки: **09.07.2020**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **18.02.2021**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **17.02.2021, Бюл.№ 7**

(72) Винахідник(и):
Бякова Олександра Вікторівна (UA),
Ковальчук Володимир Васильович (UA),
Скоропаденко Олександр Павлович (UA),
Бородянська Ганна Юліївна (UA),
Кутрань Тамара Миколаївна (UA),
Гнилокурченко Святослав Віталійович (UA),
Семенов Микола Віталійович (UA),
Власов Андрій Олексійович (UA)
(73) Володілець (володільці):
Бякова Олександра Вікторівна,
вул. Ілленка, 75, кв. 38, м. Київ, 04500 (UA),
Ковальчук Володимир Васильович,
вул. Прирічна, 19-г, кв. 85, м. Київ, 04213 (UA),
Скоропаденко Олександр Павлович,
просп. Шевченка, 5, кв. 100, м. Вишгород, 07300 (UA)

(54) КОМБІНОВАНА КОМПОЗИЦІЙНА БРОНЬОВАНА ПАНЕЛЬ

(57) Реферат:

Комбінована композиційна броньована панель містить чотири шари, а саме перший шар із сталі, другий шар із кераміки, третій шар із спіненого алюмінію, четвертий шар із склополімерного композиту. Другий шар додатково виготовлено із гарячепресованого карбїду бору з високою бронестійкістю у вигляді плиток, розміщених одна поряд із іншою та адгезійно закріплених між собою високоміцним полімерним клеєм. Третій шар виготовлено зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву евтектичного типу, з закритими комірками розміром 1.5-2.0 ММ, з низькою щільністю та високою здатністю до поглинання кінетичної енергії.

UA 146368 U

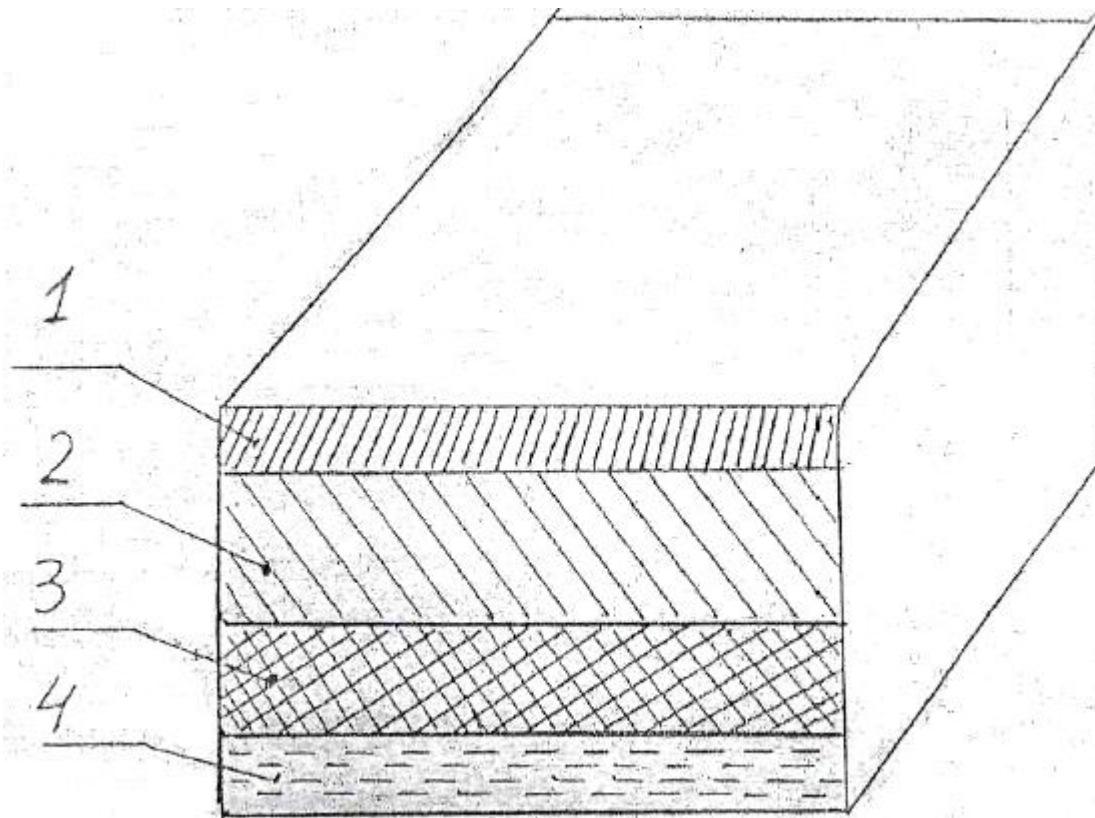


Fig. 1

Корисна модель належить до галузі озброєння, зокрема до броньових конструкцій, а саме до багатошарових комбінованих броньованих панелей.

Відомий пристрій багатошарової комбінованої броньової перешкоди, що використовується на корпусі легкої броньованої машини [Деклараційний патент України на винахід № 68961 від 16.08.2004 р., МПК F41H5/00], яка містить зовнішній шар, виконаний із гомогенної сталеві броні, внутрішній шар із кераміки та тильний шар із алюмінію, внутрішній шар виконано як плитки, які адгезійно закріплені на склопластиковій поверхні, а до протилежної сторони плиток епоксидною композицією приклеєна склотканина.

Недоліками відомої багатошарової комбінованої броньової перешкоди є низька стійкість до дії кінетичних боєприпасів підвищеної міцності та велика маса, що обмежує область її застосування.

Найбільш близьким за більшістю суттєвих ознак є відоме технічне рішення, що обране як найближчий аналог, а саме комбінована композиційна багатошарова панель з поверхневою щільністю $\rho_A = 97,65 \text{ кг/м}^2$ [Bazle A.Gama, Travis A. Bogetti "Aluminum foam integral armor: a new dimension in armor design" - Composite Structures., v. 52 (2001), pp. 381-395], що містить наступні шари:

перший шар - метал, товщина 1,25 мм ($\rho = 1783 \text{ кг/м}^3$);

другий шар - кераміка на основі оксиду алюмінію, товщина 17,8 мм ($\rho = 3500 \text{ кг/м}^3$);

третій шар - спінений алюміній з розміром закритих комірок 4,2 мм, товщина 19 мм ($\rho = 470 \text{ кг/м}^3$);

четвертий шар - склополімерний композит, товщина 14 мм ($\rho = 1783 \text{ кг/м}^3$).

Недоліком технічного рішення, обраного за прототип, є недостатня стійкість до дії кінетичних боєприпасів підвищеної міцності калібру 14,5 мм та висока маса броньової панелі.

В основу корисної моделі поставлена задача створення багатошарової комбінованої броньованої панелі для найбільш ефективного захисту бойової техніки від дії кінетичних боєприпасів підвищеної міцності калібром 14,5 мм при суттєвому зменшенні її маси.

Поставлена задача вирішується тим, що комбінована композиційна броньована панель містить чотири шари, а саме перший шар із сталі, другий шар із кераміки, третій шар із спіненого алюмінію, четвертий шар із склополімерного композиту. Другий шар додатково виготовлено із гарячепресованого карбиду бору з високою бронестійкістю у вигляді плиток, розміщених одна поряд із іншою та адгезійно закріплених між собою високоміцним полімерним клеєм. Третій шар виготовлено зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву евтектичного типу, з закритими комірками розміром 1,5-2,0 мм, з низькою щільністю та високою здатністю до поглинання кінетичної енергії.

Задача досягається створенням конструкції броньованої панелі зі зменшеною поверхневою щільністю $\rho_A = 78,4216 \text{ кг/м}^2$ яка містить наступні шари:

перший шар - сталь товщиною 1,25 мм; (щільність $\rho = 1783 \text{ кг/м}^3$);

другий шар - уявляє собою багатошарову керамічну пластину на основі гарячепресованого карбиду бору з підвищеною бронестійкістю та товщиною 20 мм (щільність $\rho = 2520,00 - 2540,00 \text{ кг/м}^3$), яка забезпечується шляхом використання кераміки у вигляді плиток, розміщених одна поряд із іншою та адгезійно закріплених між собою високоміцним полімерним клеєм;

третій шар - спінений високоміцний алюмінієвий сплав евтектичного типу товщиною 19 мм (щільність $\rho = 487,2 \text{ кг/м}^3$) з закритими комірками розміром 1,5-2,0 мм;

четвертий шар - виготовлений зі склополімерного композиту товщиною 12 мм (щільність $\rho = 1783 \text{ кг/м}^3$).

Стосовно корисної моделі визначення "щільність" стосується середньої щільності тіла, яку позначають символом ρ і розраховують як відношення маси тіла до його об'єму (кг/м^3), а вираз "поверхнева щільність", яку позначають ρ_A вираховують як масу тіла, що припадає на одиничну площу (кг/м^2), звично застосовують для композитних структур, які містять декілька шарів різноманітних матеріалів. При цьому поверхнева щільність композиту залежить від товщини шарів та середньої щільності кожного з них, а маса композиту визначається підсумовуванням маси m всіх присутніх в ньому шарів, яку розраховують як добуток щільності матеріалу ρ шару на його об'єм $V(\text{кг})$.

Суть корисної моделі полягає в тому, що комбінована композиційна броньована панель, що містить чотири шари з різноманітних матеріалів, має другий шар, який виготовлено із гарячепресованого карбиду бору з високою бронестійкістю у вигляді плиток, розміщених одна поряд із іншою та адгезійно закріплених між собою високоміцним полімерним клеєм, а третій шар виготовлено зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву евтектичного типу з закритими комірками розміром 1,5-2,0 мм, з низькою щільністю та високою здатністю до поглинання кінетичної енергії.

Суть корисної моделі пояснюють креслення.

На кресленні: 1 - сталева коробка, 2 - багатошарова пластина з гарячепресованого карбїду бору, 3 - пластина зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву евтектичного типу, 4 - опорна пластина зі склополімерного композиту.

5 Завдяки заявленій конструкції багатошарова комбінована броньована панель реалізує захист наступним чином:

після пробиття сталеву коробку (1) куля кінетичного боєприпасу зіштовхується з багатошаровою пластиною з гарячепресованого карбїду бору (2), яка має високий опір деформації в умовах стискання та згину. У цьому разі більша товщина кераміки (карбїд бору) 10 забезпечує менший рівень напружень, що призводить до розтягнення на її зворотному боці при ударі. Межа плинності та твердість керамічної пластини на основі карбїду бору перевершують характеристики матеріалу кулі в момент удару. В процесі контактної взаємодії ударник втрачає свою форму, масу й руйнується, що супроводжується втратою 10-15 % його кінетичної енергії, а решта значної кількості кінетичної енергії витрачається на виштовхування уламків зруйнованої кераміки. При подальшому просуванні залишків деформованого ударника та уламків зруйнованої кераміки відбувається їх входження в пластину зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву евтектичного типу. Цей спінений сплав ущільнюється шляхом пружно-пластичного колапсу комірок з деяким внеском крихкого руйнування, ініційованого під дією удару розтріскуванням крихких евтектичних прошарків у матеріалі стінок між комірками. Така особливість структури спіненого високоміцного сплаву алюмінію сприяє підвищенню його здатності до поглинання кінетичної енергії завдяки додатковому розсіянню фронту ударної хвилі під час проходження крізь мікронні канали між комірками. Це також дозволяє знівелювати небажане зростання напружень у разі пружно-пластичного колапсу внаслідок розвитку мікро інерційних ефектів, загрозливих з точки зору розшарування на границі зі склополімерною опорною пластиною. Загалом ударник втрачає до 15-20 % кінетичної енергії, а уламки зруйнованої кераміки залишаються в зоні ущільнення шару спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву.

У конструкції багатошарової комбінованої броньованої панелі, що заявляється, відбувається локалізація руйнування в межах однієї пластини з багатошарового гарячепресованого карбїду бору, а розмір ущільненої зони спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву з керамічними уламками, яка набуває чашоподібний вигляд, не перевищує розмір зруйнованої пластини з карбїду бору.

Технічне рішення, що заявляється, дає можливість зменшити динамічний прогин опорної пластини зі склополімерного композиту (4) до 10-20 мм, поглинаючи 25-30 % залишків кінетичної енергії

Другий шар комбінованої броньової панелі (2), який уявляє собою багатошарову керамічну пластину на основі гарячепресованого карбїду бору з підвищеною бронестійкістю товщиною 20 мм (щільність $\rho=2520-2540 \text{ кг/м}^3$), яка забезпечується шляхом використання кераміки у вигляді плиток, розміщених одна поряд із іншою та адгезійно закріплених між собою високоміцним полімерним клеєм. Спосіб одержання даної кераміки викладено в Патенті України № 113036 від 10.01.2017 р, МПК С04В 35/56 (2006.01).

Позитивний результат від використання пластини зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву для шару (3), виготовленого за способом відповідно до Патенту України № 104367 від 27.01.2014 р, МПК С22С 1/08, С22С 21/00, а саме отриманого шляхом спінування розтопу карбонатними спінувачами, пов'язаний з більш рівномірно розподіленими комірками та їх суттєво меншими розмірами (щонайменш в 2 рази), і через це, з більшою жорсткістю (модулем пружності Е) і підвищеною здатністю до поглинання кінетичної енергії: Як наслідок цього, товщина опорної пластини зі склополімерного композиту (4) у запропонованому рішенні зменшена у порівнянні з прототипом, що істотно впливає на поверхневу щільність ρ_a та масу багатошарової комбінованої броньової панелі.

В таблицях № 1 та № 2 наведені порівняльні характеристики матеріалів для виготовлення керамічних пластин, які використовуються в прототипі та заявленій корисній моделі.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики керамічних пластин

Матеріал	Щільність, $\rho \times 10^3$ (кг/м ³)	Модуль пружності, E, (ГПа)	Твердість, V (ГПа)	Тріщиностійкість, K _{1с} , (МПа × м ^{1/2})	Критерій бронестійкості M, (ГПа × К/кг)
Оксид алюмінію Al ₂ O ₃	3,81÷3,92	350÷390	15÷19	3,4÷3,7	1,2 × 10 ³
Багатошаровий гарячепресований карбід бору, В ₄ С	2,52÷2,54	420÷460	30÷38	5,8÷6,0	5,9 × 10 ³

Таблиця 2

Порівняльна характеристика спіnenих алюмінієвих матеріалів

Матеріал Характеристика	Спінений алюміній (прототип)	Спінений високоміцний сплав алюмінію
Пористість, θ (%)	82,6 %	82,6 %
Відносна щільність, ρ / ρ_s	0,174	0,174
Щільність, ρ (кг/м ³)	469,8	487,2
Розмір комірок (мм)	4,2	1,5-2,0
Модуль пружності E (ГПа)	2,13	4,2
Границя плинності σ_y , МПа	5,5	7,5
Напруження на плато σ_{pl} , МПа	7,5	9,1
Енергія абсорбції до ущільнення W _p Дж/г	7,4	11,5
Ефективність енергії абсорбції до ущільнення, W _{etp} , %	83,0	82,0
Границя плинності ущільненою спіненого сплаву σ_y , МПа	241,4	415,0

- Ефективність технічного рішення, що заявляється, оцінювали шляхом порівняння
- 5 балістичної стійкості комбінованої композиційної броньованої панелі, запропонованої у винаході, з балістичною стійкістю композиційної броньованої панелі, обраною за прототип, для чого були виготовлені зразки з однаковими габаритними розмірами 300 × 300 мм. Виготовлені зразки кріпили до опорної сталевий пластини товщиною 4 мм та обстрілювали набоями 57-БЗ-561С калібром 14,5 мм з кулею БЗ2, для яких унормована швидкість складала V_{2,5} ~ 1000 м/с.
- 10 Обстріл зразків здійснювали з дистанції 33 м при нульовому куті влучення. Балістичну стійкість зразків оцінювали шляхом візуального обстеження зразків після їх обстрілу. Про ту, чи іншу ступінь балістичної стійкості робили висновок за відсутністю чи наявністю пробиття зразків та ушкодження тильної опорної пластини.

- 15 Результати випробувань балістичної стійкості броньової панелі, виконаної за прототипом і заявленою корисною моделлю, наведені в Таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика балістичної стійкості броньованих панелей

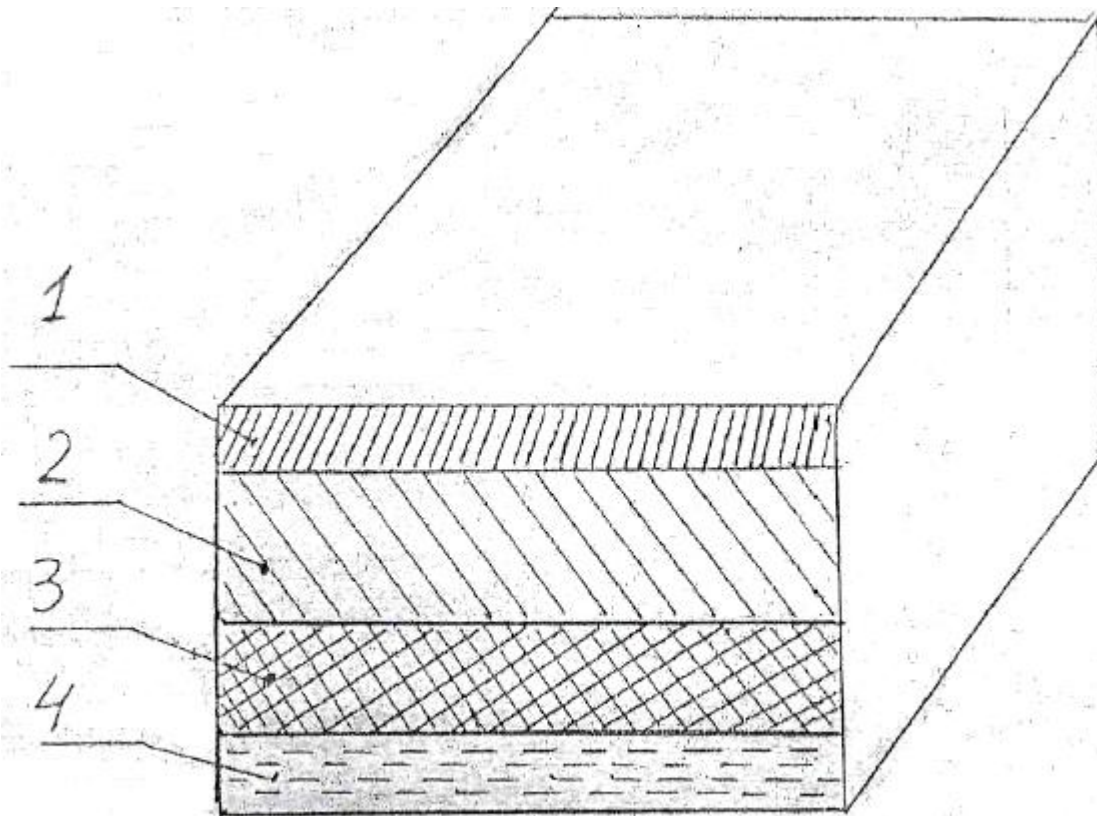
Зразок панелі	Маса, кг	№ пострілу	Наявність пробою	
			панелі	опорної пластини
Корисна модель	7,2	1	відсутній	відсутній
		2	відсутній	відсутній
		3	відсутній	відсутній
Прототип	9,1	1	наявний	наявний
		2	наявний	наявний
		3	наявний	наявний

Дані Таблиці 3 свідчать про те, що на відміну від панелі, прийняту за прототип, конструкція броньованої панелі, що заявляється, виявляє здатність до захисту від ураження боєприпасами калібром 14,5 мм, маючи при цьому меншу масу.

Таким чином, за рахунок застосування багатошарової горячепресованої кераміки на основі карбиду бору з підвищеною бронестійкістю і використанням спіненого високоміцного сплаву алюмінію з більш високою здатністю до поглинання кінетичної енергії кулі, запропонована комбінована композиційна багатошарова броньована панель при меншій на 20 % масі надає більш надійний захист від кулі калібру 14,5 мм. Це дає можливість її використання в галузі озброєння, зокрема у броньових конструкціях для захисту бронетехніки.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Комбінована композиційна броньована панель, що містить чотири шари, а саме перший шар із сталі, другий шар із кераміки, третій шар із спіненого алюмінію, четвертий шар із склополімерного композиту, яка **відрізняється** тим, що другий шар додатково виготовлено із горячепресованого карбиду бору з високою бронестійкістю у вигляді плиток, розміщених одна поряд із іншою та адгезійно закріплених між собою високоміцним полімерним клеєм, а третій шар виготовлено зі спіненого високоміцного алюмінієвого сплаву евтектичного типу, з закритими комірками розміром 1.5-2.0 мм, з низькою щільністю та високою здатністю до поглинання кінетичної енергії.



Фіг. 1