

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011116276/12, 26.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.04.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.04.2011

(45) Опубликовано: 10.12.2012 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 7875565 B1, 25.01.2011. GB 2444389 A,
04.06.2008. US 2009114083 A1, 07.05.2009. US
5996115 A, 07.12.1999. US 5686689 A,
11.11.1997.

Адрес для переписки:

121108, Москва, ул. Ивана Франко, 4, ОАО
"ЦНИТИ "Техномаш", генеральному
директору В.Д. Житковскому

(72) Автор(ы):

Самойлович Михаил Исаакович (RU),
Яцкевич Виктор Антонович (RU),
Белянин Алексей Федорович (RU),
Клещева Светлана Михайловна (RU),
Гурьянов Андрей Валерьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Открытое акционерное общество
"Центральный научно-исследовательский
технологический институт "Техномаш"
(ОАО "ЦНИТИ "Техномаш") (RU)

(54) КОМПОЗИЦИОННАЯ БРОНЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к разработке композиционных материалов и конструкций, используемых для защиты людей и объектов от воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия. Композиционная броня для защиты от ударного и травматического воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия состоит из матричного блока, имеющего во фронтальном слое множество открытых ячеек заданной формы и размеров, в которых закреплены керамические штабики, при этом каждая

ячейка закрыта панелью, прикрепленной к стенкам ячеек матричного блока, при этом в ячейках матричного блока между дном ячеек и керамическими штабиками закреплены пластины из рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2) в виде спрессованного порошка частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 . Техническим результатом изобретения является повышение эффективности защитных свойств средств защиты от ударных воздействий поражающих элементов огнестрельного оружия. 5 пр., 2 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2011116276/12, 26.04.2011**(24) Effective date for property rights:
26.04.2011

Priority:

(22) Date of filing: **26.04.2011**(45) Date of publication: **10.12.2012 Bull. 34**

Mail address:

**121108, Moskva, ul. Ivana Franko, 4, OAO
"TsNITI "Tekhnomash", general'nomu direktoru
V.D. Zhitkovskomu**

(72) Inventor(s):

**Samojlovich Mikhail Isaakovich (RU),
Jatskevich Viktor Antonovich (RU),
Beljanin Aleksej Fedorovich (RU),
Kleshcheva Svetlana Mikhajlovna (RU),
Gur'janov Andrej Valer'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Tsentral'nyj
nauchno-issledovatel'skij tekhnologicheskij
institut "Tekhnomash" (OAO "TsNITI
"Tekhnomash") (RU)**

(54) COMPOSITE ARMOR

(57) Abstract:

FIELD: weapons and ammunition.

SUBSTANCE: composite armor for protection of fire arm effects consists of matrix block. Said block has front layer with multiple preset shape and size open cells. Said cells accommodate ceramic beads. Note here that every cell is closed by panel secured

to matrix block cell walls. Note also that plates from X-ray amorphous silica (SiO₂) plates are secured in aforesaid cells and composed by compacted powder particles built around ordered microspheres of SiO₂.

EFFECT: higher efficiency of protection.

1 cl, 5 ex, 2 dwg

Изобретение относится к разработке композиционных материалов и конструкций, используемых для защиты людей и объектов от воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия (пуль, осколков и т.д.).

Некоторые керамические материалы обладают более высокой способностью поглощения энергии удара по сравнению с металлами. Кроме того, поскольку керамические материалы имеют более низкую плотность, чем многие металлы, их использование перспективно, когда требуется уменьшить вес брони. Композиционная броня на основе керамических материалов способна заменить монолитную броню равного веса, но существенно повысить уровень защиты. Изобретательство в области создания защиты от поражающих элементов огнестрельного оружия идет в двух направлениях - повышение толщины монолитной брони и конструкционные новинки композиционной брони. На практике керамические композиционные системы брони более эффективны.

Известны конструкции композиционной брони (патенты US: «Гибкий бронежилет», №5996115, F41H 1/02, F41H 1/00, F41H 001/02, F41H 005/08, опубл. 7.12.1999 г.; «Герметичная керамическая композиционная броня», №7866248, F41H 5/04, опубл. 11.01.2011 г.), состоящей из одного или нескольких слоев керамических материалов, связанных с тканевыми или металлическими конструкциями. К недостаткам предлагаемых разработок можно отнести высокую вероятность получения травматических поражений обломками керамических материалов, разрушенными под воздействием поражающих элементов огнестрельного оружия.

Наиболее близкой к заявляемой по своей технической сущности является композиционная броня по патенту US №5686689, F41H 5/00, F41H 5/04, F41H 001/02, опубл. 11.11.1997 г. (эта защитная конструкция выбрана в качестве прототипа). Композиционная броня предназначена для защиты от ударного и травматического воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия и состоит из матричного блока, имеющего во фронтальном слое множество открытых ячеек заданной формы и размеров, в которых закреплены керамическим клеевым раствором керамические штабики, изготовленные из глинозема (Al_2O_3) или карбида кремния (SiC), служащие для поглощения кинетической энергии воздействующего на броню баллистического снаряда при их разрушении, при этом каждая ячейка закрыта панелью, прикрепленной к стенкам ячеек матричного блока. Данное техническое решение недостаточно эффективно обеспечивает защиту объекта от травматического воздействия элементов разрушенной защитной конструкции в результате воздействия пуль стрелкового оружия и осколков, так как гашение кинетической энергии удара происходит в основном за счет прочности керамических штабиков.

Задачей настоящего изобретения является повышение эффективности защитных свойств средств защиты от ударных воздействий поражающих элементов огнестрельного оружия. Предлагаемая композиционная броня в отличие от ранее применявшихся содержит пластины из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения. Улучшение защитного действия достигается за счет использования в композиционной броне пластины из рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2) в виде спрессованного порошка частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 .

Композиционная броня включает в себя монолитный матричный блок, который состоит из основания и пересекающихся стенок, простирающихся от поверхности основания, образуя ячеистую структуру с открытым верхом ячеек. В каждой ячейке находится поглощающий энергию керамический штабик из глинозема или карбида

кремния и пластина из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения. Сверху ячейки крепится панель. Керамические штабики и пластины из рентгеноаморфного кремнезема закрепляются в ячейках матричного блока керамическим клеевым раствором, который должен выдержать локальный нагрев, возникающий при приваривании панелей к стенкам ячеек матричного блока. Керамический штабик служит первичным энергопоглощающим элементом брони. В зависимости от условий применения матричный блок и панели, закрывающие ячейки, изготавливают из алюминиевого сплава или из твердосплавной стали.

Преимущество изобретения заключается в увеличении надежности брони за счет повышения эффективности рассеивания кинетической энергии удара - переход кинетической энергии пули (или осколков) в длительные акустические колебания микросфер SiO_2 в пластинах из рентгеноаморфного кремнезема. Кроме того, преимущество изобретения в том, что уменьшается вес брони, так как удельная масса пластины из рентгеноаморфного кремнезема составляет $1,6-1,8 \text{ г/см}^3$.

Предлагаемая композиционная броня обеспечивает защиту объекта от травматического воздействия элементов разрушенной защитной конструкции в результате воздействия пуль стрелкового оружия и осколков, так как гашение кинетической энергии удара происходит как за счет прочности керамических штабиков, так и за счет строения пластин, изготовленных из рентгеноаморфного кремнезема. Цель изобретения достигается благодаря повышению эффективности рассеивания кинетической энергии удара в пластинах из рентгеноаморфного кремнезема за счет перехода кинетической энергии пули (или осколков) в длительные акустические колебания микросфер SiO_2 .

Техническое решение можно продемонстрировать иллюстрациями, представленными на рис.1, 2. На рис.1 показана схема внешней поверхности и разреза композиционной брони для защиты от ударного воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия, где 1 - матричный блок, имеющий открытые ячейки в форме пчелиных сот, 2 - основание матричного блока, 3 - стенки ячеек матричного блока, 4 - керамический штабик, изготовленный из глинозема (Al_2O_3) или карбида кремния (SiC), 5 - пластина из рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2) в виде спрессованного порошка частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 (h - толщина пластины), 6 - керамический клеевой раствор, 7 - панель. На рис.2 представлены электронно-микроскопические снимки (растровый электронный микроскоп CARL ZEISS LEO 1430 VP) частиц (размер частиц 2-40 мкм) рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2), сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , и строение отдельных частиц рентгеноаморфного кремнезема, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 диаметром 0,4 мкм.

Композиционная броня включает в себя матричный блок 1, который формируется из металла, такого как алюминиевый сплав или твердосплавная сталь, и состоит из основания (плоская пластина) 2, на поверхности которого размещается множество пересекающихся стенок 3, которые составляют единое целое с основанием 2. Пересекающиеся стенки 3 образуют ячеистую структуру с открытым верхом. Матричный блок 1 формируют привариванием стенок 3 к основанию 2. Стенки матричного блока между собой соединяются также сваркой. Ячейки матричного блока, изображенные на рис.1 в форме шестиугольника, могут иметь форму квадрата, прямоугольника, ромба, треугольника и т.д. В каждой ячейке располагаются керамический штабик из глинозема или карбида кремния 4 и пластина из

рентгеноаморфного кремнезема заданного строения 5. Керамические штабики изготавливают из глинозема или карбида кремния в зависимости от условий применения композиционной брони. Керамика на основе карбида кремния предпочтительнее для защиты от поражающих элементов, имеющих повышенную начальную скорость (≈ 1 км/сек), и положения композиционной брони относительно траектории полета под прямым углом. Керамические штабики 4 имеют форму ячеек, а также плоскопараллельные переднюю и заднюю поверхности. Керамические штабики должны иметь достаточную толщину, чтобы поглощать большую часть кинетической энергии поражающих элементов.

Керамические штабики 4 и пластины из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения 5 неподвижно закреплены в ячейках матричного блока, что обеспечивает при попадании пули поглощение ими кинетической энергии поражающих элементов без ущерба для стенок 3 и основания 2 матричного блока 1. Для закрепления в ячейках матричного блока керамических штабиков 4 и пластин из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения 5 используют керамический клеевой раствор 6 и панели 7, расположенные над каждым керамическим штабиком 4 в верхней части каждой ячейки матричного блока. Указанное обеспечивает плотную посадку керамических штабиков и пластин из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения в ячейках матричного блока и делает максимальным эффект поглощения энергии керамическими штабиками 4 и пластинами из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения 5. Панели 7 (изготавливают из того же материала, что и матричный блок 1) крепятся к стенкам 3 ячеек матричного блока различными средствами, например, сваркой.

Пластина из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения 5 важна потому, что если основание матричного блока 1 имеет недостаточную жесткость, она предотвращает перемещение фрагментов керамических штабиков 4. При увеличении толщины основания 2 матричного блока возрастает вес брони, что нежелательно.

Для того чтобы оценить стойкость конструкции брони, описанной выше, были выполнены ряд испытаний, которые представлены ниже.

Осуществление изобретения

По существу технический результат заключается в том, что пластина на основе частиц рентгеноаморфного кремнезема, состоящего из упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , обладает высоким сопротивлением к импульсным ударным воздействиям (при малой плотности) за счет способности преобразовывать короткие по длительности и мощные импульсные ударные воздействия в малые по амплитуде колебания упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , что приводит к мгновенной (за промежутки времени в наносекундном диапазоне) потере кинетической энергии поражающего элемента и, следовательно, к снижению его бронебойности. Композиционная броня содержит матричный блок, имеющий открытые ячейки в виде сот, при этом в соты матричного блока закрепляют пластины (толщиной $h=1,6-3,6$ мм) в виде спрессованного (с добавлением или без добавления клеевых материалов) порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 2-40 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 .

Конструкция обеспечивает защиту от поражающего действия пуль и осколков следующим образом. При большой кинетической энергии поражающий элемент пробивает панель 7, керамический штабик 4 (рис.1) с частичной потерей энергии. Пластины 5 из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения поражающий

элемент достигает с меньшей скоростью и, как следствие, с меньшей энергией, что облегчает гашение кинетической энергии пластиной из рентгеноаморфного кремнезема. При этом пластина из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения действует как амортизатор, снижая ударный импульс до безопасного уровня.

5 Механизм действия пластин из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения заключается в следующем: эффективность защитного действия достигается за счет повышения рассеивания кинетической энергии удара - переход кинетической энергии поражающих элементов в длительные акустические колебания микросфер SiO_2 в
10 пластине.

Для изготовления пластин из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения используется способ, заключающийся в прессовании при температуре 300-700°C в течение 30-120 минут порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 2-
15 40 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при этом прессование производится с добавлением клеевых материалов в количестве не более 5 вес.% от объема пластины, содержащих силикатные добавки или с добавлением иных материалов, полимеризующихся при склеивании при температурах не превышающих температуру прессования. На основе керамических штабиков из
20 глинозема или карбида кремния и пластин из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения без больших материальных затрат можно организовать производство средств защиты от высокоскоростных поражающих элементов современных боеприпасов.

25 Была изготовлена композиционная броня для защиты от ударного и травматического воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия, состоящая из матричного блока, имеющего во фронтальном слое множество открытых ячеек заданной формы и размеров, в которых с использованием керамического клеевого раствора, заполняющего зазоры, закреплены керамические
30 штабики из глинозема или карбида кремния и пластины из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения.

Для оценки защитных показателей композиционной брони были проведены испытания на пробиваемость по стандартной методике из соответствующего баллистического ствола с использованием бронебойных пуль калибра 9 и 12,7 мм,
35 оснащенных бронебойными сердечниками из термоупрочненной стали. Мишенью служила композиционная броня, в которой фиксировали наличие механических повреждений. Скорость пули (≈ 800 м/с -паспортные данные); удаленность (50 м) и угол (45° и 90°) положения композиционной брони относительно траектории полета в
40 процессе испытаний были постоянными. Результаты испытаний представлены в примерах. Воздействие поражающего элемента снижается за счет повышения эффективности рассеивания кинетической энергии удара -переход кинетической энергии пули (или осколков) в длительные акустические колебания микросфер SiO_2 в
45 пластине из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения. Толщина пластины из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения составляла 1,6-3,6 мм, при этом толщина пластины больше 3,6 мм утяжеляет броню, но не улучшает ее защитных свойств.

Таким образом, предлагаемая композиционная броня повышает устойчивость к
50 поражающим элементам огнестрельного оружия. Данное техническое решение позволяет: создать преграду с высоким уровнем защитных свойств при воздействии на нее поражающих элементов под различными углами воздействия на основе нового недорогого материала из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения,

создаваемого по представленному способу. В примерах подробно рассмотрен способ изготовления пластин из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения.

Пример 1.

5 Была изготовлена композиционная броня, состоящая из матричного блока размером 200×200 мм, имеющего открытые ячейки в форме пчелиных сот (правильные шестиугольники с размером сторон равным 60 мм), стенки ячеек матричного блока имели толщину 2,5 мм и высоту 25 мм. Толщина панелей составляла 2,5 мм, а толщина основания матричного блока 10 мм. Общая толщина брони была 35 мм. Матричный блок и панели были изготовлены из алюминиевого сплава, а керамические штабики были сформированы из керамики на основе глинозема. В ячейках матричного блока последовательно закрепляли керамическим клеевым раствором (порошок Al_2O_3 в жидком стекле) пластины (толщиной 2,5 мм) на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящие из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , и керамические штабики, изготовленные из глинозема (толщиной 20 мм). Частицы упорядоченных упаковок микросфер рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2) заданных размеров получают дроблением сформированных объемных образцов на шаровой мельнице до получения порошка с частицами нужного размера. Полученная масса рассеивалась с использованием стандартного набора сит для выделения частиц с размерами в заданном диапазоне.

Пластины из рентгеноаморфного кремнезема в виде спрессованного порошка частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , изготавливали прессованием в пресс-форме площадью 120×120 мм с высотой стенок 2,5 мм при температуре 500°C в течение 80 минут порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при этом прессование производится в пресс-форме, заполненной порошком из частиц рентгеноаморфного кремнезема, с добавлением клеевых материалов в количестве не более 5 вес.% от объема пластины, содержащих силикатные добавки или с добавлением иных материалов, полимеризующихся при склеивании при температурах ниже температуры прессования. Процесс прессования включал подпрессовывание 3-4 раза при температуре 500°C в течение 30 минут с посыпанием порошка в пресс-форму до ее полного заполнения композитным материалом на всю высоту стенок пресс-формы, равную 2,5 мм. После извлечения спрессованной пластины производили ее резку на пластины в форме правильных шестиугольников с размерами, соответствующими размерам ячеек в форме пчелиных сот матричного блока. Порошок на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящий из частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , получают реакцией гидролиза тетраэфира ортокремниевой кислоты ($Si(OC_2H_5)_4$) в этаноле (C_2H_5OH) в присутствии катализатора - гидроксида аммония (NH_4OH) (смешение 1 части NH_4OH (25% водный раствор), 50 частей C_2H_5OH и 1,6 частей $Si(OC_2H_5)_4$). $Si(OC_2H_5)_4$ предварительно прогревают при температуре 105°C в течение 180 минут. Изготовленная суспензия микросфер рентгеноаморфного кремнезема помещается в сосуд из кварцевого стекла с плоским дном на срок 2-3 месяца (в зависимости от заданного объема осаждаемого материала). Полученный образец подвергался сушке и термообработке при стандартных параметрах (в сушильном шкафу при 150°C в течение суток и в муфельной печи при 700°C в течение 10 часов). Для получения объемного материала с заданными диаметрами указанных микросфер в диапазоне 0,2-0,4 мкм изменяют

концентрацию ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) и другие технологические параметры, включая температуру предварительного прогрева. Технология получения и реальное строение рентгеноаморфного кремнезема, представленного упорядоченной упаковкой

микросфер SiO_2 , подробно рассмотрены в литературе, например, в книге:
 5 Наноматериалы. III. Фотонные кристаллы и нанокомпозиты на основе опаловых матриц // Коллективная монография. Под ред. М.И.Самойловича. М.: Техномаш, 2007, 303 с.

Для оценки защитных показателей композиционной брони были проведены
 10 испытания на пробиваемость по стандартной методике из соответствующего баллистического ствола с использованием стандартных патронов для бронебойных пуль калибра 9 и 12,7 мм со стальным термоупрочненным сердечником. Мишенью служила композиционная броня, в которой фиксировали наличие механических
 15 повреждений и деформацию основания матричного блока. Величина упругой деформации основания матричного блока оценивалась по пластической деформации слоя метилакрилата толщиной 3 мм, наносимого на тыльную поверхность основания матричного блока. Скорость пули (≈ 800 м/с - паспортные данные); положения
 20 пластинчатой брони относительно траектории полета в процессе испытаний были постоянными - удаленность (50 м) и угол (90°).

Полученная таким способом композиционная броня, содержащая пластины из рентгеноаморфного кремнезема заданного строения, обеспечивает непробитие брони и характеризуется отсутствием травматического эффекта, оцениваемого по
 25 деформации основания матричного блока. При применении композиционной брони, соответствующей прототипу - без использования пластин на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , происходит ударное травматическое
 30 воздействие на защищаемый объект поражающих элементов оружия и элементов брони.

Пример 2.

Была изготовлена композиционная броня, состоящая из матричного блока размером 200×200 мм, имеющего открытые ячейки в форме пчелиных сот (правильные
 35 шестиугольники с размером стороны равным 40 мм), стенки ячеек матричного блока имели толщину 2,5 мм и высоту 22,5 мм. Толщина панелей составляла 2,5 мм, а толщина основания матричного блока 10 мм. Общая толщина брони была 32,5 мм. Матричный блок и панели были изготовлены из алюминиевого сплава, а керамические штабики были сформированы из керамики на основе карбида кремния.
 40 В ячейках матричного блока последовательно закрепляли керамическим клеевым раствором (порошок Al_2O_3 в жидком стекле) пластины (толщиной 2,5 мм) на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящие из частиц размерами 1, 2, 30, 40 и 45 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , и керамические штабики, изготовленные из карбида кремния толщиной 17,5 мм.

Пластины из кремнезема изготавливали прессованием в пресс-форме площадью 120×120 мм с высотой стенок 2,5 мм при температуре 500°C в течение 80 минут порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 1, 2, 30, 40 и 45 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при этом
 50 прессование производится в пресс-форме, заполненной порошком из частиц рентгеноаморфного кремнезема, с добавлением клеевых материалов в количестве не более 5 вес.% от объема пластины, содержащих силикатные добавки или с добавлением иных материалов, полимеризующихся при склеивании при температурах

ниже температуры прессования. Процесс прессования включал подпрессовывание 3-4
 раза при температуре 500°C в течение 30 минут с посыпанием порошка в пресс-форму
 до ее полного заполнения композитным материалом на всю высоту стенок пресс-
 формы, равную 2,5 мм. После извлечения спрессованной пластины производили ее
 5 резку на пластины в форме правильных шестиугольников с размерами,
 соответствующими размерам ячеек в форме пчелиных сот матричного блока.

Порошок на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящий из частиц,
 сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , получают
 10 реакцией гидролиза тетраэфира ортокремниевой кислоты ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) в этаноле
 ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) в присутствии катализатора - гидрооксида аммония (NH_4OH) (смешение 1
 части NH_4OH (25% водный раствор), 50 частей $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и 1,6 частей $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$).

$\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ предварительно прогревают при температуре 105°C в течение 180 минут.
 15 Изготовленная суспензия микросфер рентгеноаморфного кремнезема помещается в
 сосуд из кварцевого стекла с плоским дном на срок 2-3 месяца (в зависимости от
 заданного объема осаждаемого материала). Полученный образец подвергался сушке и
 термообработке при стандартных параметрах (в сушильном шкафу при 150°C в
 течение суток и в муфельной печи при 700°C в течение 10 часов).

Для оценки защитных показателей композиционной брони были проведены
 испытания на пробиваемость по стандартной методике из соответствующего
 баллистического ствола с использованием стандартных патронов для бронебойных
 пуль калибра 9 и 12,7 мм со стальным термоупрочненным сердечником. Мишенью
 25 служила композиционная броня, в которой фиксировали наличие механических
 повреждений и деформацию основания матричного блока. Величина упругой
 деформации основания матричного блока оценивалась по пластической деформации
 слоя метилакрилата толщиной 3 мм, наносимого на тыльную поверхность основания
 матричного блока. Скорость пули (≈ 800 м/с); положения композиционной брони
 30 относительно траектории полета в процессе испытаний были постоянными -
 удаленность (50 м) и угол (90°).

Полученная таким способом композиционная броня, содержащая пластины из
 рентгеноаморфного кремнезема толщиной 1,6-3,6 мм, обеспечивает непробитие брони
 и характеризуется отсутствием травматического эффекта. При применении
 35 композиционной брони, соответствующей прототипу - без использования пластин на
 основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц, сформированных на
 основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , происходит ударное
 травматическое воздействие на защищаемый объект поражающих элементов оружия и
 40 элементов брони. При применении композиционной брони с использованием пластин
 на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 1, 2, 15,
 30, 40, 42 и 50 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных
 микросфер SiO_2 , при размере частиц 1, 42 и 50 мкм происходит ударное
 45 травматическое воздействие на защищаемый объект поражающих элементов оружия и
 элементов брони. Это объясняется тем, что пластины, состоящие из частиц
 рентгеноаморфного кремнезема, сформированных на основе упорядоченно
 расположенных микросфер SiO_2 , размером меньше 2 мкм и больше 40 мкм, не
 обладают сопротивлением к импульсным ударным воздействиям, так как при
 50 указанных размерах частиц утрачивается способность преобразовывать короткие по
 длительности и мощные импульсные ударные воздействия в малые по амплитуде
 колебания упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 .

Пример 3.

Была изготовлена композиционная броня, состоящая из матричного блока размером 200×200 мм, имеющего открытые ячейки в форме пчелиных сот (правильные шестиугольники с размером стороны равным 40 мм), стенки ячеек матричного блока имели толщину 2,5 мм и высоту 25 мм. Толщина панелей составляла 2,5 мм, а толщина основания матричного блока 10 мм. Общая толщина брони была 35 мм. Матричный блок и панели были изготовлены из алюминиевого сплава, а керамические штабики были сформированы из керамики на основе глинозема. В ячейках матричного блока последовательно закрепляли керамическим клеевым раствором (порошок Al_2O_3 в жидком стекле) пластины (толщиной 2,5 мм) на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящие из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , и керамические блоки, изготовленные из глинозема (толщиной 20 мм).

Пластины из рентгеноаморфного кремнезема изготавливали прессованием в пресс-форме площадью 120×120 мм с высотой стенок 2,5 мм при температуре 250, 290, 300, 500, 700, 710 и 750°C в течение 80 минут порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 1, 2, 30, 40 и 45 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при этом прессование производится в пресс-форме, заполненной порошком из частиц рентгеноаморфного кремнезема, с добавлением клеевых материалов в количестве не более 5 вес.% от объема пластин, содержащих силикатные добавки или с добавлением иных материалов, полимеризующихся при склеивании при температурах ниже температуры прессования. Процесс прессования включал подпрессовывание 3-4 раза при температуре прессования в течение 30 минут с посыпанием порошка в пресс-форму до ее полного заполнения композитным материалом на всю высоту стенок пресс-формы, равную 2,5 мм. После извлечения спрессованной пластины производили ее резку на пластины в форме правильных шестиугольников с размерами, соответствующими размерам ячеек в форме пчелиных сот матричного блока. Порошок на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящий из частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , получают реакцией гидролиза тетраэфира ортокремниевой кислоты ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) в этаноле ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) в присутствии катализатора - гидроксида аммония (NH_4OH) (смешение 1 части NH_4OH (25% водный раствор), 50 частей $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и 1,6 частей $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$). $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ предварительно прогревают при температуре 105°C в течение 180 минут. Изготовленная суспензия микросфер рентгеноаморфного кремнезема помещается в сосуд из кварцевого стекла с плоским дном на срок 2-3 месяца (в зависимости от заданного объема осаждаемого материала). Полученный образец подвергался сушке и термообработке при стандартных параметрах (в сушильном шкафу при 150°C в течение суток и в муфельной печи при 700°C в течение 10 часов).

Для оценки защитных показателей композиционной брони были проведены испытания на пробиваемость по стандартной методике из соответствующего баллистического ствола с использованием стандартных патронов для бронебойных пуль калибра 9 и 12,7 мм со стальным термоупрочненным сердечником. Мишенью служила композиционная броня, в которой фиксировали наличие механических повреждений и деформацию основания матричного блока. Величина упругой деформации основания матричного блока оценивалась по пластической деформации слоя метилакрилата толщиной 3 мм, наносимого на тыльную поверхность основания матричного блока. Скорость пули (≈ 800 м/с - паспортные данные); положения пластинчатой брони относительно траектории полета в процессе испытаний были

постоянными - удаленность (50 м) и угол (45° и 90°).

При применении композиционной брони с использованием пластин композитного материала на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных прессованием при температурах 300, 500 и 700°C, не происходит ударного травматического воздействия на защищаемый объект поражающих элементов оружия и элементов брони. При применении композиционной брони с использованием пластин на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных прессованием при температурах 250, 290, 710 и 750°C, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , происходит ударное травматическое воздействие на защищаемый объект поражающих элементов оружия и элементов брони. Это объясняется тем, что пластины, состоящие из частиц рентгеноаморфного кремнезема, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , сформированных прессованием при температурах 250, 290, 710 и 750°C, не обладают сопротивлением к импульсным ударным воздействиям, так как при указанных параметрах прессования пластиной утрачивается способность преобразовывать короткие по длительности и мощные импульсные ударные воздействия в малые по амплитуде колебания упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 .

Пример 4.

Была изготовлена композиционная броня, состоящая из матричного блока размером 100×100 мм, имеющего открытые ячейки в форме пчелиных сот (правильные шестиугольники с размером стороны равным 40 мм), стенки ячеек матричного блока имели толщину 2,5 мм и высоту 25 мм. Толщина панелей составляла 2,5 мм, а толщина основания матричного блока 10 мм. Общая толщина брони была 35 мм. Матричный блок и панели были изготовлены из алюминиевого сплава, а керамические штабики были сформированы из керамики на основе глинозема. В ячейках матричного блока последовательно закрепляли керамическим клеевым раствором (порошок Al_2O_3 в жидком стекле) пластины (толщиной 2,5 мм) на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящие из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , и керамические блоки, изготовленные из карбида кремния толщиной 20 мм.

Пластины из рентгеноаморфного кремнезема изготавливали прессованием в пресс-форме площадью 120×120 мм с высотой стенок 2,5 мм при температуре 500°C в течение 20, 28, 30, 60, 80, 120, 125 и 140 минут порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при этом прессование производится в пресс-форме, заполненной порошком из частиц рентгеноаморфного кремнезема, с добавлением клеевых материалов в количестве не более 5 вес.% от объема пластины, содержащих силикатные добавки или с добавлением иных материалов, полимеризующихся при склеивании при температурах ниже температуры прессования. Процесс прессования включал подпрессовывание 3-4 раза при температуре 500°C в течение 20, 28, 30, 60, 80, 120, 125 и 140 минут с посыпанием порошка в пресс-форму до ее полного заполнения композитным материалом на всю высоту стенок прессформы, равную 2,5 мм. После извлечения спрессованной пластины производили ее резку на пластины в форме правильных шестиугольников с размерами, соответствующими размерам ячеек в форме пчелиных сот матричного блока. Порошок на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящий из частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , получают реакцией гидролиза тетраэфира

ортокремниевой кислоты ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) в этаноле ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) в присутствии катализатора - гидрооксида аммония (NH_4OH) (смешение 1 части NH_4OH (25% водный раствор), 50 частей $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и 1,6 частей $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$). $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ предварительно прогревают при температуре 105°C в течение 180 минут. Изготовленная суспензия микросфер рентгеноаморфного кремнезема помещается в сосуд из кварцевого стекла с плоским дном на срок 2-3 месяца (в зависимости от заданного объема осаждаемого материала). Полученный образец подвергался сушке и термообработке при стандартных параметрах (в сушильном шкафу при 150°C в течение суток и в муфельной печи при 700°C в течение 10 часов).

Для оценки защитных показателей композиционной брони были проведены испытания на пробиваемость по стандартной методике из соответствующего баллистического ствола с использованием стандартных патронов для бронебойных пуль калибра 9 и 12,7 мм со стальным термоупрочненным сердечником. Мишенью служила композиционная броня, в которой фиксировали наличие механических повреждений и деформацию основания матричного блока. Величина упругой деформации основания матричного блока оценивалась по пластической деформации слоя метилакрилата толщиной 3 мм, наносимого на тыльную поверхность основания матричного блока. Скорость пули (≈ 800 м/с - паспортные данные); положения пластинчатой брони относительно траектории полета в процессе испытаний были постоянными - удаленность (50 м) и угол (45° и 90°).

При применении композиционной брони с использованием пластин на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных прессованием при температуре 500°C , в течение 30, 60, 80 и 120 минут на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , не происходит ударного травматического воздействия на защищаемый объект поражающих элементов оружия и элементов брони. При применении композиционной брони с использованием пластин на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных прессованием при температуре 500°C , в течение 20, 28, 125 и 140 минут, происходит ударное травматическое воздействие на защищаемый объект поражающих элементов оружия и элементов брони. Это объясняется тем, что пластины, состоящие из частиц рентгеноаморфного кремнезема, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , сформированных прессованием при температуре 500°C , при длительности процесса 20, 28, 125 и 140 минут не обладают сопротивлением к импульсным ударным воздействиям, так как при указанном времени прессования утрачивается способность преобразовывать короткие по длительности и мощные импульсные ударные воздействия в малые по амплитуде колебания упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 .

Пример 5.

Была изготовлена композиционная броня, состоящая из матричного блока размером 100×100 мм, имеющего открытые ячейки в форме пчелиных сот (правильные шестиугольники с размером стороны равным 40 мм), стенки ячеек матричного блока имели толщину 2,5 мм и высоту 25 мм. Толщина панелей составляла 2,5 мм, а толщина основания матричного блока 10 мм. Общая толщина брони была 35 мм. Матричный блок и панели были изготовлены из алюминиевого сплава, а керамические штабики были сформированы из керамики на основе глинозема. В ячейках матричного блока последовательно закрепляли керамическим клеевым раствором (порошок Al_2O_3 в жидком стекле) пластины (толщиной 2,5 мм) на основе рентгеноаморфного

кремнезема, состоящие из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , и керамические блоки, изготовленные из карбида кремния толщиной 20 мм.

5 Пластины из кремнезема изготавливали прессованием в пресс-форме площадью 120×120 мм с высотой стенок 2,5 мм при температуре 500°C в течение 80 минут порошка из частиц рентгеноаморфного кремнезема размерами 30-35 мкм, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при этом прессование производится в пресс-форме, заполненной порошком из частиц
10 рентгеноаморфного кремнезема, с добавлением клеевых материалов в количестве 1, 3, 5, 6 и 8 вес.% от объема пластины, содержащих силикатные добавки или с добавлением иных материалов, полимеризующихся при склеивании при температурах ниже температуры прессования. Процесс прессования включал подпрессовывание 3-4 раза при температуре 500°C в течение 80 минут с посыпанием порошка в пресс-форму до ее
15 полного заполнения композитным материалом на всю высоту стенок пресс-формы, равную 2,5 мм. После извлечения спрессованной пластины производили ее резку на пластины в форме правильных шестиугольников с размерами, соответствующими размерам ячеек в форме пчелиных сот матричного блока. Порошок на основе
20 рентгеноаморфного кремнезема, состоящий из частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , получают реакцией гидролиза тетраэфира ортокремниевой кислоты ($\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$) в этаноле ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) в присутствии катализатора - гидроксида аммония (NH_4OH) (смешение 1 части NH_4OH (25% водный
25 раствор), 50 частей $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и 1,6 частей $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$). $\text{Si}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4$ предварительно прогревают при температуре 105°C в течение 180 минут. Изготовленная суспензия микросфер рентгеноаморфного кремнезема помещается в сосуд из кварцевого стекла с плоским дном на срок 2-3 месяца (в зависимости от заданного объема осаждаемого материала). Полученный образец подвергался сушке и термообработке при
30 стандартных параметрах (в сушильном шкафу при 150°C в течение суток и в муфельной печи при 700°C в течение 10 часов).

Для оценки защитных показателей композиционной брони были проведены испытания на пробиваемость по стандартной методике из соответствующего
35 баллистического ствола с использованием стандартных патронов для бронебойных пуль калибра 9 и 12,7 мм со стальным термоупрочненным сердечником. Мишенью служила композиционная броня, в которой фиксировали наличие механических повреждений и деформацию основания матричного блока. Величина упругой деформации основания матричного блока оценивалась по пластической деформации
40 слоя метилакрилата толщиной 3 мм, наносимого на тыльную поверхность основания матричного блока. Скорость пули (≈ 800 м/с - паспортные данные); положения пластинчатой брони относительно траектории полета в процессе испытаний были постоянными - удаленность (50 м) и угол (45° и 90°).

45 Полученная таким способом композиционная броня, содержащая пластины из кремнезема толщиной 1,6-3,6 мм, сформированные прессованием при температуре 500°C, обеспечивает непробитие брони и характеризуется отсутствием травматического эффекта. При применении композиционной брони с использованием
50 пластин на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных прессованием при температуре 500°C, в течение 80 минут на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 , при добавлении при прессовании клеевых материалов в количестве 1, 3, 5 вес.% от объема композитного материала, не происходит ударного травматического воздействия на защищаемый

объект поражающих элементов оружия и элементов брони. При применении композиционной брони с использованием пластин на основе рентгеноаморфного кремнезема, состоящих из частиц размерами 30-35 мкм, сформированных прессованием при температуре 500°C, в течение 80 минут, при добавлении при
5 прессовании клеевых материалов в количестве 6 и 8 вес.% от объема пластин, происходит ударное травматическое воздействие на защищаемый объект поражающих элементов оружия и элементов брони. Это объясняется тем, что пластины, состоящие из частиц рентгеноаморфного кремнезема, сформированных на основе упорядоченно
10 расположенных микросфер SiO_2 , сформированных прессованием при температуре 500°C, при длительности процесса 80 минут, при добавлении при прессовании клеевых материалов в количестве 6 и 8 вес.% от объема пластин, не обладают сопротивлением к импульсным ударным воздействиям, так как при указанном количестве клеевых
15 материалов утрачивается способность преобразовывать короткие по длительности и мощные импульсные ударные воздействия в малые по амплитуде колебания упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 .

Формула изобретения

20 Композиционная броня для защиты от ударного и травматического воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия, состоящая из матричного блока, имеющего во фронтальном слое множество открытых ячеек заданной формы и размеров, в которых закреплены керамические штабики, при этом каждая ячейка
25 закрыта панелью, прикрепленной к стенкам ячеек матричного блока, отличающаяся тем, что в ячейках матричного блока между дном ячеек и керамическими штабиками закреплены пластины из рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2) в виде спрессованного порошка частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных
30 микросфер SiO_2 .

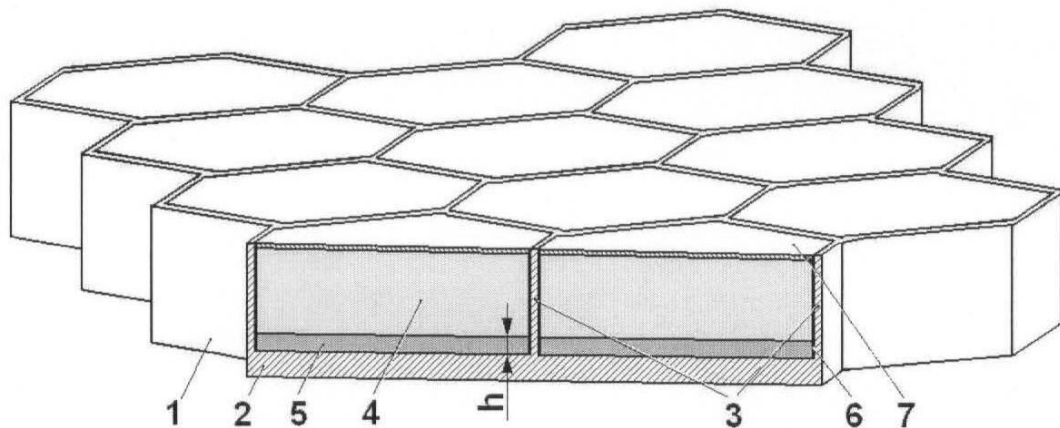
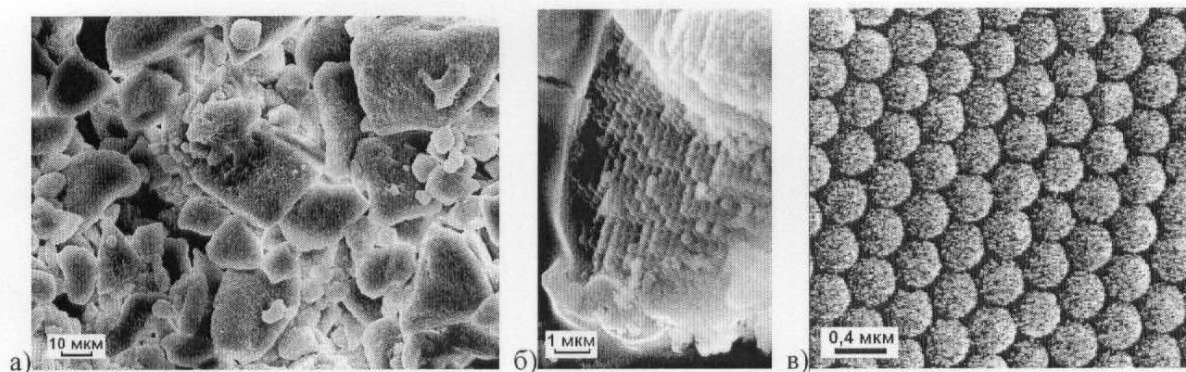


Схема внешней поверхности и разреза композиционной брони для защиты от ударного воздействия поражающих элементов огнестрельного оружия: 1 – матричный блок, имеющий открытые ячейки в форме пчелиных сот, 2 – основание матричного блока, 3 – стенки ячеек матричного блока, 4 – керамический штабик, изготовленный из глинозема (Al_2O_3) или карбида кремния (SiC), 5 – пластина из рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2) в виде спрессованного порошка частиц, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 (h – толщина пластины), 6 – керамический клеевой раствор, 7 – панель.

Рис. 1



Электронно-микроскопические снимки: а) частиц рентгеноаморфного кремнезема (SiO_2), сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 (размер частиц 2–40 мкм); б, в) строение отдельных частиц рентгеноаморфного кремнезема, сформированных на основе упорядоченно расположенных микросфер SiO_2 диаметром 0,4 мкм.

Рис. 2