

УДК 623.4:620.22

В.А. Власов,

заступник завідувача лабораторії – начальник відділу
нормативно-технічної документації Державного науково-дослідного
інституту МВС України,

О.В. Нешпор,

к.т.н., директор НТЦ “КМ” при ІПМ НАНУ (Науково-технічний центр
“Композиційні матеріали” при Інституті проблем
матеріалознавства ім. І.М.Францевича Національної академії наук України),

О.В. Мазна,

к.т.н., зав. відділом ІПМ НАНУ (Інститут проблем матеріалознавства
ім. І.М.Францевича Національної академії наук України),

Є.В. Самусь,

завідувач лабораторії сертифікації ручної вогнепальної зброї
та спеціальних засобів самозахисту Державного науково-дослідного
інституту МВС України

ДОДАТКОВИЙ БРОНЕЗАХИСТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНИХ КЕРАМІКО-ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено склад та структуру додаткового бронезахисту транспортних засобів. Показано, що структура комбінованого матеріалу з умістом керамічних, полімерних композитних та металевих шарів є найбільш ефективною для створення перспективних захисних конструкцій. Розроблено конструкції додаткового захисту легкоброньованої техніки (ЛБТ) від ураження зброєю калібрів 12,7 та 14,5 мм з умістом керамічного, волокно-полімерного та металевих шарів. Засвідчено зростання рівня балістичного захисту й підвищення живучості елементів конструкції ЛБТ, зниження ваги більш ніж удвічі порівняно з традиційною металевою бронею, можливість легкого демонтажу й ремонту в польових умовах.

Ключові слова: транспортний засіб, засіб ураження, бронезахист, конструкції додаткового захисту, комбіновані кераміко-полімерні матеріали.

Исследованы состав и структура дополнительной бронезащиты транспортных средств. Показано, что структура комбинированного материала с содержанием керамических, полимерных композитных и металлических слоев является наиболее эффективной для создания перспективных защитных конструкций. Разработаны конструкции дополнительной защиты легкобронированной техники (ЛБТ) от поражения оружием калибров 12,7 и 14,5 мм с содержанием керамического, волокно-полимерного и металлического слоев. Засвидетельствованы рост уровня баллистической защиты и повышения живучести элементов конструкции ЛБТ, снижение веса более чем вдвое по сравнению с традиционной металлической броней, возможность легкого демонтажа и ремонта в полевых условиях.

Ключевые слова: транспортное средство, средство поражения, бронезащита, конструкции дополнительной защиты, комбинированные керамико-полимерные материалы.

The composition and structure of additional vehicle armor were investigated. It is shown that the structure of the combined material with the content of ceramic, polymer composite and metal layers is the most effective for the creation of promising protective structures. Designs have been developed for the additional protection of light-armored vehicles (LBT) against weapons of 12.7 and 14.5 mm caliber with the content of ceramic, fiber-polymer and metal layers. The increase of the level of ballistic protection and increased survivability of elements of the LBT structure, more than doubled weight compared to traditional metal armor, the possibility of easy dismantling and repair in field conditions are stated.

Keywords: *vehicle, means of destruction, body armor, additional protection structures, combined ceramic-polymeric materials.*

Наземні транспортні засоби (БМП та ін.), повітряні й надводні транспортні засоби потребують додаткового броньованого захисту. Традиційна сталева броня забезпечує недостатній рівень захисту від високоенергетичних засобів ураження й суттєво збільшує вагу транспортного засобу, що впливає на швидкість та маневреність.

Комбінована шарувата броня з умістом металевих, керамічних та полімерних композитних шарів з'явилася під час Другої світової війни й надалі набула широкого застосування завдяки меншій питомій вазі порівняно зі сталлю. У наш час широко застосовуються захисні конструкції у вигляді пластин та оболонок, армованих арамідними, скляними волокнами та волокнами з надвисокомолекулярного поліетилену (НВМПЕ), які використовують у поєднанні з металами. Для військового транспорту все ще використовують головним чином металеві матеріали (сталеві, титанові алюмінієві), проте в передових країнах світу проводяться науково-дослідні роботи з метою створення шаруватих композитів, які здатні замінити метали як конструкційні та бронезахисні матеріали і сприяють зниженню ваги бойових машин.

Захисні елементи та конструкції з композиційних матеріалів можуть становити складову основної броні й бути ефективними для захисту від уламків гранат, мін, артилерійських снарядів та вибухових пристроїв. Так, більшість американських легкоброньованих машин оснащено додатковими бронекомплектами, які містять сталеві, алюмінієві та титанові плити, а також керамічні панелі з підпором з композиційних матеріалів [1].

Для захисту від дії бронебійних боєприпасів із осердям із термозміцненої сталі або вольфрамівих сплавів є ефективні броньові конструкції з керамічними шарами. Наприклад, у наш час широко використовують керамічні плити з оксиду алюмінію завтовшки від 20 до 90 мм в поєднанні з полімерними композитами або металами (алюміній, титан, сталь). Такі системи конкурують із металевою бронею, що має проміжні шари, питома вага яких є більшою майже удвічі. Проте збільшення кінетичної енергії засобів ураження зменшує ефективність комбінованих матеріалів із розрахунку на одиницю ваги порівняно з шаруватою металевою бронею із проміжним шаром. Високошвидкісний снаряд викликає ударну хвилю, яка може впливати на цілісність конструкції, особливо в місцях поєднання з керамікою та призводити до зниження ефективності за багаторазових ударів. Тому для збереження цілісності захисного комбінованого матеріалу необхідна розробка конструкції броні, яка забезпечує жорстку фіксацію керамічних елементів

в певному положенні. Також важливою вимогою до бронезахисту транспортних засобів є висока стійкість до низькошвидкісного удару. У цьому разі збереження захисних властивостей броні може забезпечити поверхнева обробка керамічного шару, зазвичай шляхом її інкапсуляції в гуму або метал.

Так, першим броньованим транспортним засобом, що надійшов на озброєння армії США після танка “Абрамс” в 1980-х роках була БМП “Страйкер”. Команда та машинне відділення були захищені від ураження бронебійною кулею, а головну загрозу становили кулі високошвидкісних гвинтівок та ракетних снарядів. БМП “Страйкер” мав можливість використання додаткової броні, що накладалася поверх основної броні, яка складалася з:

1. зовнішнього бронезахисту – модульні бронепанелі, що містять керамічний шар та полімерний композит на основі арамідної тканини;
2. стелі – формованого полімерного композиту на основі арамідної тканини;
3. внутрішнього захисту – формованого склопластику з волокон S2;
4. броньованого ребристого каркасу, що захищає від вибуху гранат;
5. сталеві решітки, що захищає від удару протитанковими ракетними снарядами.

Балістичні випробування такого бронезахисту проводять при поєднанні зовнішнього металевих покриття БМП та броні з композитного матеріалу.

Сучасні колісні транспортні засоби, що слугують для перевезення особового складу, наприклад, машини M1109, M1114, M1116 броньовані не повністю з метою збереження швидкості пересування та мінімізації ваги. Основною загрозою таких транспортних засобів є багаторазові удари високошвидкісними гвинтівковими кулями, протитанковими та протипіхотними мінами. У більшості таких транспортних засобів використовується сталеві броня. Проте в таких машинах як захисні конструкції також використовуються композитні матеріали на основі арамідних, НВМПЕ та скляних волокон.

Бойовий транспортний засіб FCS-T (спільна розробка Великобританії та США) важить 16 т та може доставлятися літаками на поле бою без додаткової підготовки. Корпус такого транспортного засобу зроблений із високоміцних алюмінієвих сплавів і посилений керамікою та волокнистими полімерними композитами. Бойові транспортні засоби FCS-W (UnitedDefenseIndustries Inc) бронюють новим матеріалом, що складається з високоміцного алюмінію, волокнистого композиту та кераміки. Особливостями цих транспортних засобів є:

- використання кераміки на підпорі з волокнистого полімерного композиту;
- збільшення рівня балістичного захисту;
- можливість ремонту в польових умовах;
- зниження ваги більш ніж на 35 % порівняно з традиційною металевією бронєю.

Бойова бронемашина, розроблена DERA (Агентство по розвитку та дослідженню захисту) та Vickers (Великобританія), має корпус зі склопластику, а не з традиційної сталі або алюмінію. Корпус виготовляють зі склопластику на основі Е-волокон та епоксидної смоли виробництва Vosper Thornycroft. У найбільш товстих перерізах корпусу укладалося до 70 шарів склотканини. Корпус такого бойового транспортного засобу важить приблизно 6 тон, а загальна вага машини складає 24 т за максимальної швидкості 75 км/год. Броню бойової машини виготовляють із препрегів на основі скловолокон виробництва фірми Hexcel та епоксидної смоли фірми Ciba. Цей композит підвищує живучість елементів

конструкції машини. Використання композитних матеріалів дає також інші переваги, а саме високу корозійну стійкість за підвищеної вологості та солоної води, зменшення акустичної помітності, термопомітності, помітності в променях радара, спрощення виробництва та обслуговування, зменшення рівня шуму всередині та ззовні транспортного засобу. Крім того, науковці DERA впевнені в можливості подальшого зниження ваги транспортних засобів майбутнього [1].

У разі розробки додаткового бронезахисту авіаційної техніки особливо гостро постає завдання зі зниження ваги захисних конструкцій [1, 2]. Така броня часто являє собою комбінований матеріал з високоміцної кераміки з підпором з органопластика або склопластика і може бути вмонтовану в днище, перебірки або спинки сидінь пілотів. Особливістю авіаційної броні є те, що вона розрахована на меншу щільність вогню та меншу вірогідність багаторазових уражень, що в багатьох випадках дає можливість знизити вагу броні. Кращий комплекс властивостей дає використання кераміки SiC і особливо B_4C , незважаючи на більшу вартість. У цьому випадку комбінована броня може забезпечити захист від ураження бронебійними кулями до калібрів 12,7 та 14,5 мм. Проте важливими для експлуатації техніки є вібростійкість та ударна стійкість броні (для днища літальних апаратів). Важливим також є надійне кріплення бронепанелей і можливість розміщення грузів та пересування, без зниження балістичних властивостей бронеплит. Для зменшення деформації керамічних елементів під навантаженням перспективними можуть бути тонкі і жорсткі матеріали, наприклад, легкі метали або пластики у вигляді зовнішньої захисної оболонки в багатошаровій структурі. До бронезахисних конструкцій також пред'являють вимоги щодо можливості легкого демонтажу при виконанні небойових задач.

Залежно від рівня захисту та зважаючи на обмеження ваги, броня авіаційної техніки зазвичай складається з наступних шарів:

- монолітних пластин органопластика на основі НВМПЕ волокон, які отримують в прес-формі за високого тиску;
- зовнішнього шару кераміки наступної конструкції:
 - монопластин або невеликих пластин з карбіду бору або карбіду кремнію;
 - клейового шару;
 - підпору, сформованого з препрегу на основі арамідної тканини або НВМПЕ волокон.

Усі деталі броні покривають зносостійкою тканиною, яка запобігає розльоту високошвидкісних уламків при балістичному ударі. Такі захисні панелі випробовують як автономну броню шляхом балістичних випробувань. Проте броня для авіаційної техніки проходить також випробування на зносостійкість, стійкість до дії піску, вібростійкість, здатність витримувати екстремальні температури від -50 до $+65^{\circ}C$, кліматичні випробування, озоностійкість, корозійну стійкість до впливу технічних рідин, тощо.

Так, броня гелікоптера “СуперПума”, який був розроблений для миротворчих та військових операцій, призначена для захисту від багаторазових улучень різними гвинтівковими кулями, має керамічний шар з карбіду кремнію або карбіду бору. Розмір плиток зазвичай $100 \times 100 \times 4$ або $100 \times 100 \times 6$ мм. Підпор виготовлений з препрегів НВМПЕ або арамідної тканини на основі фенольного зв'язуючого. При поверхневій питомій вазі броні 32 кг/м^2 повна вага підлоги кабіни дорівнює 42 кг , а підлоги салону – 155 кг .

Літак "Геркулес С130", який є основним транспортним засобом ВПС США, використовують як бойову машину, танкер, санітарний літак, при пожежогасінні тощо. Броня літака здатна витримувати багаторазові удари високошвидкісних гвинтівкових куль. У літаку С130 використовують полегшену броню з керамічним облицюванням. Різні компанії США та Великобританії виробляють броньовані сидіння та бронепанелі. Підлога С130 захищена бронею з керамічним шаром для захисту персоналу від пострілів із землі. Комплекти броні включають захист кабіни, сидіння пілотів, салону, корпусу радара, судин з рідким киснем та дверей для викидання парашутистів. Бронепанелі виготовляють наступним чином. Великі панелі з органічного пластику формують в автоклаві з подальшим розрізанням на деталі. На них формують керамічні плитки з карбіду кремнію або карбіду бору розміром 100х100х4 мм та 100х100х6мм. Підпор виготовляють з НВМПЕ або арамідної тканини на основі фенольної смоли. Комплекти броні є модульними, мають можливість заміни у випадку пошкодження. Кріплення бронепанелей розроблено таким чином, щоб запобігти ураженню в місцях з'єднання. Це досягається з'єднанням броні з перекриттям та кріпленням панелей болтами до металевої конструкції.

Для створення корабельної броні важливою задачею також є зниження ваги. Для захисних конструкцій кращим матеріалом залишається НВМПЕ, який формується при високому тиску, оскільки він не тільки легкий, але і вологостійкий (на відміну від чутливих до вологи арамідних волокон). Для захисту від бронебійних куль та снарядів переважне співвідношення експлуатаційних характеристик та собівартості досягається використанням кераміки. В такому випадку можливо забезпечити захист від ураження бронебійними кулями калібрів 12,7 та 14,5 мм. Слід зважати на розподілення бронеплит на корпусі корабля для збереження плавучості.

Для захисту від уламків і боєприпасів з недостатньо високою кінетичною енергією можливо використовувати захисні конструкції на основі гнучких шаруватих композитів. Полімерні композитивні матеріали, які використовують для захисту транспортних засобів зазвичай мають терморезистивні матриці з середньою конструкційною міцністю та жорсткістю. У випадку тканинних матеріалів підвищення балістичної ефективності можливо досягти, відмовившись від використання полімерних матриць. Так, для захисту транспортних засобів та особового складу використовують завіси (ковдри). Такі завіси кріплять на переборки літаків та укладають на днище та спинки сидіння наземних транспортних засобів. Така броня легко встановлюється та демонтується. Проте враховуючи вібрації та умови експлуатації, важливого значення набуває стійкість такої броні до зносу і дії навколишнього середовища. Такі завіси виготовляють з арамідних волокон (кевлар, тварон, тощо), проте при цьому особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню водонепроникності, щоб запобігти зниженню захисних властивостей. Скляні волокна недостатньо зносостійкі, а використання тканин з НВМПЕ може бути обмежено внаслідок низького кисневого індексу (легкозаймисті) та термостійкості поліетилену.

Таким чином, традиційно основною складовою броньових захисних перешкод були металеві (сталеві, титанові, алюмінієві) матеріали. Проте використання металевих жорстких елементів не забезпечує ефективного захисту, особливо проти дії бронебійних засобів ураження з високою кінетичною енергією (вище за 3,0 кДж). Необхідний рівень захисту названими перешкодами забезпечується не лише за

рахунок високих фізико-механічних характеристик броньових сплавів, але і за рахунок збільшення товщини таких елементів, що обмежує використання захисних конструкцій на їх основі за критерієм ваги для ряду застосувань, як в засобах індивідуального захисту, так і бронезахисту транспортних засобів особливо в авіації). Тому останніми роками дедалі більшого розвитку набуває легка броньова кераміка і комбіновані матеріали з вмістом шарів кераміки та полімерних композитів.

Броньова кераміка – це група матеріалів, що перешкоджає проникненню засобів ураження (кулі, уламки снарядів), які мають високу кінетичну енергію, завдяки її дисипації в результаті крихкого руйнування, фрагментування і руху уламків керамічної перешкоди, а також деформування і руйнування засобів ураження [3].

Як ударостійку кераміку використовують, головним чином, карбід кремнію, карбід бору, оксид алюмінію, а також нітрид кремнію, диборид титану [4, 5]. З цих матеріалів достатньо високими властивостями при найменшій вазі відрізняється карбід бору B_4C . Відомо, що вироби з карбіду бору виготовляють гарячим пресуванням у високоміцній графітовій оснастці при температурах вище за $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]. Тому при використанні B_4C як керамічний шар в кераміко-полімерних композитах слід зважати на високу вартість виробів, а також дефіцитність вихідної сировини у зв'язку із відсутністю її в Україні. Незважаючи на це, розробка нових технологій виготовлення виробів з карбіду бору триває.

Відносно низька вартість діоксиду алюмінію та можливість виготовлення з нього виробів різної форми дозволяє використовувати кераміку з Al_2O_3 в складі броньових виробів в засобах індивідуального та колективного захисту. Кераміка з Al_2O_3 використовується для захисту як від куль малого калібру (5,56 мм), так і великокаліберних снарядів (35–105 мм). Її випускають у вигляді виробів різної форми, які отримують методом пресування та спікання. Розробка та виробництво алюмооксидної кераміки з високим вмістом Al_2O_3 (98–99 мас.%) проводиться в різних країнах світу. Так, компанія CeramicProtectionCorporation (Канада) виготовляє захисні алюмооксидні керамічні плити розміром від 50x50 мм до 150x200 мм і завтовшки до 20 мм шляхом приготування шлікера, отримання прес-порошку, пресування плит та їх випалу за відносно низької температури $1540\text{ }^{\circ}\text{C}$. Керамічні елементи з цього матеріалу мають високу геометричну точність без використання механічної обробки, високі показники балістичної стійкості та відносно малу вартість [7]. Зауважимо, що висока питома вага Al_2O_3 , а також відсутність родовищ бокситів в Україні, які є сировиною для виготовлення алюмооксидної кераміки, – суттєвий фактор, що стримує в нашій країні виготовлення і застосування кераміки з Al_2O_3 в якості ударостійких захисних елементів.

Відомості про використання кераміки на основі Si_3N_4 в якості елементів ударостійких захисних матеріалів практично відсутні. Це пов'язано з її високою вартістю, яка перевищує вартість гарячепресованого B_4C [8].

За показниками вартості, можливістю використання сировини вітчизняного виробництва, питомою вагою та високими захисними властивостями найбільш прийнятною для України є кераміка з карбіду кремнію. Проте необхідність використання для цієї кераміки технології гарячого пресування у високощільному графітовому оснащенні суттєво обмежує можливості формування великогабаритних пластин і виробів складної форми із карбіду кремнію. Технічна складність та

висока вартість названих процесів призвели до розробки методу активованого спікання карбіду кремнію [9]. Найбільш широке застосування серед методів ущільнення карбідокремнієвих матеріалів разом з методом шлікерного лиття заготовок, який є дуже ефективним для великогабаритних виробів, знайшов метод реакційного спікання карбіду кремнію [10]. Цей метод, що виявився більш технологічним та продуктивним, ніж гаряче пресування, отримав широке застосування в технології карбідокремнієвої кераміки. Саме реакційним спіканням здійснюється промислове виготовлення виробів на основі SiC. Вартість таких виробів в 2–3 рази менша від вартості виробів з карбіду бору, крім того, важливим є те, що сировина (порошки карбіду кремнію) виробляються в Україні на Запорізькому абразивному комбінаті.

Суттєво спростити та зменшити собівартість виробів, а також підвищити продуктивність процесу виробництва і властивості карбідокремнієвої кераміки можливо шляхом застосування саме методу реакційного спікання. Цей метод, зокрема, для виготовлення броньової кераміки був розроблений в Інституті проблем матеріалознавства НАН України.

Таким чином, оскільки метою роботи є розробка комбінованих кераміко-полімерних матеріалів, для подальшої роботи в якості керамічної складової комбінованого матеріалу доцільним було використання карбіду кремнію, виготовленого методом реакційного спікання. Технологія реакційного спікання дозволяє отримання структури, яка сприяє якнайкращій реалізації механізмів дисипації кінетичної енергії бронебійних куль за рахунок дрібнодисперсної фрагментації кераміки і трансформації кінетичної енергії куль в поверхневу енергію фрагментів кераміки, що руйнується.

У цій роботі з метою отримання необхідного рівня балістичної стійкості кераміки технологія реакційного спікання карбіду кремнію була оптимізована з метою отримання вмісту фази вільного кремнію 10–15 % і для отримання кераміки рекомендованого складу з густиною 3,1 г/см³. Були виготовлені керамічні пластини 50х50 мм завтовшки 12 мм для захисту від кулі калібру 7,62, керамічні пластини 100х100 мм завтовшки 15 мм – калібру 12,7 мм, 20 мм – калібру 14,5 мм.

Враховуючи процеси дисипації енергії кулі в комбінованих захисних матеріалах із керамічних та композитних шарів і особливості руйнування карбідокремнієвих матеріалів під дією динамічних ударних навантажень (характер механізму утворення та поширення тріщин), було розроблено конструкцію комбінованого кераміко-полімерного з мозаїчним керамічним шаром [11, 12]. Оцінюючи характер руйнування кераміко-полімерних матеріалів під дією куль (рисунок 1), слід відзначити, що на всіх полімерних підпорах з боку їх контактних поверхонь з керамічною пластиною були зафіксовані сліди дії зруйнованої кераміки у вигляді плям розміром, що дорівнює 4–6 діаметрам калібрів кулі. При цьому зона тотального руйнування керамічних пластин сягає зони розміром до 5–7 калібрів засобу ураження, що використовується. Результати балістичних випробувань модельних панелей свідчать про те, що влучення кулі в непошкоджену ділянку пластини балістичної стійкості матеріалу не знижує. Проте у випадку декількох влучень можливе некероване фрагментування керамічного шару магістральними тріщинами на ділянки, розміри яких менші від 4 калібру. У цих випадках має місце більш інтенсивне поле руйнування. При повторному влученні саме в такі ділянки вірогідність пробою дуже висока. Хоча і відомі випадки, коли цільні

(немозаїчні) пластини, що мають великі габарити, витримували неодноразові кульові удари, проте для цільних пластин гарантій стійкості, окрім як для першого та, з більш-меншою вірогідністю, для другого удару, на наш погляд, дати неможливо [13, 14].

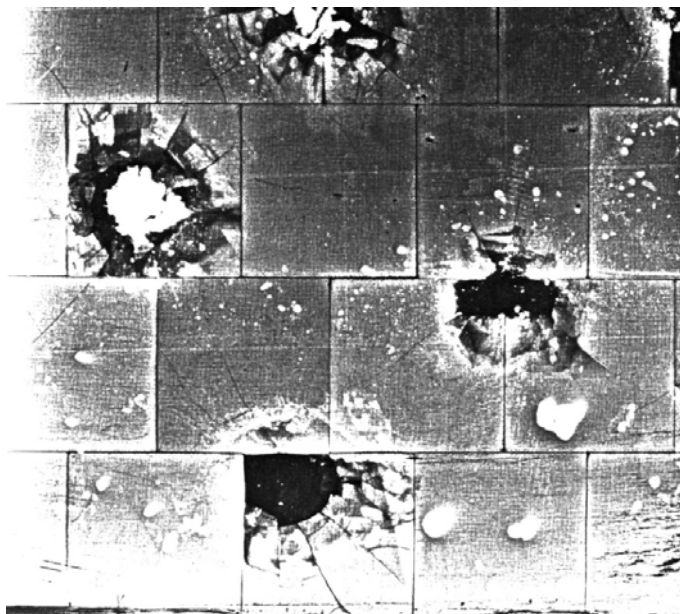


Рис. 1. Характер руйнування кераміко-полімерного шару

Результати балістичних випробувань модельних блоків у вигляді дослідних панелей показали, що за мозаїчної схеми мета кожної одиничної керамічної пластини слугує перешкодою для розповсюдження магістральної тріщини. Таким чином, керамічний шар кераміко-полімерного блоку доцільно поділяти на ділянки, розміри яких більші за критичні. Відомо, що для куль стрілецької зброї (автомат, ручний кулемет) еліпс розсіювання складає близько 50 мм. Зважаючи на це, на модельних блоках був визначений базовий розмір типової одиничної керамічної пластини – 50х50 мм. У зразках модельних блоків також було запропоновано укладати пластини за схемою укладання цегли в будівництві з метою уникнення 4-точкових стиків.

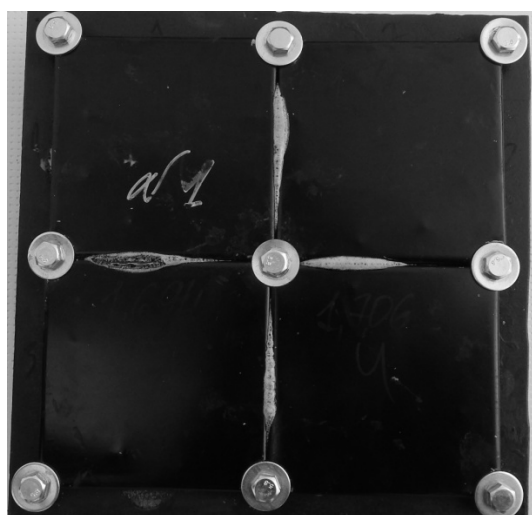
Для проведення балістичних випробувань за стандартними методиками розроблених комбінованих захисних матеріалів 6 класу захисту застосовували балістичний ствол калібру 7,62 мм.

Результати випробувань модельних блоків свідчать про те, що влучення кулі в непошкоджену ділянку пластини не знижує її загальної захисної стійкості, а саме мозаїчна схема розміщення керамічних пластин дає можливість уникнути некерованого фрагментування її магістральними тріщинами на ділянки, розміри яких менші за критичні у випадку декількох влучень у пластину.

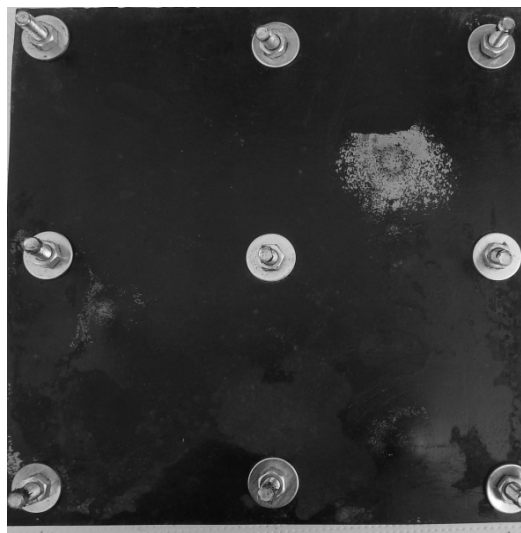
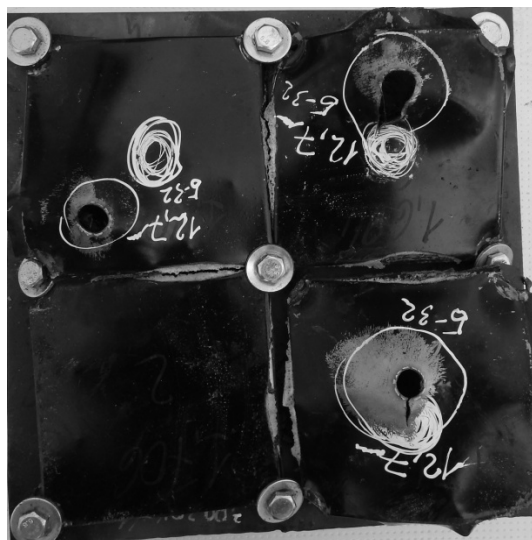
Для конструкцій додаткового захисту ЛБТ від ураження зброєю калібру 12,7 мм були виготовлені зразки комбінованих матеріалів із умістом керамічного, волокнуво-полімерного та металевих шарів, в яких товщина керамічного шару з реакційно-спеченого карбїду кремнію складала 15 мм, як підпори були використані

склопластики з поліуретановою матрицею (3 шари, вміст зв'язуючого 20%) та листову сталь 30ХГСА товщиною 6 мм (рис. 2).

Для проведення балістичних випробувань за стандартними методиками розроблених комбінованих матеріалів застосовували балістичні стволи калібрів 12,7 мм та 14,5 мм. Контроль пробою захисної плити та визначення глибини позаперешкодної деформації у разі відсутності пробою проводилася після кожного влучення.



а



б

а – фронтальна і тильна сторони захисної плити до випробувань;
б – фронтальна і тильна сторони захисної плити після випробувань

Рис. 2. Комбінована захисна плита з вмістом керамічного, волокново-полімерного та металевих шарів для захисту від ураження кулями 12,7 мм

Для конструкцій додаткового захисту ЛБТ від ураження зброєю калібру 14,5 мм були виготовлені аналогічні зразки комбінованих матеріалів з вмістом

керамічного, волокнуно-полімерного та металевго шарів, в яких товщина керамічного шару з реакційно-спеченого карбїду кремнїю складала 20 мм, як підпори були використанї склопластики з поліуретановою матрицею (3 шари, вміст зв'язуючого 20 %) та листова сталь 30ХГСА завтовшки 8 мм.

Результати проведених балістичних випробувань показали, що розроблені комбіновані захисні матеріали з вмістом керамічних, волокнуно-полімерних та металевих шарів можуть бути використані в якості додаткового захисту ЛБТ від дії куль калібру 12,7 та 14,5 мм.

Розроблені комбіновані захисні плити з вмістом керамічного, волокнуно-полімерного та металевго шарів для захисту від ураження кулями калїбрів 12,7 мм та 14,5 мм мають ряд переваг:

- збільшення рівня балістичного захисту і підвищення живучості елементів конструкції ЛБТ;
- зниження ваги більш ніж 2,5 рази порівняно з традиційною металевгою бронею;
- можливість легкого демонтажу і ремонту в польових умовах, завдяки кріпленням захисних елементів болтами до металевгої конструкції ЛБТ.

Для визначення можливого впливу пошкодження металевих елементів конструкції ЛБТ і заміни захисних плит з умістом керамічного, волокнуно-полімерного та металевго шарів після ураження була проведена заміна пошкоджених захисних елементів і проведені повторні балістичні випробування (рис. 3).

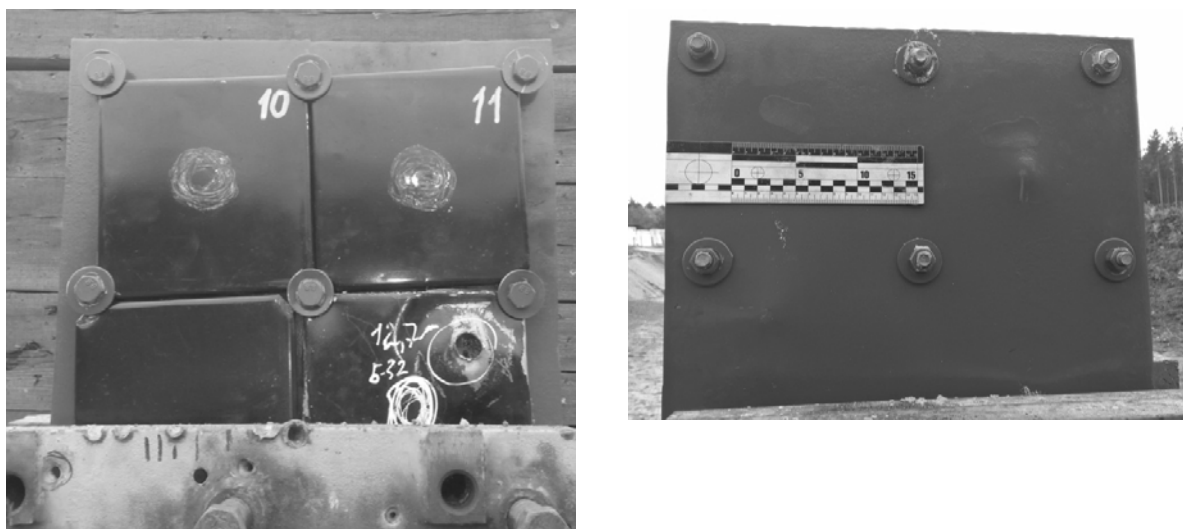


Рис. 3. Комбінована захисна плита з умістом керамічного, волокнуно-полімерного та металевго шарів для захисту від ураження кулями 12,7 мм

Таким чином, розроблені комбіновані захисні конструкції з кераміко-полімерними захисними елементами у вигляді мініблоків дозволяють вирішувати різні проблеми, наприклад, забезпечувати захист від багаторазових улучень, зменшити кількість деталей додаткової броні, подовжити термін служби транспортного засобу та ін.

Висновки

Розроблені комбіновані захисні блоки мозаїчної конструкції з умістом керамічних, волокнуно-полімерних та металевих шарів, що є ефективними щодо дії високоенергетичних ударників калібрів 7,62, 12,7 та 14, 5 мм і можуть бути використані для додаткового захисту ЛБТ.

Показано збільшення рівня балістичного захисту й підвищення живучості елементів конструкції ЛБТ, зниження ваги більш ніж удвічі порівняно із традиційною металевою бронею, можливість легкого демонтажу й ремонту в польових умовах, завдяки кріпленню захисних елементів за допомогою болтів до металевої конструкції ЛБТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Легкие баллистические материалы / под ред. А. Бхатнагара. М.: Техносфера. 392 с.
2. Вишняков Л.Р., Мазна О.В., Нешпор О.В. Композиційні дискретно-армовані кераміко-полімерні матеріали для захисту конструкції та екіпажу авіаційної техніки. Збірка тез десятої Міжнародної науково-практичної конференції “Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси” (ІПРТК), 16–17 травня 2017, м. Київ. С. 46–48.
3. Вишняков Л.Р., Мазна О.В., Нешпор В.О. та ін. Вплив конструктивно-технологічних факторів на ефективність бронеелементів на основі кераміки. Проблеми прочності. 2004. № 5–6. С. 128–135.
4. Неорганическое материаловедение: энциклопед. изд.: в 2 т. / под ред. В.В. Скорохода, Г.Г. Гнесина. Киев: Наук. думка, 2008. Т. 1. 1152 с.
5. Григорян В.А., Кобылкин И.Ф., Маринин В.М. и др. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования. М.: Изд. РадиоСофт. 2008. 406 с.
6. Скороход В.В. Порошковые материалы на основе тугоплавких соединений. К.: Техніка, 1982. 167 с.
7. Medvedovski E. Development and commercialization of technology for high-alumina armor ceramic tiles for ballistic protection. American Ceram. Sociology. 2001. P. 254–255.
8. Келина И.Ю., Добринский Ю.И. Эффективность применения нитридокремиевой керамики в качестве бронезащитного материала. Огнеупоры и техническая керамика. 1997. № 6. С. 9–11.
9. Орданьян С.С., Арцутанов Н.Ю., Чупов В.Д. Активирование спекания на основе SiC и ее механические свойства. Огнеупоры и техническая керамика. 2000. № 11. С. 8–11.
10. Вишняков Л.Р., Мазная А.В., Нешпор А.В. Керамико-полимерные броневые композиты на основе карбида кремния с повышенной диссипативной способностью Сборник материалов конференции “Современные методы и технологии создания и обработки материалов”. Минск, 19–21 травня. Книга 3 (пленарные доклады). 2012. С. 290–296.
11. Вишняков Л.Р., Нешпор О.В., Олексюк О.М., Мазна О.В., Коханий В.О. Пат. 72152 Україна, МПК F41H1/02, F41H5/04 Броньова панель. Опубл. 25.03.08. Бюл. № 3.
12. Вишняков Л.Р., Мазна О.В., Нешпор О.В., Чижаньков Є.Ю. Патент України № 108668 МПК F41 H1/02, F41 H5/04 Броньова панель опубл. 25.05.2015 Бюл. № 10.
13. Нешпор А.В., Вишняков Л.Р., Мазная А.В. Ударопрочные слоистые материалы на основе керамических и полимерных композиционных слоев. Технологические системы. 2009. № 4. С. 34–39.
14. Вишняков Л.Р., Мазная А.В., Нешпор А.В., Бровко А.А., Яценко Л.Н. Защитные свойства керамико-полимерных преград с разными видами матриц для подпора. Сборник трудов 5-й Международная конференция HighMatTech. Киев, 5–8 октября 2015. С. 8.

Отримано 18.04.2018

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.