

Даний винахід стосується елементів для створення захисної реактивної броні, яку прилаштовують на зовнішню сторону корпусу, який піддається бомбардуванню бойовими частинами з кумулятивними зарядами та іншим загрозам, наприклад, з боку снарядів та фрагментів, що мають кінетичну енергію, з метою підвищення стійкості корпусу та його вмісту. Винахід також стосується невибухового енергетичного матеріалу, який застосовують для таких елементів реактивної броні.

Прикладами корпусів, які можуть бути захищені елементом реактивної броні, виконаної з елементів згідно з винаходом, є наземні засоби пересування, такі як танки, броньовані особисті транспортні засоби, броньовані бойові машини, гелікоптери, броньовані самохідні гармати; броньовані статичні структури, такі як будинки, наземні частини бункерів, цистерн для зберігання пального та хімікатів, і т. ін.

Бойові частини з кумулятивним спорядженням призначаються для пробивання броні, а отже, руйнування захищеного об'єкта та його вмісту. Така здатність кумулятивного заряду є результатом того, що після детонації утворюється високоенергетичний струмінь, також відомий як "шип", який просувається з високою швидкістю у кілька тисяч метрів за секунду, а отже, є здатним пробивати навіть відносно товсті броньовані стіни.

За останні роки було розроблено кілька пристосовань, які забезпечують захист від проникнення вибухового кумулятивного заряду, у яких структура має принаймні один елемент реактивної броні, причому елемент реактивної броні включає певну кількість шарів, включаючи один або кілька листових шарів та принаймні один шар вибухового або будь-якого іншого енергетичного матеріалу (енергетичний матеріал - матеріал, який вивільнює енергію під час активації/збудження), який щільно прилягає до принаймні одного з листових шарів. Листові шари складаються, наприклад, з металу або композиційного матеріалу.

Основний елемент реактивної броні включає дві металеві пластини, перекладені шаром енергетичного матеріалу. В основі таких елементів реактивної броні згідно з існуючим рівнем техніки лежать ефекти витрати маси та енергії рухомих пластин, і їх функціонування зумовлюється існуванням гострого кута між струменем кумулятивного заряду, що наближається, та самою бронею.

Взагалі, елемент реактивної броні є багатшаровим об'єктом, у якому кожен шар щільно прилягає до кожного суміжного шару, причому багатшаровий об'єкт включає зовнішню покривну пластину, принаймні один шар енергетичного матеріалу, принаймні один проміжний інертний об'єкт, розташований поруч з кожним із принаймні одного шару енергетичного матеріалу. Після активації/збудження енергетичного матеріалу (наприклад, після удару бойовою частиною з кумулятивним зарядом) струмінь збуджує броню, в якій відбувається вивільнення великої кількості енергії таким чином, щоб протягом мікросекунд вивільнені гази прискорювали металеві пластини і зміщували їх у напрямку одна від одної, таким чином, руйнуючи/знищуючи струмінь, а отже, змушуючи його втрачати енергію, необхідну для проникнення у захищений корпус.

Хоча ефективність та стійкість броні є важливими, загальна функціональність броні визначається шляхом порівняння її ефективності з її стійкістю. Одним з критеріїв броні, який має велике значення, є співвідношення маси на одиницю площі елемента броні. Іншим важливим критерієм є чутливість енергетичного матеріалу. Хоча чутливість може становити перевагу для поліпшення ефективності броні, вона може знизити стійкість броні і може створити проблему з дотриманням різних вимог щодо транспортування.

Відомо чотири основні групи проміжних матеріалів для броні, які описуються нижче у порядку їх енергетичних характеристик:

#### A. Вибухова реактивна броня (ERA):

Вибухова реактивна броня є найбільш ефективною технологією для знищення кумулятивних зарядів, кінетичних снарядів, дрібних боєприпасів, шрапнелі і т. ін. Передовими концепціями ERA вважаються технологія leap-ahead проти виникаючої бронебійної загрози. Основна проблема застосування ERA для наземних бойових машин є застосування вибухового матеріалу як проміжного шару тришарового елемента, що знижує стійкість броні.

#### B. Самообмежувальна вибухова реактивна броня (SLERA):

Самообмежувальна ERA забезпечує прийнятну ефективність, значно кращу, ніж NERA (див. нижче), хоча й гіршу, ніж ERA, з меншим впливом на структуру засобу пересування, порівняно з ERA. Шар енергетичного матеріалу у SLERA потенційно може бути класифікований як пасивний матеріал (специфікація NATO). SLERA може забезпечувати добру стійкість до багаторазових влучань у модульній конструкції. Таким чином, хоча енергетичний матеріал, який застосовують у SLERA, є не таким ефективним, як повністю вибухові речовини, що піддаються детонації, цей тип реактивної броні може забезпечувати більш практичну можливість, ніж ERA, завдяки його стійкості.

#### C. Невибухова реактивна броня (NxRA):

Невибухова реактивна броня забезпечує ефективність, порівнювану з SLERA, стійкість, порівнювану з NERA (див. нижче) та відмінну стійкість до багаторазових влучань проти бойових частин з кумулятивним зарядом. Переваги NxRA над іншими технологіями реактивної броні полягають у тому, що вона є повністю пасивною і має значно кращу ефективність, ніж NERA. Енергетичні матеріали для NxRA описано, наприклад, у патентах DE 3132008C1 та US 4,881,448.

#### D. Неенергетична реактивна броня (NERA):

Неенергетична реактивна броня має обмежену ефективність проти кумулятивних зарядів. Перевага NERA полягає в тому, що вона є повністю пасивною, а отже, забезпечує відмінну стійкість та максимальну стійкість до багаторазових влучань порівняно з NxRA.

Метою даного винаходу є забезпечення невибухового енергетичного матеріалу, придатного для NxRA, який не містить вибухового матеріалу і виконує свою захисну функцію (висока ефективність і висока стійкість броні), і при цьому невибуховий енергетичний матеріал знижує потреби у транспортуванні та матеріально-технічному забезпеченні згідно з різними стандартами, наприклад, правилами ООН, які містяться у Рекомендаціях з перевезення небезпечних товарів.

Ще однією метою даного винаходу є забезпечення елемента броні для такого енергетичного матеріалу, причому броня має ефективність, порівнювану з SLERA, та стійкість, порівнювану з NERA.

Вищезгадані та інші цілі досягаються через застосування невибухового енергетичного матеріалу, який є газогенератором і включає окиснювачі та паливе, причому в результаті збудження матеріалу струменем кумулятивного заряду утворюється велика кількість газу, що прискорює/викидає пластини реактивної броні. Однак, це вимагає, щоб газ вивільнявся швидко, тобто не більше, ніж за кілька мксек (мікросекунд), таким чином,

забезпечуючи руйнування/знищення струменя і мінімізуючи проникнення у захищене середовище.

Таким чином, в одному аспекті даного винаходу забезпечується елемент реактивної броні для захисту від різних типів небезпеки, включаючи обшивку, оснащену зовнішньою покривною пластиною, та принаймні один тришаровий елемент, який виступає за межі пластини; вищезгаданий тришаровий елемент включає принаймні одну пару практично плоских пластин з енергетичним матеріалом між ними, причому вищезгаданий енергетичний матеріал є невибуховим матеріалом, який включає окиснювач та палильний агент, які разом з придатним каталітичним матеріалом та зв'язувальною речовиною в результаті забезпечують невибуховий енергетичний матеріал і складають газогенератор.

В одному варіанті втілення окиснювач є окиснювачем, вибраним з-поміж нітрату, нітриту, хромату, дихромату, перхлорату, хлорату або їх комбінації. В оптимальному варіанті окиснювачем є нітрат, у найкращому варіанті - нітрат натрію ( $\text{NaNO}_3$ ).

В іншому варіанті втілення каталітичний матеріал є оксидом перехідного металу, вибраного з-поміж оксидів періоду 4 (періодичної таблиці елементів), таких як оксиди заліза, оксиди марганцю, оксиди цинку, оксиди кобальту та інші, або їх комбінацій. В оптимальному варіанті каталітичним матеріалом є оксид заліза, у найкращому варіанті  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

У ще одному варіанті втілення даного винаходу енергетичний матеріал включає зв'язувальну речовину, яка служить як палине. В одному випадку вищезгадана зв'язувальна речовина є кремнієвою зв'язувальною речовиною. Енергетичний матеріал може включати порожні мікросферичні газоконтейнери для прискорення швидкості його реакції. В оптимальному варіанті кожен із вищезгаданих мікросферичних газоконтейнерів має діаметр приблизно 40 мкм. Такі мікросферичні газоконтейнери можуть бути виконані з матеріалу, вибраного з групи матеріалів, яка включає, крім іншого, скло, пластмасу, металеві та керамічні матеріали.

У ще одному варіанті втілення енергетичний матеріал має форму гнучкого і м'якого листа матеріалу. В оптимальному варіанті від є матеріалом, що не належить до класу 1 (невибуховим матеріалом) і має рівномірну товщину та густину.

Пластини в оптимальному варіанті виконують з інертного матеріалу, такого як метал або кераміка, або композиційний матеріал.

В іншому конкретному варіанті втілення елемент реактивної броні, який може належати або не належати до броні навісного типу, включає багато тришарових елементів, розташованих у межах обшивки. Покривна пластина обшивки являє собою передню пластину принаймні одного тришарового елемента.

У ще одному з аспектів даний винахід забезпечує тришаровий елемент для реактивної броні, який включає принаймні одну пару практично плоских пластин з невибуховим енергетичним матеріалом розташованим між вищезгаданими принаймні двома пластинами, причому вищезгаданий енергетичний матеріал є невибуховим матеріалом, який включає окиснювач та палильний агент, які разом з каталітичним матеріалом та зв'язувальною речовиною в результаті забезпечують невибуховий енергетичний матеріал, який складає газогенератор.

У ще одному аспекті винахід забезпечує енергетичний матеріал для реактивної броні, який характеризується тим, що вищезгаданий матеріал є невибуховим енергетичним матеріалом, який включає окиснювач та палильний агент, які разом з каталітичним матеріалом та зв'язувальною речовиною в результаті забезпечують невибуховий енергетичний матеріал, який складає газогенератор.

У ще одному аспекті пропонується спосіб захисту корпусу від різних типів небезпеки, який включає етап:

оснащення корпусу з зовнішньої сторони елементом реактивної броні, який включає обшивку, оснащену зовнішньою покривною пластиною, та принаймні один тришаровий елемент, який виступає за межі пластини; вищезгаданий тришаровий елемент включає принаймні одну пару практично плоских пластин з енергетичним матеріалом, розташованим між цими вищезгаданими принаймні двома пластинами, вищезгаданий енергетичний матеріал є невибуховим матеріалом, який включає окиснювач та палильний агент, які разом з придатним каталітичним матеріалом та зв'язувальною речовиною в результаті забезпечують невибуховий енергетичний матеріал і складають газогенератор.

Для здійснення даного винаходу вибирають групу окиснювачів та групу палильних речовин, які разом з придатним(и) каталізатором(ами) та зв'язувальною(ими) речовиною(ами) в результаті забезпечують невибуховий енергетичний матеріал, що складає газогенератор.

Вжитий авторами термін "окиснювач" або будь-який його варіант стосується хімічного агента, який має здатність до підвищення вмісту кисню у сполуці або агенті, або їх комбінаціях, які підлягають окисненню. Згідно з одним конкретним варіантом втілення, невибуховий енергетичний матеріал включає окиснювач, вибраний, крім іншого, з-поміж нітратів, нітритів, хроматів, дихроматів, перхлоратів, хлоратів і т. ін., та палильну речовину з будь-якого типу матеріалу, що містить вуглець, і придатну зв'язувальну речовину, яка також може служити палильним. Згідно з одним конкретним варіантом втілення, невибуховий енергетичний матеріал включає нітрат натрію ( $\text{NaNO}_3$ ) як окиснювач та кремнієву зв'язувальну речовину як палине. Можна також комбінувати різні типи окиснювачів та палильного для поліпшення характеристик енергетичного матеріалу в елементі реактивної броні.

Прикладом каталітичного матеріалу, придатного для застосування з невибуховим енергетичним матеріалом згідно з даним винаходом, є оксид перехідного металу, а саме, оксиди металів періоду 4 (періодичної таблиці елементів), які зазвичай застосовують як каталізатор в енергетичних матеріалах на основі комбінацій окиснювачів та палильних речовин. Такий каталітичний матеріал вибирають, наприклад, з-поміж оксидів заліза, оксидів марганцю, оксидів цинку, оксидів кобальту та інших металів, або їх комбінацій. В оптимальному варіанті каталітичним матеріалом є оксид заліза, у найкращому варіанті -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Для підвищення швидкості реакції невибухового енергетичного матеріалу до композиції додають мікросферичні газоконтейнери (тобто порожні сферичні елементи). Було визнано, що мікросферичні газоконтейнери підвищують швидкість реакції після удару броні струменем кумулятивного заряду.

Відповідно, така композиція може розглядатись як невибуховий матеріал, тобто, матеріал, що не належить до класу 1, згідно з визначеннями Правил ООН та Міністерства транспорту США (DOT).

Невибуховий енергетичний матеріал згідно з даним винаходом може бути гнучким листом матеріалу, бути м'яким і легко піддаватися різанню, просвердлюванню і т. ін., причому він може бути зручно застосований між несучими пластинами елемента броні. Згідно з одним конкретним варіантом втілення, матеріал є подібним до гуми і легко піддається складанню.

Згідно з даним винаходом, пропонується елемент  $\text{NxRA}$  з невибуховим енергетичним матеріалом

вищезгаданого типу для захисту від бойових частин з кумулятивним зарядом, а також від дрібних боєприпасів, шрапнелі, фрагментів та різних типів кінетичних снарядів, наприклад, бронебійних оперених снарядів з відокремлюваними ведучими частинами (APFSDS).

Елемент NxRA включає модуль, оснащений зовнішньою покривною пластиною та принаймні одним тришаровим елементом у модулі. Вищезгаданий тришаровий елемент включає принаймні одну пару практично плоских інертних пластин з невибуховим енергетичним матеріалом між ними, як було описано вище.

Згідно з деякими варіантами втілення, має бути кілька пар інертних пластин, наприклад, виконаних з металів (таких як сталь, алюміній та титан), кераміки, композиційних матеріалів та інших, між якими розташовується невибуховий енергетичний матеріал. Крім того, покривна пластина обшивки реактивної броні може являти собою передню пластину (або верхню/нижню пластину) принаймні одного тришарового елемента.

Реактивна броня згідно з даним винаходом може мати будь-яку форму та розмір, відомі спеціалістам у даній галузі і придатні для застосування у різних корпусах, і можуть мати різні конфігурації.

Реактивний елемент згідно з винаходом (NxRA) є ефективним від кумулятивних бойових частин, наприклад, RPG7, а також від різних типів кінетичних снарядів, наприклад, APFSDS, дрібних боєприпасів (наприклад, 14,5 мм), шрапнелі та фрагментів. Елемент NxRA згідно з даним винаходом забезпечує ефективність, порівнювану з SLERA як обговорювалося вище, а також стійкість, порівнювану з NERA. Елемент NxRA має перевагу над іншими технологіями реактивної броні, оскільки він є повністю пасивним, як NERA, і забезпечує поліпшену стійкість для захищеного корпусу, для сусідніх реактивних елементів, а також забезпечує відмінну стійкість до багаторазових влучань кумулятивних бойових частин, дрібних боєприпасів та кінетичних снарядів і виключає пошкодження осколками.

Згідно з даним винаходом пропонується невибуховий енергетичний матеріал, який є газогенератором, що включає окиснювачі та пальні речовини, і, таким чином, збудження матеріалу після удару струменя кумулятивного заряду в результаті веде до утворення великої кількості газу, який прискорює/випинає пластини реактивної броні. Однак це вимагає швидкого вивільнення газу, тобто не більш, ніж за кілька мксек (мікросекунд), таким чином, забезпечуючи руйнування/знищення струменя і мінімізуючи проникнення у захищене середовище.

Для цього вибирають групу окиснювачів та групу пальних речовин, які разом з придатним(и) каталізатором(ами) та зв'язувальною(ими) речовиною(ами) в результаті забезпечують невибуховий енергетичний матеріал, який складає газогенератор.

Згідно з одним конкретним варіантом втілення невибуховий енергетичний матеріал включає окиснювач, вибраний з групи, до якої, крім інших, належать нітрати (солі або естери азотної кислоти), нітрити (сполуки, які містять нітритні радикали, вищезгадані сполуки є або органічними, або неорганічними за природою), хромати (солі або естери хромової кислоти), дихромати (солі або естери дихромової кислоти), перхлорати (солі хлорної кислоти), хлорати (солі, які походять від хлорноватої кислоти) і т. ін., та пальні речовини з будь-якого типу матеріалу, що містить вуглець, і зв'язувальна речовина, яка також може служити як пальне.

Згідно з одним конкретним варіантом втілення, невибуховий енергетичний матеріал включає нітрат натрію ( $\text{NaNO}_3$ ) як окиснювач та кремнієву зв'язувальну речовину як пальне. Можна також комбінувати кілька типів окиснювачів та пальних речовин таким чином, щоб поліпшити характеристики енергетичного матеріалу в елементі реактивної броні.

Для збільшення швидкості реакції до композиції додають невибуховий енергетичний матеріал, мікросферичні газоконтейнери (тобто порожні сферичні елементи). Було визнано, що мікросферичні газоконтейнери збільшують швидкість реакції після удару броні струменем кумулятивного заряду. Такі сферичні елементи виконують, наприклад, зі скла, пластмаси, металевих або керамічних матеріалів. Діаметр таких сфер може становити приблизно 40 мкм, хоча можуть бути прийнятними й інші розміри.

Невибуховий енергетичний матеріал згідно з даним винаходом є гнучким листом матеріалу, який є м'яким і легко піддається різанню, просвердлюванню і т. ін., завдяки чому може бути зручно розташований між несучими пластинами елемента броні. Згідно з одним конкретним варіантом втілення матеріал є подібним до гуми і легко піддається складанню.

Енергетичний матеріал кваліфікують як матеріал, що не належить до класу 1, визначеного Правилами ООН та Міністерства транспорту США (DOT), а отже, є невибуховим енергетичним матеріалом.

Невибуховий енергетичний матеріал є придатним для виробництва елемента NxRA для захисту корпусів від бойових частин з кумулятивним зарядом, дрібних боєприпасів, шрапнелі, фрагментів та кінетичних снарядів. Такий елемент реактивної броні включає обшивку, приєднану до корпусу й оснащену зовнішньою покривною пластиною, та принаймні один тришаровий елемент, який виступає за межі пластини; вищезгаданий тришаровий елемент включає принаймні одну пару практично плоских пластин з невибуховим енергетичним матеріалом між ними.

В одному прикладі енергетичний матеріал включає:

Окиснювач - приблизно до 80%;

Пальне - приблизно до 50%;

Каталізатор - приблизно до 2%; і

Мікросферичні газоконтейнери - приблизно до 10%.

В одному конкретному прикладі енергетичний матеріал даного винаходу включає:

Окиснювач - від приблизно 30 до приблизно 80% (такий, як нітрат натрію);

Пальне - приблизно від 25 до 50% (таке, як кремнієва зв'язувальна речовина);

Каталізатор - від приблизно 0% до приблизно 2% (такий як оксид заліза); і

Мікросферичні газоконтейнери - від приблизно 0% до приблизно 10%.

Зрозуміло, що наведені вище описи служать лише як приклади і можливими є багато інших варіантів втілення, які всі охоплюються сутністю та обсягом даного винаходу.