



SUPERINTENDENCIA Y CIENCIA
Indicaciones : 0032906 0000000
Folios 178
Fecha (UIC): 2023-10-31 16:24:45
FE
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREATIVIDADES

INVENCI

DATOS DEL SOLICITANTE

(71) Nombres y Apellidos o Razón Social SGL TECHNIK GmbH
(CAMBIO DE NOMBRE Folio 170)
No. de Identificación _____
Representante Legal (Persona Jurídica) _____
País de Domicilio ALEMANIA
Departamento o Estado _____
Dirección _____
Ciudad MEITINGEN Teléfono _____

(74) DATOS DEL APODERADO

Nombre GUSTAVO HOLLMANN RESTREPO
Dirección y Domicilio Carrera 11A No. 94-76 - Of. 308
Ciudad Bogotá, D.C. Teléfono 6161948

DATOS DEL INVENTOR

(72) Nombre del Inventor (es) 1. Udo Gruber, 2. Michael Heine, 3. Andreas Kienzle y 4. Reinhard Nixdorf.
Identificación _____
Dirección 1. Neuseess, Alemania, 2. Allmannshofen, Alemania, 3. Thierhaupten, Alemania, y 4. Thierhaupten, Alemania.
Ciudad _____ Teléfono _____

DATOS DE LA PATENTE DE INVENCION

(54) Título de la Invención "USO DE ELEMENTOS HECHOS DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ CERAMICA REFORZADO CON FIBRAS".

PRIORIDAD REIVINDICADA SI ☒ NO ☐ TIPO DE PRIORIDAD ANDINA ☐ UNIONISTA ☒

(33) País Alemania (32) Fecha Noviembre 4 de 1999 (31) No. Solicitud 199 53 259.1

Para Publicar a los ☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 18 meses a partir de la fecha de la presente solicitud

(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL 2-04. F414 5/00

RESUMEN CON EL OBJETO Y LA FINALIDAD DE LA INVENCIÓN

Esta invención se refiere al uso de elementos hechos de un material cerámico con matriz cerámica reforzado con fibras, material el cual contiene por lo menos 10% de peso en carburo de silicio, constituyendo la porción de fibras de carbono y/o de fibras de silicio por lo menos 5% del peso total de las fibras, para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, siendo la dimensión de dichos elementos en una dirección perpendicular a la dirección de la carga por lo menos 3 cm. El espesor de los elementos usados puede reducirse particularmente en los compuestos de la invención en los que los elementos presentan un refuerzo trasero (soporte) que en la mayoría de los casos va adherido.

En particular, los elementos y los compuestos de la invención se usan como componentes estructurales. Ellos sirven aquí entre otras cosas para el blindaje en la construcción de vehículos de tipo civil y militar. Con los elementos y los compuestos de la invención también es posible el blindaje de objetos estacionarios. Además los elementos y los compuestos de la invención pueden ser usados también en chalecos anti-balas.

ANEXOS DE LA SOLICITUD

Certificado de Existencia y Representación Legal cuando el solicitante sea Persona Jurídica	☐
Los poderes debidamente otorgados, o mención de su protocolización ante la SIC	☐
Recibo de la tasa respectiva	☒
Recibo de la tasa por concepto de excedente de palabras en la publicación	☐
Si se reivindica prioridad Andina	
Copia de la primera solicitud	☐
Traducción oficial	☐
Si se reivindica prioridad Unionista Convenio de París	
Copia certificada de la primera solicitud	☒
Nota Debe presentarse dentro de los tres (3) meses, contados a partir de la fecha de radicación de la solicitud posterior	
Traducción simple	☒
Capítulo descriptivo	☒
Dibujos, planos necesarios	☐
Capítulo reivindicatorio	☒
Tarjeta archivo propietarios según formato	☒
Tarjeta archivo temático según formato	☒
Extracto para publicación según formato	☒
Arte final 12 x 12 cms Y 6x6 cms	☐
Otros Documentos	☐

SOLICITO LA CONCESION DE LA PATENTE DE INVENCIÓN Y DECLARO QUE LA INVENCIÓN ES NUEVA Y DE MI PROPIEDAD

FIRMA

NOMBRE GUSTAVO HOLLMANN RESTREPO

CC. 2.878.023 de Bogotá

T.P No. 5903



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

MIT : 800176089-2

SUPERINTENDENCIA Y COMERCIO
Radicación : C3882961 03022000

Folios: 178

Fecha (C3): 2000-10-31 16:24:45

Trámite : C32 PATENTES D 1 REGISTRO/ 411 PRESENTE

Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 67,770
FECHA : OCTUBRE 30 DE 2000

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	SUCURSAL	CUENTA	No. PAGO	Vr. PAGO
GUSTAVO HOLLMAN	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	BOGOTA	050-00110-6	2881943	1,824,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT. HISTORICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1 50003-01-01 SOLICITUDES	1 TRANITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	608,000.00
	TOTAL :	\$ 608,000.00

SON: SEISCIENTOS OCHO MIL PESOS



RESPONSABLE : _____

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5 y 10
Conmutador: 334 12 21
Fax: 281 31 25
e-mail: Info@sic.gov.co
Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

199 53 259.1 ✓

Anmeldetag:

4. November 1999 ✓

Anmelder/Inhaber:

SGL TECHNIK GmbH, Meitingen/DE

Bezeichnung:Verwendung von Elementen aus einem mit
Fasern verstärkten Verbundwerkstoffen mit
keramischer Matrix**IPC:**

C 04 B, F 41 H

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 2. August 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Wehndt

Verwendung von Elementen aus einem mit Fasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix

5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft die Verwendung von Elementen aus mit Fasern oder Faserbündeln verstärkten Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix zur teilweisen oder vollständigen
10 Absorption mindestens einer stoßartigen, punktuellen Belastung, insbesondere als Strukturbauteile.

Im folgenden sowie in den Ansprüchen werden unter dem Begriff Fasern sowohl einzelne Fasern als auch die zumeist
15 verwendeten Faserbündel zusammengefaßt, die gegenüber einzelnen Fasern eine wesentlich größere Breite und auch Höhe aufweisen können.

Faserverstärkte Verbundwerkstoffe mit keramischer Matrix
20 sind seit langer Zeit bekannt und zeichnen sich im allgemeinen durch eine hohe Festigkeit, Steifigkeit bei gleichzeitig geringem Gewicht aus. Diese Eigenschaften bleiben auch bis zu hohen Temperaturen erhalten. Die faserverstärkten Verbundwerkstoffe haben eine hohe
25 Wärmeleitfähigkeit und gleichzeitig eine niedrige Wärmeausdehnung und somit eine ausgezeichnete Temperaturwechselbeständigkeit.

Ausgehend von mit Kohlenstofffaser verstärkten
30 Verbundwerkstoffen mit Kohlenstoffmatrix (CFC) werden in den letzten zehn Jahren zunehmend Verbundwerkstoffe mit SiC als Matrix entwickelt, wobei als verstärkende Fasern Kohlenstoff(C/SiC)- und Siliziumcarbidfasern(SiC/SiC) verwendet werden.

Aus DE 197 10 105 A1 ist ein mit Graphitkurzfasern verstärkter Siliziumcarbidkörper bekannt, der ein quasi-duktiler Bruchverhalten hat. Die verstärkenden Graphitkurzfasern sind von mindestens einer Hülle aus graphitisiertem Kohlenstoff, die durch Imprägnierung mit carbonisierbaren Imprägnierungsmitteln und nachfolgendes Carbonisieren erhalten worden sind, umgeben. Die Hülle der Fasern wird bei der Herstellung des C/SiC- Verbundwerkstoffs zum Teil in Siliziumcarbid umgewandelt. Hierbei wird der Verbundkörper mit Flüssigsilizium infiltriert, wobei auch die mindestens teilweise Umsetzung der Kohlenstoff-matrix des carbonisierten Vorproduktes in Siliziumcarbid erfolgt.

In der Diskussion dieses Standes der Technik werden als Verwendungsmöglichkeiten von Verbundwerkstoffen allgemein Auskleidungsmaterialien für wiederverwendbare Raumflugkörper, Düsenauskleidungen von Strahltriebwerken, Turbinenschaufeln oder auch Reibbeläge angesprochen. Die Verbundwerkstoffe, die in DE-A-197 10 105 beschrieben sind, können als Teile von Gasturbinen, als Komponenten von Brennern und Düsen, als Heißgasrohre oder auch als Reibstoffe für hohe Belastungen wie Beläge für Bremsen verwendet werden.

Aus DE 197 11 829 C1 ist ein Verfahren zur Herstellung einer faserverstärkten Verbundkeramik mit hochwarmfesten Fasern bekannt, die mit einer Matrix auf Basis von Silizium und Siliziumcarbid oder einer Siliziumlegierung wie zum Beispiel in DE 41 27 693 A1 beschrieben reaktionsgebunden sind. Derartige Verbundkörper werden zur Herstellung von Großserienbauteilen wie Bremsscheiben verwendet.

Die Verwendung von Keramiken als Panzerungssystem ist wegen ihrer leichten Gewichte ebenfalls bekannt. Keramiken zeichnen sich im allgemeinen durch hohe Steifigkeit und

Härte aus. Bei der Verwendung zur Panzerung ist es wesentlich, daß die Keramiken einer plastischen Deformation unter hoher Belastung widerstehen können. Eine hohe Zugfestigkeit ist insbesondere auf der Rückfläche einer

5 Panzerungsplatte erforderlich. Aus diesem Grunde besteht daher eine typische Panzerung, bei der ein Keramikverbund verwendet wird, aus einer Keramikvorderseite, die auf ihrer Rückseite mit einem faserigen Verbund oder Metallsubstrat als Verstärkung (Backing) versehen ist. Üblicherweise

10 werden diese unterschiedlichen Materialien durch Kleben miteinander verbunden. Als Keramikmaterial werden Glas, Glaskeramik oder technische Keramiken wie Oxide, Boride oder auch Carbide eingesetzt. Insbesondere hat sich Aluminiumoxid ausgezeichnet, weil es auch verhältnismäßig

15 kostengünstig ist. Die Fähigkeit, einer plastischen Deformation zu widerstehen, ist bei Keramiken jedoch nicht zufriedenstellend. Da Keramiken ein sprödes Bruchverhalten zeigen, führt eine punktuelle Belastung der Keramik zum Beispiel durch ein Projektil zu einer durchgehenden

20 Rißbildung in der Keramik, so daß die Keramik großflächig zerstört wird und damit ihre Schutzwirkung verliert. Diesem Problem kann bis heute nur dadurch abgeholfen werden, das kleine Keramiksegmente mit einer maximalen Ausdehnung von 3 cm für einen sehr hohen Schutz (Sicherheitsautos) und von

25 10 cm für einen einfachen z.B. militärischen Schutz in der Ebene senkrecht zur Einwirkung der punktuellen Belastung auf einem Backing montiert werden. Somit wird bei einem Auftreffen von einem Projektil immer nur ein Keramiksegment zerstört. Ein aus solchen Keramiksegmenten aufgebauter

30 Verbund ist jedoch sehr aufwendig in seiner Herstellung. Als großflächiges Schutzelement können Keramiken alleine jedoch bisher nicht verwendet werden.

Beim Beschuß einer Panzerungsplatte mit einem Projektil erfolgt bei einer herkömmlichen Keramik durch Reflexion der Spannungswellen innerhalb der Keramikplatte ein Bruch der Keramikplatte selbst. Nur weil hinter der Keramikplatte
5 eine weitere Rückseite zum Beispiel aus Metall angebracht ist, kann verhindert werden, daß das Projektil vollständig diese Panzerungsplatte durchdringt.

Bei der Verwendung für Panzerungsplatten ist es erforderlich, daß die Keramik eine deutlich höhere Härte aufweist
10 als das Material des Projektils, das üblicherweise eine Vickers-Härte von etwa 6,5 bis 8,0 kN/mm² hat. Es wäre daher günstig, Materialien mit einer Härte von mehr als etwa 9,8 kN/mm² zu verwenden. Wenn die Keramik zu weich
15 ist, dringt der Projektilkern durch die Keramik hindurch, weil er durch die Keramik nicht beschädigt bzw. abgeflacht wird.

Es gibt jedoch auch Munitionen mit deutlich höherer Härte, insbesondere wenn eine Munition mit einem Kern aus Wolframcarbid in einer Nickel-Eisen-Matrix verwendet wird. In
20 einem solchen Fall kann die Härte auf beispielsweise ca. 11 kN/mm² ansteigen.

Eine Keramik aus hochreinem Aluminiumoxid könnte einem solchen Projektil widerstehen, weil diese eine Härte von mehr als etwa 16,6 kN/mm² aufweist. Ebenso ist es möglich, andere Keramikmaterialien, beispielsweise das bereits
25 erwähnte Siliciumcarbid, Borcarbid oder auch Titandiborid zu verwenden, deren Härte deutlich höher ist.
30

Ebenso ist es bekannt, mit Zirkonia verstärktes Aluminiumoxid oder Titanboride zu verwenden. Jedoch muß bei der Herstellung ein Heißpressverfahren angewandt werden, um die

optimalen Eigenschaften zu erhalten. Dazu werden die Pulver aus dem jeweiligen Ausgangsmaterial kompaktiert und in einer Graphitdüse unter Schutzgasatmosphäre erwärmt. Wegen des komplizierteren Herstellungsverfahrens sind folglich
5 die Kosten einer einzelnen Panzerungsplatte hoch.

Ansichts des Preis-Leistungsverhältnisses wird Aluminiumoxid bisher als Keramikmaterial der Wahl angesehen.

10 Inzwischen wurden erste Versuche unternommen, anstatt der herkömmlichen Keramiken faserverstärkte Verbundwerkstoffe mit keramischer Matrix zum Schutz vor Projektilen einzusetzen. Hierzu wurden Versuche mit SiC/SiC-
15 Verbundwerkstoffen durchgeführt. Sie zeigten eine begrenzte Schädigung des Werkstoffs durch das auftreffende Profil, so daß ein Schutz durch den Werkstoff gegen Mehrfachbeschuß aus einer automatischen Waffe gegeben ist (Multi-hit). Allerdings war die Schutzwirkung gegen Projektilen im Vergleich zu den bekannten Keramiken recht gering. (Orsini
20 and Cottenot, 15th International Symposium on Ballistics, Jerusalem, 1995).

Es ist daher Aufgabe dieser Erfindung, einen keramischen Werkstoff zu finden mit einem geringen spezifischen
25 Gewicht, der eine gute Beschußfestigkeit aufweist und dabei auch einem wiederholten Beschuß standhält.

Außerdem sollte der gesuchte Werkstoff als großflächiges Element gestaltet werden können durch einfache Formgebungs-
30 verfahren.

Außerdem war es eine weitere Aufgabe der Erfindung, den Werkstoff so auszuwählen, daß er auch hohen Sicherheitsanforderungen gegen Beschuß und andere stoßartige

Belastungen genügt. Hierbei sollte der gesuchte Werkstoff entweder alleine das Schutzelement bilden oder eine konventionelle rückwärtige Verstärkung aufweisen.

- 5 Die Lösung dieser Aufgaben erfolgt erfindungsgemäß durch die Verwendung von Elementen aus einem mit Fasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, die mindestens 10 Gewichtsprozent Siliziumcarbid beinhaltet, wobei der Anteil der Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern an
10 der Masse der Fasern mindestens 5 Gewichtsprozent beträgt, zur teilweisen oder vollständigen Absorption mindestens einer stoßartigen, punktuellen Belastung, dessen Abmessungen in einer Richtung senkrecht zur Richtung der Belastung mindestens 3 cm, bevorzugt jedoch mindestens
15 10 cm und besonders bevorzugt mindestens 30 cm betragen.

- Um den hohen Sicherheitsanforderungen gegen Beschuß und andere stoßartige Belastungen gerecht zu werden, werden bevorzugt Elemente aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder
20 Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix verwendet, die aus 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs bestehen, wobei der Faseranteil
25 des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt. Hierbei beträgt die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm und die Fasern sind mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet. Hierbei ist die minimale Dicke der Elemente in
30 Richtung der Krafteinwirkung den Sicherheitsanforderungen entsprechend anzu passen, wie im Detail im weiteren beschrieben. Um Material und damit Kosten zu sparen sollte die Dicke der Elemente möglichst gering gewählt werden.

Die Dicke der verwendeten Elemente aus der faserverstärkten Verbundwerkstoff kann insbesondere in erfindungsgemäßen Verbunden reduziert werden, bei denen die Elemente eine rückwärtige Verstärkung aufweisen (auch Backing genannt),
5 die zumeist aufgeklebt wird.

Insbesondere werden die erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde als Strukturbauteile verwendet. Sie dienen hier zur Panzerung u.a. im Fahrzeugbau sowohl ziviler wie auch
10 militärischer Art einschließlich Panzern, dem Automobilbau, dem Luftfahrzeugbau z.B. von Hubschrauber und Flugzeugen, dem Schiffsbau und dem Bau von Bahnfahrzeugen. Auch die Panzerung von feststehenden Objekten wie z.B. Gebäuden und Tresoren ist mit den erfindungsgemäßen Elementen und
15 Verbunden möglich, z.B. als Strukturbauteil. Weiterhin können die erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde auch in Schutzwesten benutzt werden.

Auch in der Raumfahrt auftreffende Projektile können bei
20 entsprechender Auslegung der erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde durch diese absorbiert werden, so daß auch eine Verwendung zum Schutz von Raumfahrzeugen möglich ist.

Durch Verwendung des beschriebenen Elemente und Verbunde
25 ist es insbesondere möglich, daß eine Belastung z.B. durch Granatsplitter, durch Beschuß, zum Beispiel durch Projektile jeglicher Art absorbiert wird, ohne daß der Verbundkörper reißt und in mehrere Stücke zerplatzt. Dieses Verhalten ist vollkommen überraschend und konnte nicht
30 erwartet werden, insbesondere weil hinlänglich bekannt war, daß nicht- faserverstärkte Keramikmaterialien ein verhältnismäßig sprödes Verhalten aufweisen und somit bei Beschuß eine Platte aus diesem Keramikmaterial in mehrere Teile zerreißt. Wenn die Elemente und die rückwärtig

verstärkten Elemente eine geringere Dicke aufweisen, kann ein Durchschuß auftreten, ohne daß jedoch gleichzeitig ein bei herkömmlichen Keramikmaterialien unerwünschtes Zerspringen oder Zersplittern auftritt.

5

Da die erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde nicht bei einer punktuellen Belastung zerspringen, bieten sie im Gegensatz zu den bekannten Panzerungen auf Keramikbasis auch Schutz gegen mehrfachen Beschuß. Daher können die
10 erfindungsgemäßen Elemente aus verstärkten Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix auch mit größeren Abmessungen als Panzerung eingesetzt werden, als von den bisher eingesetzten Keramiken bekannt. Gegenüber diesen können die erfindungsgemäßen einteiligen Elemente und
15 Verbunde Abmessungen größer 3 cm, bevorzugt größer 10 cm und besonders bevorzugt größer 30 cm aufweisen. Auch noch größere Abmessungen sind für die Element möglich, so daß durch sie zum Beispiel Teile an Kraftfahrzeugen als Panzerungsschutz ersetzt werden können.

20

Weiterhin zeigen die erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde auch ein sehr gutes Verhalten beim Beschuß mit automatischen Waffen (Multi-Hit-Eigenschaften), da der Werkstoff nur direkt im Bereich des Beschusses geschwächt
25 wird.

Der faserverstärkte Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix der erfindungsgemäßen Elemente ist zur wesentlichen Absorption einer jeden stoßartigen punktuellen Belastung
30 geeignet und kann daher für die verschiedensten Arten in der Schutztechnik eingesetzt werden. Technisch interessant ist insbesondere die Verwendung der Elemente und Verbunde in Form von Panzerungsplatten, beispielsweise für Automobile. So ist es beispielsweise möglich,

Karosserieteile oder Karosserieverstärkungen für Flugzeuge, Flugkörper, Züge oder auch Autos aus diesem Verbundwerkstoff herzustellen und somit Fahrzeuge zu erhalten, die gegenüber Beschuß vollkommen sicher sind, ohne daß sich deren Gewicht zu sehr erhöht.

Ebenso ist es möglich, durch Verwendung des faserverstärkten Verbundwerkstoffe beispielsweise den Bodenbereich einer Hubschrauberkanzel auszukleiden.

10

Ein ähnlicher Schutz gegenüber Beschuß kann auch Schiffen verliehen werden, die zumindest teilweise aus diesem Material hergestellt werden können.

Ebenso ist es möglich, den faserverstärkten Verbundwerkstoff zum Schutz von Gebäuden, Bunkern und Lagern z.B. Treibstofflager oder Personenlager (Zeltlager), aber auch Fernmeldeanlagen oder Radarstationen einzusetzen, ohne daß hierfür teure oder sehr schwere Materialien verwendet werden müssen.

20

Erfindungsgemäß ist es selbstverständlich auch möglich, den faserverstärkten Verbundwerkstoffe als Splitterschutz insbesondere als Schutz gegenüber Granatsplitter zu verwenden. In diesem Fall kann sogar die Dicke einer Schutzplatte aus diesem Verbundwerkstoff dünner als bei dem Schutz gegenüber Projektilen gemacht werden.

25

Die Verwendung des faserverstärkten Verbundwerkstoffe mit keramischer Matrix umfaßt auch den Schutz im zivilen Bereich, zum Beispiel in Form einer Einlage für Schutzwesten oder allgemein für Bekleidung, die am menschlichen Körper getragen wird.

30

Weiterhin ist es möglich, durch die erfindungsgemäß beschriebene Verwendung einen Schutz von Bauteilen von Weltraumstationen zum Beispiel gegenüber Meteoriteneinschlägen zu erhalten.

5

Die erfindungsgemäß verwendeten, faserverstärkten Verbundwerkstoffe zeichnen sich insbesondere dadurch aus, daß die Festkörperstruktur während der Energieeinwirkung sehr lange erhalten bleibt. Die einwirkende Energie wird dann innerhalb des Werkstoffes transformiert.

10

Außerdem zeichnen sich die erfindungsgemäß verwendeten Element und Verbunde durch ein besonders geringes spezifisches Gewicht aus. Während bekannte Keramikmaterialien wie Aluminiumoxid ein verhältnismäßig hohes spezifisches Gewicht aufweisen (das spezifische Gewicht von Aluminiumoxid liegt bei $3,8 \text{ g/cm}^3$) haben die erfindungsgemäß verwendeten Verbundwerkstoffe ein deutlich geringeres spezifisches Gewicht von nur $2,0$ bis $2,7 \text{ g/cm}^3$, insbesondere $2,3$ bis $2,4 \text{ g/cm}^3$. Dies bedeutet, daß die erfindungsgemäß verwendeten Verbundwerkstoffe insbesondere ein erheblich niedrigeres spezifisches Gewicht als die bisher verwendeten metallischen, ballistischen Stähle haben, die eine Dichte von ca. $7,8 \text{ g/cm}^3$ aufweisen. Ihr spezifisches Gewicht ist aber auch niedriger als das der bekannten Aluminiumoxidkeramiken. Dies ermöglicht bei der Verwendung dieser Materialien im Fahrzeug-, Flugzeug- und Schiffsbau und auch im Personenschutz ein deutliches Gewichtseinsparungspotential.

25
30

Die erfindungsgemäß verwendeten Verbundkörper zeichnen sich durch ein sehr gutes Bruchverhalten aus, wie bei den später dargelegten Beschußversuchen beobachtet werden konnte. Die auf den Werkstoff einwirkende mechanische

- Impulsenergie eines Projektils wird über innere, energie-
verzehrende Effekte im Verbundkörper absorbiert, wobei in
den einen Bereichen der Matrix zwischen den Fasern
Mikrorisse induziert, die nach und nach die Energie der
5 Geschosse aufnehmen. Hierbei erfolgt eine Abflachung bzw.
Aufpflanzung der auftretenden Projektile, wobei das Geschoss
abgebremst wird und eine Umwandlung der kinetischen Energie
in Energie zur Rißbildung erfolgt.
- 10 Als Fasern können neben Kohlenstoff- und Graphitfasern auch
technisch äquivalente Fasern verwendet werden wie
Aluminiumoxid-, Siliziumnitrid- und Si/B/C/N- Fasern, die
z.B. in DE 197 11 829 C1 angegeben werden. Diese können
zusätzlich oder anstatt der Kohlenstoff- und Graphitfasern
15 im Verbundwerkstoff der erfindungsgemäßen Elemente und
Verbunde enthalten sein. Bevorzugt werden Fasern auf der
Basis von Silizium, Kohlenstoff, Bor, Stickstoff, Aluminium
oder Mischungen hiervon eingesetzt.
- 20 Grundsätzlich sollte bei der Auswahl der Fasern das
Kriterium erfüllt sein, daß diese Fasern hochwarmfeste
Fasern sind und somit Temperaturen von bis zu etwa 1600°C
aushalten können, damit sie bei der Infiltration mit
schmelzflüssigen Materialien nicht schnell beschädigt
25 werden. Herkömmliche Materialien weisen keinen Faserschutz
(Hülle) auf, so daß z.B. ungeschützte Kohlenstofffasern bei
der Infiltration mit Silizium angegriffen werden und es
unmöglich ist, ein duktilen Material zu erhalten. Die
erfindungsgemäß verwendeten Fasern weisen daher
30 vorteilhafterweise eine Schutzbeschichtung auf. Diese
besteht bevorzugt aus mindestens einer Kohlenstoff- oder
Graphitschicht, die Verkoken von z.B. Kunstharzen und/oder
anderen kohlenstoffspendenden Stoffen entstehen und womöglich
nachfolgendes Graphitieren. Mehrere Schutzschichten aus

Kohlenstoff oder Graphit werden besonders bevorzugt. Die Herstellung einer solchen, mit Schutzhülle(n) versehenen Faser ist z.B. aus DE 197 10 105 A1 bekannt.

5 Neben Kurzfasern können in den Verbundwerkstoffen der erfindungsgemäßen Elemente auch Fasern mit einer größeren Länge verwendet werden. Grundsätzlich gibt es im Hinblick auf die Faserlänge keine Beschränkung. Werden Kurzfasern (Faserlängen bis ca. 4 mm) und Fasern größerer Länge in den
10 Verbundwerkstoff eingebracht, so tragen vor allem die längeren Fasern zur Verstärkung des Werkstoffs bei. Der Anteil dieser längeren Fasern wird daher im folgenden und in den Ansprüchen mit Verstärkungsfaser bezeichnet. Bei Verbundwerkstoffen, die nur Kurzfasern enthalten, sind dies
15 die Verstärkungsfasern. Die Bündelstärke der Fasern (eigentlich Faserbündel) beträgt üblicherweise 1000 bis 920.000 Filamenten. Die Fasern der erfindungsgemäßen Elemente haben bevorzugt eine Bündelstärke von 1 bis 3000 Filamenten.

20 Als Ausgangsmaterial für die Fasern kann auch ein organisches Polymer wie zum Beispiel Polyacrylnitril oder Cellulose verwendet werden, aus dem flächige Gebilde wie Gewebe oder Vliese hergestellt werden können, wie in
25 DE 195 17 911 A1 beschrieben ist. Wird Cellulose verwendet, wird diese in einem Vorverfahren unschmelzbar gemacht. Es ist auch möglich, anorganische Polymere zu verwenden, die zu Vliesen versponnen werden. Als Materialien können Polysilane, Polysilazane, Carbosilane, die unschmelzbar
30 gemacht werden, oder Vliese aus borhaltigen Silazanen erwähnt werden. Günstig ist es, wenn Gewebe mit niedrigviskosen Substanzen wie Furfurylalkohol, Polyphenylenen, Polyimiden oder Polyacrylaten imprägniert werden, um eine gute Benetzung zu erzielen.

Die in den erfindungsgemäßen Elementen verwandten Verbundwerkstoffe weisen bevorzugt in der Matrix neben Siliziumcarbid auch Phasen von Silizium und Kohlenstoff auf,
5 besonders bevorzugt beinhaltet die Matrix nur Phasen von Siliumcarbid, Silizium und Kohlenstoff.

Der Verbundwerkstoff der erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde beinhaltet mindestens 10 Gewichtsprozent Siziumcarbidbezogen auf die Gesamtmasse, vorteilhafterweise 20
10 Gewichtsprozent und besonders bevorzugt 30 Gewichtsprozent. Der Anteil der Fasern an der Gesamtmasse sollte mindestens 5 Gewichtsprozent betragen, bevorzugt sogar 10 Prozent und besonders vorteilhaft ist ein Anteil der Fasern über 15
15 Gewichtsprozent. Weiterhin ist es sehr vorteilhaft, wenn der Verbundwerkstoff der erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde ein duktiles Bruchverhalten aufweist.

Um die erfindungsgemäßen Elemente und Verbunde auch als
20 Schutz gegen den Durchschlag großkalibriger Geschosse zu verwenden, sind faserverstärkte Verbundwerkstoffe mit den folgenden Eigenschaften zu verwenden.

Ein guter Schutz wird dann erreicht, wenn der
25 Verbundwerkstoff bezogen auf seine Gesamtmasse 40 bis 85 Gewichtsprozent, bevorzugt 55 bis 80 Gewichtsprozent und besonders bevorzugt 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent, bevorzugt 10 bis 40 Gewichtsprozent und besonders bevorzugt 15 bis 25
30 Gewichtsprozent Kohlenstoff (einschließlich Fasern) und 0 bis 30 Gewichtsprozent, bevorzugt 2 bis 20 Gewichtsprozent und besonders bevorzugt 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium beinhaltet. Hier sollte der Anteil der Fasern bezogen auf das Gesamtgewicht 5 bis 40 Gewichtsprozent,

bevorzugt 8 bis 30 Gewichtsprozent und besonders bevorzugt 10 bis 20 Gewichtsprozent betragen. Weiterhin liegt hierbei die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern zwischen 0,2 mm und 15 mm, bevorzugt zwischen 0,5 mm und 5 mm und besonders bevorzugt zwischen 1 mm und 2 mm. Außerdem sind die Fasern mindestens mit einer Schicht Kohlenstoff beschichtet.

Ein Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff verhindert den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 20 mm bis 100 mm, bevorzugt 24 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt 28 mm bis 40 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J verhindert es, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 25 mm bis 100 mm, bevorzugt 28 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt 36 mm bis 50 mm beträgt. Außerdem verhindert es den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 32 mm bis 100 mm, bevorzugt 36 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt 40 mm bis 60 mm beträgt.

Weiterhin verhindert ein Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 20 mm bis 100 mm, bevorzugt 24 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt 28 mm bis 40 mm beträgt. Den Durchschlag von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus

- Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s verhindert es, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 25 mm bis 100 mm, bevorzugt 28 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt 36 mm bis 50 mm beträgt. Außerdem verhindert es den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 32 mm bis 100 mm, bevorzugt 36 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt 40 mm bis 60 mm beträgt.
- 15 Ein Verbund aus einem Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, verhindert den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3,2 mm bis 30 mm, bevorzugt 4,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt 6 mm bis 20 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 4 mm bis 40 mm, bevorzugt 5,5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt 7,5 mm bis 25 mm beträgt. Außerdem verhindert er den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 4,8 mm bis 50 mm, bevorzugt 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 2105 J verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements

senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 5,5 mm bis 50 mm, bevorzugt 7 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 10 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 3272 J verhindert er, wenn
5 die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 8 mm bis 50 mm, bevorzugt 10 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 12 mm bis 30 mm beträgt.

Weiterhin verhindert ein Verbund aus einem Element aus
10 einem derartigen Verbundwerkstoff mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit
15 einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3,2 mm bis 30 mm, bevorzugt 4,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt 6 mm bis 20 mm beträgt. Den Durchschlag von Flachkopf-
20 geschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 440 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 4 mm bis 40 mm, bevorzugt 5,5 mm
25 bis 30 mm und besonders bevorzugt 7,5 mm bis 25 mm beträgt. Außerdem verhindert er den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, wenn
30 die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 4,8 mm bis 50 mm, bevorzugt 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Stahlpenetrator und einem

Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse von bis zu 7,9 g und einer Geschwindigkeit von bis zu 730 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 5,5 mm bis 50 mm, bevorzugt 7 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 10 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Spitzkopf-geschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse von bis zu 9,5 g und einer Geschwindigkeit von bis zu 830 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 8 mm bis 50 mm, bevorzugt 10 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 12 mm bis 30 mm beträgt.

Ein besonders guter Schutz wird dann erreicht, wenn der Verbundwerkstoff bezogen auf seine Gesamtmasse 55 bis 80 Gewichtsprozent und bevorzugt 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent und bevorzugt 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff (einschließlich Fasern) und 2 bis 20 Gewichtsprozent und bevorzugt 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium beinhaltet. Hier sollte der Anteil der Fasern bezogen auf das Gesamtgewicht 8 bis 30 Gewichtsprozent und bevorzugt 10 bis 20 Gewichtsprozent betragen. Weiterhin liegt hierbei die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern zwischen 0,5 mm und 5 mm und bevorzugt zwischen 1 mm und 2 mm. Außerdem sind die Fasern mindestens mit einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet.

Ein Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff verhindert den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 15 mm bis 100 mm, bevorzugt 19 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt 23 mm bis 40 mm beträgt. Den Durchschlag von

Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J verhindert es, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 20 mm bis 100 mm, bevorzugt 25 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt 30 mm bis 50 mm beträgt. Außerdem verhindert es den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 25 mm bis 100 mm, bevorzugt 31 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt 37 mm bis 60 mm beträgt.

Weiterhin verhindert ein Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 15 mm bis 100 mm, bevorzugt 19 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt 23 mm bis 40 mm beträgt. Den Durchschlag von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s verhindert es, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 20 mm bis 100 mm, bevorzugt 25 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt 30 mm bis 50 mm beträgt. Außerdem verhindert es den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 25 mm bis 100 mm, bevorzugt 31 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt 37 mm bis 60 mm beträgt.

Ein Verbund aus einem Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, verhindert den

5 Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 2,4 mm bis 30 mm, bevorzugt 3,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt 5 mm bis 20 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit

10 einer kinetischen Energie bis zu 1510 J verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3 mm bis 40 mm, bevorzugt 4,5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt 6,5 mm bis 25 mm beträgt. Außerdem verhindert er den Durchschlag von Geschossen mit

15 einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3,6 mm bis 50 mm, bevorzugt 5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 7 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 2105 J

20 verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 4 mm bis 50 mm, bevorzugt 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 3272 J verhindert er, wenn

25 die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 6 mm bis 50 mm, bevorzugt 7,5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 9 mm bis 30 mm beträgt.

Weiterhin verhindert ein Verbund aus einem Element aus

30 einem derartigen Verbundwerkstoff mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit

einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 2,4 mm bis 30 mm, bevorzugt 3,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt 5 mm bis 20 mm beträgt. Den Durchschlag von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3 mm bis 40 mm, bevorzugt 4,5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt 6,5 mm bis 25 mm beträgt. Außerdem verhindert er den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3,6 mm bis 50 mm, bevorzugt 5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 7 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse von bis zu 7,9 g und einer Geschossgeschwindigkeit von bis zu 730 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 4 mm bis 50 mm, bevorzugt 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse von bis zu 9,5 g und einer Geschossgeschwindigkeit von bis zu 830 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 6 mm bis 50 mm, bevorzugt 7,5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 9 mm bis 30 mm beträgt.

Ein hervorragender Schutz wird dann erreicht, wenn der Verbundwerkstoff bezogen auf seine Gesamtmasse 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff (einschließlich Fasern) und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium beinhaltet. Hier sollte der Anteil der Fasern bezogen auf das Gesamtgewicht 10 bis 20 Gewichtsprozent betragen. Weiterhin liegt hierbei die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern zwischen 1 mm und 2 mm. Außerdem sind die Fasern mindestens mit drei Schichten graphitierten Kohlenstoff beschichtet.

Ein Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff verhindert den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 12 mm bis 100 mm, bevorzugt 15 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt 18 mm bis 40 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J verhindert es, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 16 mm bis 100 mm, bevorzugt 20 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt 24 mm bis 50 mm beträgt. Außerdem verhindert es den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 20 mm bis 100 mm, bevorzugt 24 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt 28 mm bis 60 mm beträgt.

Weiterhin verhindert ein Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung

des Geschosses 12 mm bis 100 mm, bevorzugt 15 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt 18 mm bis 40 mm beträgt. Den Durchschlag von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 440 m/s verhindert es, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 16 mm bis 100 mm, bevorzugt 20 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt 24 mm bis 50 mm beträgt. Außerdem verhindert es den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschoßgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 20 mm bis 100 mm, bevorzugt 24 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt 28 mm bis 60 mm beträgt.

Ein Verbund aus einem Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, verhindert den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 2 mm bis 30 mm, bevorzugt 2,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt 4 mm bis 20 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 2,5 mm bis 40 mm, bevorzugt 3 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt 5,5 mm bis 25 mm beträgt. Außerdem verhindert er den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3 mm bis 50 mm, bevorzugt 4 mm bis 40 mm und

besonders bevorzugt 6 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 2105 J verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3,5 mm bis 50 mm, bevorzugt 4,5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 7 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 3272 J verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 5 mm bis 50 mm, bevorzugt 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt.

Weiterhin verhindert ein Verbund aus einem Element aus einem derartigen Verbundwerkstoff mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 2 mm bis 30 mm, bevorzugt 2,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt 4 mm bis 20 mm beträgt. Den Durchschlag von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 2,5 mm bis 40 mm, bevorzugt 3 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt 5,5 mm bis 25 mm beträgt. Außerdem verhindert er den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3 mm bis 50 mm, bevorzugt 4 mm bis 40 mm und

besonders bevorzugt 6 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse von bis zu 7,9 g und einer Geschwindigkeit von bis zu 730 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 3,5 mm bis 50 mm, bevorzugt 4,5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 7 mm bis 30 mm beträgt. Den Durchschlag von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse von bis zu 9,5 g und einer Geschwindigkeit von bis zu 830 m/s verhindert er, wenn die minimale Dicke des Elements senkrecht zur Einschlagrichtung des Geschosses 5 mm bis 50 mm, bevorzugt 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt 8 mm bis 30 mm beträgt.

Zusätzlich zu den Fasern können auch verschiedene Füllstoffe in die Matrix eingebracht werden. Als Füllstoffe eignen sich insbesondere Silicide, Carbide, Boride, Metalle und Kohlenstoffe, zum Beispiel in Form von Ruß, Graphit, Koks oder Mischungen daraus. Besonders interessant sind hier Siliciumcarbid, B_4C , Ruß, Graphit oder Zirkonboride. Die Verwendung von Ruß und/oder Graphit ist besonders bevorzugt, weil durch diese Substanzen eine gute Umwandlung in SiC ermöglicht wird. Die Verwendung von B_4C ist zur Zeit bei Anwendungen üblich, wenn eine hohe Härte des Verbundkörpers erzielt werden soll. Zirkonboride werden wegen ihrer Hochtemperaturbeständigkeit verwendet. Daher sind bei ihrem Einsatz für die erfindungsgemäß verwendeten Verbundkörper insbesondere bei Beschuß mit Leuchtmunition Vorteile zu erwarten. Sollen aber Verbundkörper mit besonders niedrigem spezifischem Gewicht eingesetzt werden, ist es bevorzugt, andere Füllstoffe als Zirkonborid, das eine hohe Dichte hat, zu verwenden.

- Die Menge der gegebenenfalls einzusetzenden Füllstoffe kann in Abhängigkeit von den zu erzielenden Eigenschaften des Verbundkörpers bestimmt werden. Bei Verwendung von
- 5 reagierenden Füllstoffen wie Ruß oder Graphit liegt die Menge bevorzugt bei bis zu 40 Gew.%, bezogen auf die Ausgangsmischung. Bei höheren Mengen kann eine Deformation des Körpers oder auch eine Rißbildung auftreten. Mehr bevorzugt liegt die Menge bei bis zu 30 Gew.%. Werden
- 10 nicht-reagierende Füllstoffe, z.B. SiC, eingesetzt, sind auch höhere Konzentrationen möglich. Der Anteil an solchen Füllstoffen hängt im wesentlichen von der Sprödigkeit und der Härte, die eingestellt werden sollen, ab.
- 15 Ein bedeutender Vorteil der Verwendung des faserverstärkten Verbundwerkstoffs mit keramischer Matrix liegt darin, daß die Elemente direkt in der Form des gewünschten Strukturbauteils hergestellt werden kann, so daß sich Formgebungsschritte nach Herstellung der Elemente vermeiden lassen und
- 20 somit eine weitere Kostenreduzierung bei der Herstellung von beispielsweise Schutz- oder Panzerungsplatten erhalten wird. Angesichts der hohen Bruchfestigkeit der Elemente ist es nicht unbedingt erforderlich, die erfindungsgemäßen Elemente mit einer rückwärtigen Verstärkung zu versehen,
- 25 wobei das Verstärkungsmaterial wie Fasergewebe (z.B. Aramidfasern) oder Metallplatten auf die Rückseite des Verbundwerkstoffs geklebt wird, um eine beschußfeste Panzerungsplatte zu erhalten. Vielmehr kann der Verbundkörper selbst bereits diese Panzerungsplatte darstellen.
- 30 Allerdings ist die Dicke eines erfindungsgemäßen Elements aus einem Verbundwerkstoff größer als die, die für das Element benötigt wird, wenn durch die rückwärtige Verstärkung ein erfindungsgemäßer Verbund gleicher Wirkung bereitgestellt wird.

Die Herstellung des mindestens zum Teil mit Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern faserverstärkten Verbundwerkstoffs mit keramischer Matrix, die Siliziumcarbid beinhaltet, kann beispielsweise nach dem aus DE 197 11 829 C1 oder
5 DE 197 10 105 A1 bekannten Verfahren erfolgen. Auf diese beiden Druckschriften wird im Hinblick auf das Herstellungsverfahren ausdrücklich Bezug genommen.

Grundsätzlich können zur Herstellung von faserverstärkten
10 C/SiC-Keramiken alle bekannten Verfahren benutzt werden. Bei den oben zitierten Verfahren werden zur Herstellung von Verbundwerkstoffen, in die einzelne Fasern (oder Faserbündel) eingebracht werden, die folgenden Fertigungsschritte durchlaufen.

15 Die eingebrachten Fasern werden z.B. wie in DE 197 11 829 C1 und DE 197 10 105 A 1 beschrieben, vorbehandelt bzw. hergestellt und über einen Mischer mit einem Harz, das Kohlenstoff liefert, vermischt und über eine Preßform in
20 die Ausgangsform abgeformt und bei Temperaturen bis zu etwa 150°C ausgehärtet. Die so entstandenen Formkörper (CFC-Vorkörper) werden bei Temperaturen von bis etwa 1000°C pyrolysiert und eventuell anschließend bei Temperaturen von bis zu etwa 2000°C graphitiert.

25 Der so erhaltene CFC-Vorkörper wird anschließend bei Temperaturen von bis zu etwa 1800°C im Vakuum mit flüssigem Silizium imprägniert. Hierbei wandelt sich ein Großteil des Matrixkohlenstoffes in einer exothermen Reaktion mit dem
30 eingebrachten Silizium zu Siliziumcarbid um. Aufgrund einer speziellen Vorbehandlung der Fasern bleiben die Kohlenstofffasern bei dieser Reaktion erhalten und können somit zur Duktilisierung der Keramik beitragen.

Ebenso geeignet sind die bekannten 2D- und 3D- CFC-Gewebestrukturen mit hohen Faservolumengehalten, die unter anderem direkt aus Polyacrylnitril-Faserflächengebilden über das Verfahren der Direktoxidation und durch nachfolgende Pyrolyse hergestellt werden können. Hierbei werden insbesondere die folgenden Verfahrensschritte durchlaufen.

Die Kohlenstoffaser-Verstärkungsstruktur wird in eine Form gebracht, die der gewünschten Endform entspricht. Bei 130°C wird der Faserkörper im Vakuum und unter Druck mit einer Harzmatrix imprägniert und nach dem Aushärten und Entformen bei Bedarf noch nachbearbeitet.

Die so entstandenen CFK-Vorkörper werden anschließend bei Temperaturen bis zu 1000°C pyrolysiert. Dann kann eine Nachverdichtung dieses CFC-Materials mit einem kohlenstoffhaltigen Polymer auf Pech- oder Harzbasis in einem oder mehreren Schritten erfolgen, wobei jedem Nachverdichtungsschritt ein weiterer Pyrolyse-Schritt folgt. So wird ein für die folgende Infiltration geeignetes CFC-Material erhalten, in dem die Kohlenstoffasern ausreichend geschützt vor dem Angriff insbesondere des flüssigen Siliziums vorliegen. Abschließend kann eine Graphitierung des CFC- Verbundwerkstoffs bei Temperaturen von bis etwa 2000°C erfolgen.

Die Silizierung wird bei Temperaturen von bis zu etwa 1800°C im Vakuum durchgeführt.

Über die oben beschriebenen konkreten Verfahren können zum Beispiel direkt die Formen von Fahrzeugtüren oder bestimmten Flugzeugkomponenten gebildet werden.

Als Infiltrationsmaterial kommen neben Silizium auch andere Materialien in Betracht, die dem Silizium hinzugegeben werden. Grundsätzlich müssen die zur Infiltration verwendeten Materialien in der Lage sein, in dem

5 Temperaturbereich von bis zu 1800°C zu schmelzen. Als weitere Infiltrationsmaterialien kommen auch Aluminium, Bor, Magnesium, Stickstoff, Kohlenstoff und deren Verbindungen oder Mischungen, sowie Silizide in Betracht. Auch können ausschließlich Silizide infiltriert werden, um

10 eine Siliziumcarbid beinhaltende Matrix zu bilden.

Insbesondere bevorzugt wird bei der Herstellung der Verbundkörper Silizium als Infiltrationsmaterial verwendet. Silizium werden bei der Zugabe anderer Stoffe bevorzugt

15 Silizide wie beispielsweise Molybdänsilizide, Eisensilizide, Chromsilizide, Tantalsilizide oder Mischungen dazugegeben. Derartige Materialien können den Schmelzpunkt des Infiltrationsmaterials verändern.

20 Ebenso ist es auch möglich, Polymere auf Siliziumbasis als Infiltrationsmaterial zu verwenden. Beispiele solcher Polymere sind beispielsweise borhaltige Polysilazane.

Nachfolgend werden zur näheren Erläuterung dieser Erfindung

25 Ausführungsbeispiele angegeben.

Beispiele 1 und: Herstellung von Elementen aus einem mit Fasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix

30 Zunächst wurde ein Prepreg aus 3K-Kohlenstofffaserbündeln (3000 Einzelfilamente) hergestellt, wobei die Kohlenstofffasern auf der Basis von PAN-Fasern hergestellt worden sind. Hierzu wurden die Faserbündel zu einem Köpergewebe

verflochten, anschließend das Gewebe in Phenolharz (Resol-Typ) getränkt und mit einem Trennpapier auf beiden Seiten versehen. Danach wurde das harzgetränkte Gewebe auf 130 °C erhitzt, um die Klebrigkeit des Prepegs herzustellen.

5

Anschließend wurde die Prepregplatten übereinandergelegt und zu einem Preßkörper verpreßt. Dieser wurde anschließend bei 900 °C gebrannt, wobei die Brennkurve im Bereich zwischen 400 °C und 600 °C eine Steigung von 5 °C pro Minute aufwies. Anschließend wurde der so erhaltene CFC-Körper dreimal hintereinander zunächst jeweils mit einem Steinkohlenteerpech mit einem Erweichungspunkt von 60 °C imprägniert und dann bei ebenfalls bei 900 °C gebrannt, um ihn weiter zu verdichten.

10

15

Der so erhaltene CFC-Körper wurde danach zunächst in einem Backenbrecher (Hersteller: Fa. Alpine Hosokawa) zerkleinert und anschließend in einer Schneidmühle (Hersteller: Fa. Alpine Hosokawa) in Faserbündel zerschnitten. Abschließend wurden die Faserbündel in einer Taumelsiebanlage (Hersteller Fa. Allgaier) in einzelne Faserfraktionen sortiert, wobei die Siebeeinsätze (Siebfläche 1,15 m²) eine lichte Maschenweite von 0,5 mm, 1mm, 2 mm, 3 mm, 4mm und 6 mm aufwiesen gemäß ISO 9044. Als Ergebnis dieses Siebprozesses wurden verschiedene Faserfraktionen erhalten, wodurch u.a. eine Fraktion A mit Fasern der Länge 12,45 mm bis 17,55 mm und der Breite 660 µm bis 2,26 mm, eine Fraktion B mit Fasern der Länge 8,5 mm bis 13,5 mm und der Breite 690 µm bis 2,21 mm, eine Fraktion C mit Fasern der

20

25

Länge 5,5 mm bis 10,5 mm und der Breite 760 µm bis 2,16 mm, eine Fraktion D mit Fasern der Länge 0,2 mm bis 3 mm und der Breite 200 µm bis 1 mm, eine Fraktion E mit Fasern der Länge 0,1 mm bis 3 mm und der Breite 50 bis 500 µm und eine
5 Fraktion F mit Fasern der Länge bis 0,3 mm und der Breite 8 bis 200 µm vorlagen.

Danach wurden für Proben vom Beispiel 1 eine Mischung 1 aus 70 % der Gesamtmasse Fasern gemäß der Zusammensetzung 35 %
10 Fraktion D, 35 % Fraktion E und 30 % Fraktion F und als Bindemittel 30 % der Gesamtmasse Phenolharz (Resol- Typ) und für Proben vom Beispiel 2 eine Mischung 2 aus 70 % der Gesamtmasse Fasern gemäß der Zusammensetzung 12 % Fraktion A, 18 % Fraktion B, 40 % Fraktion C und 30 % Fraktion D und
15 als Bindemittel 21 % der Gesamtmasse Phenolharz (Resol- Typ) und 9 % der Gesamtmasse Steinkohlenteerpech (Erweichungspunkt: 230 °C) in einem Z-Arm-Knetter (Hersteller: Fa. Werner & Pfleiderer) durch 15 Minuten Mischen bei einer Drehzahl von 30 1/min hergestellt.

20 Anschließend wurden jeweils 1200 g der Mischung 1 in einer Gesenkpresse in quadratischer Preßform der Seitenlänge 325 mm bei einem spezifischen Druck von 12 Kp/cm² und einer Temperatur von 130 °C verpreßt. Diese Temperatur wurde 3 h bei konstantem Preßdruck gehalten. Nach dem Abkühlen auf
25 30°C wurde die ausgehärtete Platte aus der Preßform herausgenommen. Durch diese Vorgehensweise wurde eine CFK-Platte mit einer Höhe (Dicke) von 10 mm und einer Dichte von 1,2 g/cm³ erhalten.

30 Analog wurden jeweils 5100 g der Mischung 2 Platten mit einer Dicke von 38 mm mit einer Dichte von 1,18 g/cm³ erhalten.

Danach erfolgte die Carbonisierung der Proben bei 900 °C unter Schutzgas (Heizrate von 2 K/min). Die Abkühlung der Platten auf Raumtemperatur erfolgte unregelmäßig mit bis zu 10 K/min. Nach dem Carbonisieren wiesen die Platten Dichten von 1,05 g/cm³ (Beispiel 1) und 1,03 g/cm³ (Beispiel 2) auf.

Abschließend erfolgte die Infiltrierung der Proben bei 1700°C mit flüssigem Silizium im Vakuum in einen Hochtemperaturofen unter einem Siliziumangebot (Korngröße bis zu 5 mm) des Anderthalbfachen der Probenmasse, wodurch die SiC-Struktur der Matrix der Proben erzeugt wird. Hierbei erfolgte die Silizierung zunächst bei einem Temperaturanstieg von 10 K/min auf 1400°C und dann mit 5 K/min auf 1800°C. Die Temperatur wurde danach 45 min gehalten, dann erfolgte ein Temperaturabfall mit 5 K/min auf 1400°C und anschließend eine unregelmäßige Abkühlung. Der so erhaltene C/SiC- Verbundwerkstoffe wiesen Dichten von 2,4 g/cm³ und 2,35 g/cm³ auf. Die so hergestellten Platten aus dem C/SiC- Verbundwerkstoff des Beispiels 1 wiesen einen Faseranteil an der Gesamtmasse von 15 % auf, und eine Zusammensetzung bezogen auf die Gesamtmasse von 68 % Siliziumcarbid, 22 % Kohlenstoff und 10 % Silizium. Die mittlere Faserlänge betrug 1,5 mm. Die Platten aus dem C/SiC- Verbundwerkstoff des Beispiels 2 wiesen einen Faseranteil an der Gesamtmasse von 17 % auf, und eine Zusammensetzung bezogen auf die Gesamtmasse von 58 % Siliziumcarbid, 31 % Kohlenstoff und 11 % Silizium. Die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern betrug 10 mm.

Beispiel 3: Herstellung eines Elements aus einem mit Fasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix mit einer rückseitigen Verstärkung.

Die gemäß dem Beispiel 1 hergestellten Platten der Dicke 10 mm wurden, um sie zum Schutz gegen Beschuß einzusetzen, zusätzlich mit einem konventionellen rückwärtigen Verstärkungssystem (Backing) versehen. Hierzu wurde die Rückseite der keramischen Platte zunächst quarzsandgestraht und danach 10 Lagen Aramidfasergewebe T 750 (Akzo Nobel, Deutschland) mit der PUR- Kleber SIKAFLEX® 255 FC (Hersteller: Sika Chemie GmbH, Deutschland) und einem Haftprimer auf die Rückseite der C/SiC- Platte geklebt.

Ergebnisse von Beschußversuchen

Mit den Elementen aus mit Fasern verstärkten Verbundwerkstoffen mit keramischer Matrix mit rückseitige Verstärkung gemäß Beispiel 3 und ohne rückseitige Verstärkung gemäß Beispiel 2 wurden Beschußversuche durchgeführt. Das Prüfverfahren bestand in einer Durchschußprüfung nach der Euro-Norm, DIN EN 1523. Die Prüfanforderungen lagen in einer Durchschußhemmung in den Widerstandsklassen nach Tabelle 1 der Euro-Norm, DIN EN 1522. Für den Versuchsaufbau wurden die Platten an ein Gestell gespannt, wobei das Prüfmuster im Winkel von 90° zur Schußrichtung befestigt wurde. Die Schußentfernung war 5 bzw. 10 m. Der Trefferabstand war 120 mm ± 10 mm.

Zunächst wurden an Platten der Abmessungen 325 mm x 278 mm x 38 mm, die aus Platten gemäß dem Beispiel 2 hergestellt wurden, Beschußversuche durchgeführt. Es wurde gefunden, daß die Platten folgenden Beschußversuchen standhielten, wobei jeweils mindestens drei Schüsse auf eine Platte abgegeben wurden.

Versuch 1 (Beschußklasse FB 3)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 357 Magnum verwendet, und das Geschoß wies einen Vollmantel aus Stahl, einen Kegelspitzkopf und Weichkern aus Blei auf. Das Geschoßgewicht lag bei 10,2 g. Die Prüffentfernung betrug 5 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 430 m/s, die Geschoßenergie 942,9 J.

10 Versuch 2 (Beschußklasse FB 4)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 44 Rem. Magnum verwendet, und das Geschoß wies einen Vollmantel aus Kupfer, einen Flachkopf und Weichkern aus Blei auf. Das Geschoßgewicht lag bei 15,6 g. Die Prüffentfernung betrug 5 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 440 m/s, die Geschoßenergie 1510 J.

Es zeigte sich, daß die Platten bei diesem Versuch auch gegen einen Mehrfachbeschuß beständig sind, wenn die Geschosse in einem Abstand von 50 mm einschlagen, was der Wirkung automatischer Waffen entspricht (Multi-hit-Tauglichkeit).

25 Versuch 3 (Beschußklasse FB 5)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 5,56 mm x 45 mm verwendet, und das Geschoß wies einen Vollmantel aus Kupfer, einen Spitzkopf und Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator (Typ SS 109) auf. Das Geschoßgewicht lag bei 4,0 g. Die Prüffentfernung betrug 10 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 950 m/s, die Geschoßenergie 1805 J.

Bei allen diesen Beschußversuchen auf die großformatige Schutzelemente aus dem C/SiC- Verbundwerkstoff zeigte sich kein Riß in den Elementen, der eine weitere Verwendung als Schutz verhindert.

5

Außerdem wurden Elemente der Abmessung 300 mm x 300 mm gemäß dem Beispiel 3, die eine nur 10 mm dicke C/SiC- Verbundwerkstoffplatte und eine rückwärtige Verstärkung aufwiesen, den Beschußversuchen ausgesetzt.

10

Versuch 4 (Beschußklasse FB 3)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 357 Magnum verwendet, und das Geschoß wies einen Vollmantel aus Stahl, einen Kegelspitzkopf und Weichkern aus Blei auf. Das Geschoßgewicht lag bei 10,2 g. Die Prüffentfernung betrug 5 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 430 m/s, die Geschoßenergie 942,9 J.

20

Versuch 5 (Beschußklasse FB 4)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 44 Rem. Magnum verwendet, und das Geschoß wies einen Vollmantel aus Kupfer, einen Flachkopf und Weichkern aus Blei auf. Das Geschoßgewicht lag bei 15,6 g. Die Prüffentfernung betrug 5 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 440 m/s, die Geschoßenergie 1510 J. Es zeigte sich, daß die Platten bei diesem Versuch auch gegen einen Mehrfachbeschuß beständig sind, wenn die Geschosse in einem Abstand von 50 mm einschlagen, was der Wirkung automatischer Waffen entspricht (Multi- hit- Tauglichkeit).

30

Versuch 6 (Beschußklasse FB 4+)

Als Waffe wurde eine Kalaschnikow AK 47 mit einem Kaliber 7,62 mm x 39 mm verwendet, und das Geschoß wies einen
5 Vollmantel aus Kupfer, einen Kegelspitzkopf und Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator auf. Das Geschoßgewicht lag bei 7,9 g. Die Prüffentfernung betrug 10 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 730 m/s, die Geschoßenergie 2105 J.

10 Versuch 7 (Beschußklasse FB 5)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 5,56 mm x 45 mm verwendet, und das Geschoß wies einen
Vollmantel aus Kupfer, einen Spitzkopf und Weichkern aus
15 Blei mit Stahlpenetrator (Typ SS 109) auf. Das Geschoßgewicht lag bei 4,0 g. Die Prüffentfernung betrug 10 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 950 m/s, die Geschoßenergie 1805 J.

20 Versuch 8 (Beschußklasse FB 6)

Als Waffe wurde die Waffenart 'Prüflauf' mit einem Kaliber 7,62 mm x 51 mm verwendet, und das Geschoß wies einen
Vollmantel aus Stahl, einen Spitzkopf und Weichkern aus
25 Blei auf. Das Geschoßgewicht lag bei 9,5 g. Die Prüffentfernung betrug 10 m. Die Geschoßgeschwindigkeit betrug 830 m/s, die Geschoßenergie 3272 J.

Auch bei diesen Beschußversuchen auf die großformatige
30 Schutzelemente aus dem C/SiC- Verbundwerkstoff mit rückwärtiger Verstärkung zeigte sich kein Riß in den Elementen, der eine weitere Verwendung als Schutz verhindert.

Die Umgebungstemperatur bei den Beschußprüfungen lag bei 20 bis 22°C.

Aufgrund der obigen Ergebnisse ist ersichtlich, daß
5 Elemente aus C/SiC- Verbundwerkstoffen mit und ohne
Rückverstärkung beschossen werden können, ohne daß sie
zerspringen. Die Platten zeigen hierbei eine Beständigkeit
auch bei hohen Anforderungen. Insbesondere kann die Dicke
der C/SiC-Platten bei einer rückwärtigen Verstärkung nach
10 konventioneller Technik so gering gewählt werden, daß auch
ein wirtschaftlicher Einsatz gegeben ist und trotzdem eine
hohe Sicherheit gewährleistet wird.

Patentansprüche

1. Verwendung von Elementen aus einem mit Fasern
verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix,
5 die mindestens 10 Gewichtsprozent Siliziumcarbid
beinhaltet, wobei der Anteil der Kohlenstoff- und/oder
Graphitfasern an der Masse der Fasern mindestens
5 Gewichtsprozent beträgt, zur teilweisen oder
vollständigen Absorption mindestens einer stoßartigen,
10 punktuellen Belastung,
dadurch gekennzeichnet, daß
mindestens eine der Abmessungen des Elements in einer
Richtung senkrecht zur Belastung mindestens 3 cm,
bevorzugt mindestens 10 cm und besonders bevorzugt
15 mindestens 30 cm beträgt.
2. Verwendung von Elementen gemäß Patentanspruch 1 zur
teilweisen oder vollständigen Absorption mindestens
einer stoßartigen, punktuellen Belastung,
20 dadurch gekennzeichnet, daß die keramische Matrix des
Verbundwerkstoffs auch Phasen von Kohlenstoff und/oder
Silizium beinhaltet.
3. Verwendung von Elementen gemäß Patentanspruch 2 zur
25 teilweisen oder vollständigen Absorption mindestens
einer stoßartigen, punktuellen Belastung,
dadurch gekennzeichnet, daß
die keramische Matrix des Verbundwerkstoffs nur
Siliziumcarbid und Kohlenstoff und/oder Silizium
30 beinhaltet.
4. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der
Patentansprüche 1 bis 3 zur teilweisen oder
vollständigen Absorption mindestens einer stoßartigen,
35 punktuellen Belastung,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Verbundwerkstoffe, aus dem die Elemente bestehen,
nur Kohlenstoff- und/oder Graphitfasern aufweisen.

- 5 5. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der
Patentansprüche 1 bis 3 zur teilweisen oder voll-
ständigen Absorption mindestens einer stoßartigen,
punktuellen Belastung,
dadurch gekennzeichnet, daß
10 die Verbundwerkstoffe, aus dem die Elemente bestehen,
auch oder ausschließlich Aluminiumoxidfasern und/oder
Siliziumnitridfasern und/oder Si/B/C/N- Fasern
aufweisen.
- 15 6. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der
Patentansprüche 1 bis 5 zur teilweisen oder voll-
ständigen Absorption mindestens einer stoßartigen,
punktuellen Belastung,
dadurch gekennzeichnet, daß
20 die Verbundwerkstoffe, aus dem die Elemente bestehen,
ein duktilen Bruchverhalten aufweisen.
- 25 7. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der
Patentansprüche 1 bis 6 zur teilweisen oder voll-
ständigen Absorption mindestens einer stoßartigen,
punktuellen Belastung,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Fasern der Verbundwerkstoffe, aus den die Elemente
bestehen, eine Beschichtung aufweisen.
- 30 8. Verwendung von Elementen gemäß Patentanspruch 7 zur
teilweisen oder vollständigen Absorption mindestens
einer stoßartigen, punktuellen Belastung,
dadurch gekennzeichnet, daß
35 die Beschichtung der Fasern der Verbundwerkstoffe, aus

den die Elemente bestehen, aus mindestens einer Schicht Kohlenstoff und/oder Graphit besteht.

- 5 9. Verwendung von Elementen gemäß Patentanspruch 8 zur teilweisen oder vollständigen Absorption mindestens einer stoßartigen, punktuellen Belastung, dadurch gekennzeichnet, daß
- 10 die Fasern der Verbundwerkstoffe, aus den die Elemente bestehen, mit einer Hülle aus teilweise in Siliziumcarbid umgewandelten Kohlenstoff, der durch Verkoken von Kunstharzen und/oder anderen kohlenstoffspendenden Stoffen entstanden ist, verbunden sind.
- 15 10. Verwendung von Elementen gemäß Patentanspruch 9 zur teilweisen oder vollständigen Absorption mindestens einer stoßartigen, punktuellen Belastung, dadurch gekennzeichnet, daß
- 20 die Hülle der Fasern der durch Verkoken und nachfolgendes Graphitieren von Kunstharzen und/oder anderen kohlenstoffspendenden Stoffen entstanden ist.
- 25 11. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 10, wobei die Belastung durch Granatsplitter erfolgt.
12. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 10, wobei die Belastung durch Beschuß erfolgt.
- 30 13. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 10, wobei die Belastung durch Projektilen jeglicher Art erfolgt.
- 35 14. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 10 zur Panzerung.

15. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 10 als Strukturbauteil.
- 5 16. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 14 und 15 zur Panzerung im Fahrzeugbau.
- 10 17. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 15 und 16 als Strukturbauteil zur Panzerung im zivilen und militärischen Fahrzeugbau.
- 15 18. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 14 bis 17 zur Panzerung von Automobilen, militärischen Kraftfahrzeugen einschließlich Panzern, Flugzeugen, Helikoptern, Schiffen, Bahnfahrzeugen und feststehenden Objekten, insbesondere Gebäuden und Tresoren.
- 20 19. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 1 bis 10 in Schutzwesten.
- 25 20. Verwendung von Elementen gemäß Patentanspruch 13 zum Schutz von Raumfahrzeugen gegen Projektile jeglicher Art.
- 30 21. Verwendung von Elementen gemäß den Patentansprüchen 1 bis 20, wobei die Elemente durch einen Klebstoff mit einem Backing zu einem Verbund verbunden sind.
- 35 22. Verwendung von Verbunden gemäß Patentanspruch 21, wobei das Backing aus Geweben aus Fasern, insbesondere Aramidfasern, oder Metallplatten besteht.
23. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff

mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 20 mm bis 100 mm, bevorzugt von 24 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt von 28 mm bis 60 mm aufweisen.

24. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 25 mm bis 100 mm, bevorzugt von 31 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt von 37 mm bis 60 mm aufweisen.

25. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1805 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 32 mm bis 100 mm, bevorzugt von 36 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt von 40 mm bis 60 mm aufweisen.
26. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitisierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s,

- dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 20 mm bis 100 mm,
bevorzugt von 24 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt
5 von 28 mm bis 60 mm aufweisen.
27. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80
10 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichts-
prozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent
Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerk-
stoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs
8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt,
15 die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis
5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht
graphitisierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur voll-
ständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem
Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem
20 Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und
einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 25 mm bis 100 mm,
25 bevorzugt von 31 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt
von 37 mm bis 60 mm aufweisen.
28. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
30 mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85
Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichts-
prozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent
Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerk-
stoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs
35 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt,

- die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschwindigkeit bis zu 950 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 32 mm bis 100 mm, bevorzugt von 36 mm bis 80 mm und besonders bevorzugt von 40 mm bis 60 mm aufweisen.
29. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitisierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 16 mm bis 100 mm, bevorzugt von 20 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt von 24 mm bis 50 mm aufweisen.
30. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80

Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
5 Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des
Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit
mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff
beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von
10 Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 20 mm bis 100 mm,
bevorzugt von 25 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt
15 von 30 mm bis 50 mm aufweisen.

31. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85
20 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichts-
prozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent
Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerk-
stoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs
5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt,
25 die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis
15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht
Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen
Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie
bis zu 1510 J,
30 dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 25 mm bis 100 mm,
bevorzugt von 28 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt
von 36 mm bis 50 mm aufweisen.

35

32. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 16 mm bis 100 mm, bevorzugt von 20 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt von 24 mm bis 50 mm aufweisen.
33. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer

Geschoßgeschwindigkeit bis zu 440 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 20 mm bis 100 mm,
5 bevorzugt von 25 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt
von 30 mm bis 50 mm aufweisen.

34. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
10 mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85
Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichts-
prozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent
Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerk-
stoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs
15 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt,
die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis
15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht
Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen
Absorption von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern
20 aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer
Masse bis zu 15,6 g und einer Geschoßgeschwindigkeit
bis zu 440 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
25 Einschlagsrichtung der Geschosse von 25 mm bis 100 mm,
bevorzugt von 28 mm bis 70 mm und besonders bevorzugt
von 36 mm bis 50 mm aufweisen.

35. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
30 und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75
Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichts-
prozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent
Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerk-
35 stoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs

10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt,
die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis
2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten
graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur
5 vollständigen Absorption von Geschossen mit einer
kinetischen Energie bis zu 942,9 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 12 mm bis 100 mm,
10 bevorzugt von 15 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt
von 18 mm bis 40 mm aufweisen.

36. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
15 mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80
Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichts-
prozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent
Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerk-
stoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs
20 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt,
die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis
5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht
graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur
vollständigen Absorption von Geschossen mit einer
25 kinetischen Energie bis zu 942,9 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 15 mm bis 100 mm,
bevorzugt von 19 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt
30 von 23 mm bis 40 mm aufweisen.

37. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff-
und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff
mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85
35 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55

- Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 20 mm bis 100 mm, bevorzugt von 24 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt von 28 mm bis 40 mm aufweisen.
38. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitisierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschwindigkeit bis zu 430 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 12 mm bis 100 mm, bevorzugt von 15 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt von 18 mm bis 40 mm aufweisen.

39. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 430 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 15 mm bis 100 mm, bevorzugt von 19 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt von 23 mm bis 40 mm aufweisen.
40. Verwendung von Elementen aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit

einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschwindigkeit bis zu 430 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 20 mm bis 100 mm, bevorzugt von 24 mm bis 60 mm und besonders bevorzugt von 28 mm bis 40 mm aufweisen.

41. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitisierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 3272 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 5 mm bis 50 mm, bevorzugt von 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 8 mm bis 30 mm aufweisen.

42. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-

prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
 Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des
 Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
 5 Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit
 mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff
 beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungs-
 fasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
 aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden
 10 sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit
 einer kinetischen Energie bis zu 3272 J,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
 senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 6 mm
 15 bis 50 mm, bevorzugt von 7,5 mm bis 40 mm und besonders
 bevorzugt von 9 mm bis 30 mm aufweisen.

43. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
 Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
 20 Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55
 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichts-
 prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
 25 Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des
 Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
 Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit
 mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind,
 mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt
 30 eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem
 Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen
 Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie
 bis zu 3272 J,
 dadurch gekennzeichnet, daß
 35 die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke

senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 8 mm bis 50 mm, bevorzugt von 10 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 12 mm bis 30 mm aufweisen.

- 5 44. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65
10 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbund-
werkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts
beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern
1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei
15 Schichten graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind,
mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt
eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem
Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen
Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern
20 aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse
bis zu 9,5 g und einer Geschößgeschwindigkeit bis zu
830 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
25 Einschlagsrichtung der Geschosse von 5 mm bis 50 mm,
bevorzugt von 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt
von 8 mm bis 30 mm aufweisen.

- 30 45. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
35 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des

- Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 9,5 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 830 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 6 mm bis 50 mm, bevorzugt von 7,5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 9 mm bis 30 mm aufweisen.
46. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 9,5 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 830 m/s,

dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 8 mm bis 50 mm,
bevorzugt von 10 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt
5 von 12 mm bis 30 mm aufweisen.

47. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
10 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des
15 Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit
mindestens drei Schichten graphitlierten Kohlenstoff
beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungs-
fasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
20 aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden
sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit
einer kinetischen Energie bis zu 2105 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
25 senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von
3,5 mm bis 50 mm, bevorzugt von 4,5 mm bis 40 mm und
besonders bevorzugt von 7 mm bis 30 mm aufweisen.

48. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
30 Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
35 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des

- Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 2105 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 4 mm bis 50 mm, bevorzugt von 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 8 mm bis 30 mm aufweisen.
49. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 2105 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von

5,5 mm bis 50 mm, bevorzugt von 7 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 10 mm bis 30 mm aufweisen.

50. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
5 Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65
bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
10 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des
Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit
mindestens drei Schichten graphitierten Kohlenstoff
15 beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungs-
fasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden
sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopf-
geschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem
20 Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit
einer Masse bis zu 7,9 g und einer Geschossgeschwindig-
keit bis zu 730 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
25 Einschlagsrichtung der Geschosse von 3,5 mm bis 50 mm,
bevorzugt von 4,5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt
von 7 mm bis 30 mm aufweisen.

51. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
30 Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
35 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des

Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 7,9 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 730 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 4 mm bis 50 mm, bevorzugt von 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 8 mm bis 30 mm aufweisen.

52. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 7,9 g und

einer GeschöÙgeschwindigkeit bis zu 730 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 5,5 mm bis 50 mm,
5 bevorzugt von 7 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt
von 10 mm bis 30 mm aufweisen.

53. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
10 Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
15 Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des
Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit
mindestens drei Schichten graphitierten Kohlenstoff
beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungs-
20 fasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden
sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit
einer kinetischen Energie bis zu 1805 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
25 die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3 mm
bis 50 mm, bevorzugt von 4 mm bis 40 mm und besonders
bevorzugt von 6 mm bis 30 mm aufweisen.

30 54. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-
35 prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des

Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des
Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit
5 mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff
beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungs-
fasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden
sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit
10 einer kinetischen Energie bis zu 1805 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von
3,6 mm bis 50 mm, bevorzugt von 5 mm bis 40 mm und
15 besonders bevorzugt von 7 mm bis 30 mm aufweisen.

55. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
20 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des
Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit
mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind,
mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt
eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem
30 Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen
Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie
bis zu 1805 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
35 senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von

4,8 mm bis 50 mm, bevorzugt von 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 8 mm bis 30 mm aufweisen.

56. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 950 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3 mm bis 50 mm, bevorzugt von 4 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 6 mm bis 30 mm aufweisen.
57. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des

Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer Geschwindigkeit bis zu 950 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3,6 mm bis 50 mm, bevorzugt von 5 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt von 7 mm bis 30 mm aufweisen.

58. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Spitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei mit Stahlpenetrator und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 4,0 g und einer

Geschoßgeschwindigkeit bis zu 950 m/s,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur
Einschlagsrichtung der Geschosse von 4,8 mm bis 50 mm,
5 bevorzugt von 6 mm bis 40 mm und besonders bevorzugt
von 8 mm bis 30 mm aufweisen.

59. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
10 Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65
bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichts-
prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des
Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
15 Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des
Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit
mindestens drei Schichten graphitierten Kohlenstoff
beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungs-
20 fasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden
sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit
einer kinetischen Energie bis zu 1510 J,
dadurch gekennzeichnet, daß
25 die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von
2,5 mm bis 40 mm, bevorzugt von 3 mm bis 30 mm und
besonders bevorzugt von 5,5 mm bis 25 mm aufweisen.

30 60. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit
Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten
Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40
Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichts-
35 prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des

Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit
5 mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit
10 einer kinetischen Energie bis zu 1510 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3 mm bis 40 mm, bevorzugt von 4,5 mm bis 30 mm und besonders
15 bevorzugt von 6,5 mm bis 25 mm aufweisen.

61. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
20 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des
25 Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem
30 Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 1510 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke
35 senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von

4 mm bis 40 mm, bevorzugt von 5,5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt von 7,5 mm bis 25 mm aufweisen.

5 62. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des

10 Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitlierten Kohlenstoff

15 beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem

20 Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschößgeschwindigkeit bis zu 440 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß

25 die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 2,5 mm bis 40 mm, bevorzugt von 3 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt von 5,5 mm bis 25 mm aufweisen.

63. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten

30 Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des

35 Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des

Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3 mm bis 40 mm, bevorzugt von 4,5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt von 6,5 mm bis 25 mm aufweisen.

64. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Flachkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Kupfer mit einer Masse bis zu 15,6 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 440 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß

die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 4 mm bis 40 mm, bevorzugt von 5,5 mm bis 30 mm und besonders bevorzugt von 7,5 mm bis 25 mm aufweisen.

5

65. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitlierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 2 mm bis 30 mm, bevorzugt von 2,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt von 4 mm bis 20 mm aufweisen.

66. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des

- 71
- Gesamtgewichts beträgt ,die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, dadurch gekennzeichnet, daß
- 10 die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 2,4 mm bis 30 mm, bevorzugt von 3,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt von 5 mm bis 20 mm aufweisen.
- 15 67. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichts-
- 20 prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt
- 25 eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Geschossen mit einer kinetischen Energie bis zu 942,9 J, dadurch gekennzeichnet, daß
- 30 die Elemente des Verbundes eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3,2 mm bis 30 mm, bevorzugt von 4,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt von 6 mm bis 20 mm aufweisen.
- 35

68. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
- 5 65 bis 75 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 15 bis 25 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 5 bis 15 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des
- 10 Verbundwerkstoffs 10 bis 20 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 1 bis 2 mm, und die Fasern mit mindestens drei Schichten graphitlierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm
- 15 aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschossgeschwindigkeit bis zu 430 m/s,
- 20 dadurch gekennzeichnet, daß die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 2 mm bis 30 mm, bevorzugt von 2,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt von 4 mm bis 20 mm aufweisen.
- 25
69. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend
- 30 55 bis 80 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 10 bis 40 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 2 bis 20 Gewichtsprozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 8 bis 30 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der
- 35 Verstärkungsfasern 0,5 bis 5 mm, und die Fasern mit

- mindestens einer Schicht graphitierten Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschwindigkeit bis zu 430 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß
- 10 die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 2,4 mm bis 30 mm, bevorzugt von 3,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt von 5 mm bis 20 mm aufweisen.
- 15 70. Verwendung eines Verbundes eines Elements aus einem mit Kohlenstoff- und/ oder Graphitfasern verstärkten Verbundwerkstoff mit keramischer Matrix, beinhaltend 40 bis 85 Gewichtsprozent Siliziumcarbid, 5 bis 55 Gewichtsprozent Kohlenstoff und 0 bis 30 Gewichts-
- 20 prozent Silizium bezogen auf die Gesamtmasse des Verbundwerkstoffs, wobei der Faseranteil des Verbundwerkstoffs 5 bis 40 Gewichtsprozent des Gesamtgewichts beträgt, die mittlere Faserlänge der Verstärkungsfasern 0,2 bis 15 mm, und die Fasern mit
- 25 mindestens einer Schicht Kohlenstoff beschichtet sind, mit einem Gewebe aus Verstärkungsfasern, das bevorzugt eine Dicke von bis zu 15 mm aufweist, die mit einem Klebstoff miteinander verbunden sind, zur vollständigen Absorption von Kegelspitzkopfgeschossen mit einem
- 30 Weichkern aus Blei und einem Vollmantel aus Stahl mit einer Masse bis zu 10,2 g und einer Geschwindigkeit bis zu 430 m/s, dadurch gekennzeichnet, daß
- 35 die Elemente eine minimale Dicke senkrecht zur Einschlagsrichtung der Geschosse von 3,2 mm bis 30 mm,

bevorzugt von 4,5 mm bis 25 mm und besonders bevorzugt von 6 mm bis 20 mm aufweisen.

- 5 71. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 23 bis 70, wobei
die Belastung durch Projektile jeglicher Art erfolgt.
- 10 72. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 23 bis 70, wobei
die Elemente bzw.- Verbunde als Panzerung dienen.
- 15 73. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 23 bis 70, wobei
die Element bzw. Verbunde als Strukturbauteil
ausgeführt sind.
- 20 74. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 72 und 73 zur
Panzerung im Fahrzeugbau.
- 25 75. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 73 und 74 zur
Panzerung im zivilen und militärischen Fahrzeugbau.
- 30 76. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 73 bis 76 zur
Panzerung von Automobilen, militärischen
Kraftfahrzeugen einschließlich Panzern, Flugzeugen,
Helikoptern, Schiffen, Bahnfahrzeugen und feststehenden
Objekten, insbesondere Gebäuden und Tresoren.
- 35 77. Verwendung von Elementen bzw. Verbunden gemäß
mindestens einem der Patentansprüche 23 bis 70 in
kugelsicheren Schutzwesten.

78. Verwendung von Elementen gemäß mindestens einem der Patentansprüche 23 bis 70 zum Schutz von Raumfahrzeugen gegen Projektile jeglicher Art.

- 5 79. Verwendung von Verbunden gemäß den Patentansprüchen 41 bis 78, wobei das Backing aus Geweben aus Fasern, insbesondere Aramidfasern, oder Metallplatten besteht.

REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA**Certificación de Prioridad
sobre la presentación de una solicitud de patente**

No. de referencia: 199 53 259.1 /
Fecha de presentación: 4 de Noviembre de 1999
Solicitante/propietario: SGL TECHNIK GmbH, Meitingen/Alemania
Título: Uso de elementos hechos de un material
compuesto con matriz cerámica reforza-
do con fibras
IPC: C 04 B, F 41 H

Los documentos adjuntos son una copia fiel y exacta de los documentos originales de esta solicitud de patente.

Munich, 2 de Agosto del 2000

El Presidente de la Oficina Alemana de Patentes y Marcas
Por encargo: Weihmayr
(Firma y Sello Oficial)

Reivindicaciones

1. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras, el cual contiene al menos el 10% de peso en carburo de silicio, siendo la porción de fibras de carbono y/o de fibras de grafito al menos 5% de peso con respecto al peso de las fibras, para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque al menos una de las dimensiones del elemento en dirección vertical a la carga es igual o mayor de 3 cm, preferentemente igual o mayor de 10 cm y mucho más preferentemente igual o mayor de 30 cm.
2. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 1 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque la matriz cerámica del material compuesto también contiene fases de carbono y/o de silicio.
3. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 2 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado por el hecho de que la matriz cerámica del material compuesto contiene únicamente carburo de silicio y carbono y/o silicio.
4. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque los materiales compuestos de los que constan los elementos poseen únicamente fibras de carbono y/o fibras de grafito.
5. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque los materiales compuestos de los que constan los elementos

también poseen o únicamente poseen fibras de óxido de aluminio y/o fibras de nitruro de silicio y/o fibras de Si/B/C/N.

6. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque los materiales compuestos de los que constan los elementos muestran un comportamiento de rotura dúctil.

7. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6 para la absorción parcial o total de una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque las fibras de los materiales compuestos de los que constan los elementos muestran un recubrimiento.

8. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 7 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado por el hecho de que el recubrimiento de las fibras de los materiales compuestos de los que constan los elementos consiste en al menos una capa de carbono y/o de grafito.

9. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 8 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque las fibras de los materiales compuestos de los que constan los elementos están unidas a un casco de carbono convertido parcialmente en carburo de silicio, carbono que ha resultado de la coquefacción de resinas sintéticas y/o de otras sustancias dadoras de carbono.

10. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 9 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque la cáscara de las fibras ha resultado de la coquefacción y la subsiguiente grafitización de resinas sintéticas y/o de otras sustancias donadoras de carbono.

11. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la carga tiene lugar mediante fragmentos de granada.
12. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la carga tiene lugar mediante bombardeo.
13. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la carga tiene lugar mediante proyectiles de cualquier tipo.
14. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 para blindaje.
15. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 como un componente estructural.
16. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 14 y 15 para blindaje en las construcción de vehículos.
17. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 15 y 16 como un componente estructural para blindaje en la construcción de vehículos civiles y militares.
18. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 14 a 17 para el blindaje de automóviles, vehículos militares incluyendo tanques, aeroplanos, helicópteros, barcos, vehículos ferrocarriles y objetos estacionarios, en particular edificios y cajas fuertes.
19. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 en chalecos anti-balas.
20. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 13 para la protección de naves espaciales contra proyectiles de todo tipo.

21. Uso de elementos de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 20, teniendo los elementos un comportamiento dúctil y estando unidos mediante un adhesivo a un soporte para formar un compuesto.

22. Uso de elementos de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 20, estando los elementos unidos mediante un adhesivo a un soporte consistente en tela tejida de fibras, en particular fibras arámidas o láminas metálicas para formar un compuesto.

23. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 a 75% de peso en carburo de silicio, de 15 a 25% de peso en carbono y de 5 a 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras de material compuesto de 10 a 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 a 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J,

caracterizado por el hecho de que, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 80 mm, y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 60 mm.

24. Uso de elementos hechos de material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto del 8 hasta el 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafiti-

zado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 31 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 37 mm hasta 60 mm.

25. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 32 mm hasta 100 mm, preferentemente de 36 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 40 mm hasta 60 mm.

26. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles de cabeza puntiaguda que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre

con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 60 mm.

27. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 31 hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 37 mm hasta 60 mm.

28. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de car-

bono, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 32 mm hasta 100 mm, preferentemente de 36 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 40 mm hasta 60 mm.

29. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 16 hasta 100 mm, preferentemente de 20 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 24 mm hasta 50 mm.

30. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de car-

bono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 25 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 30 mm hasta 50 mm.

31. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 28 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 36 mm hasta 30 mm.

32. Uso de elementos hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una

envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado por el hecho de que, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 16 mm hasta 100 mm, preferentemente de 20 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 24 mm hasta 50 mm.

32. Uso de elementos hechos de un material compuestos con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 25 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 30 mm hasta 50 mm.

34. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana

que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 28 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 36 mm hasta 50 mm.

35. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 12 mm hasta 100 mm, preferentemente de 15 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 18 mm hasta 40 mm.

36. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 15 mm hasta 100 mm, preferentemente de 19 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 23 mm hasta 40 mm.

37. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles que tiene una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 40 mm.

38. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 12 mm hasta 100 mm, preferentemente de 15 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 18 mm hasta 40 mm.

39. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 15 mm hasta 100 mm, preferentemente de 19 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 23 mm hasta 40 mm.

40. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una

envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 40 mm.

41. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 3272 J, caracterizado porque, en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5 hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

42. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos

una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 3272 J, caracterizado porque, en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7,5 hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 9 mm hasta 30 mm.

43. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibra del material compuesto 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 3272 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 8 mm hasta 50 mm, preferentemente de 10 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 12 mm hasta 30 mm.

44. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto de matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fi-

bras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tiene un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

45. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto de matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo,

caracterizado porque, en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7,5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 9 mm hasta 30 mm.

46. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras de material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 8 mm hasta 50 mm, preferentemente de 10 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 12 mm hasta 30 mm.

47. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 15 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos

tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 2105 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

48. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 2105 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 hasta 30 mm.

49. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% en carbono y de 0 hasta

30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 2105 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 10 mm hasta 30 mm.

50. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un es-

pesor mínimo de 3,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4,5 hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

51. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 hasta 30 mm.

52. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto de matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras refor-

zantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 10 mm hasta 30 mm.

53. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 30 mm.

54. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso

total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

55. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un es-

pesor mínimo de 4,8 mm hasta 40 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

56. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 30 mm.

57. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de

fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

58. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4,8 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

59. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando la fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 m, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,5 mm hasta 40 mm, preferentemente de 3 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 5, 5mm hasta 25 mm.

60. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción

total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 40 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 6,5 mm hasta 25 mm.

61. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 40 mm, preferentemente de 5,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 7,5 mm hasta 25 mm.

62. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos

tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,5 mm hasta 40 mm, preferentemente de 3 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 5,5 mm hasta 25 mm.

63. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas por lo menos con una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tiene un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 40 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 6,5 mm hasta 25 mm.

64. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de granito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibra del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzadas que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 40 mm, preferentemente de 5,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 7,5 mm hasta 25 mm.

65. Uso de un compuesto hecho de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción

total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 2,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 4 mm hasta 20 mm.

66. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una fibra tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,4 mm hasta 30 mm, preferentemente de 3,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 5 mm hasta 20 mm.

67. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho en un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de la fibras reforzantes de 0,2

hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos de compuesto tienen un espesor mínimo de 3,2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 20 mm.

68. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 2,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 4 mm hasta 20 mm.

69. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de

carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punto de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,4 mm hasta 30 mm, preferentemente de 3,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 5 mm hasta 20 mm.

70. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo

blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 20 mm.

71. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70, en donde la carga tiene lugar mediante proyectiles de todo tipo.

72. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70, en donde los elementos o los compuestos se usan como blindaje.

73. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70, en donde los elementos o los compuestos están en forma de componente estructural.

74. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 72 y 73 para el blindaje en la construcción de vehículos.

75. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 73 y 74 para el blindaje en la construcción de vehículos civiles y militares.

76. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 73 hasta 75 para el blindaje de automóviles, vehículos militares incluyendo tanques, aeroplanos, helicópteros, barcos, vehículos ferrocarriles y objetos estacionarios, en particular edificios y cajas fuertes.

77. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70 en chalecos anti-balas

78. Uso de elementos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70 para la protección de naves espaciales contra proyectiles de todo tipo.

79. Uso de compuestos de acuerdo con las reivindicaciones 41 hasta 78, consistiendo el soporte en telas tejidas hechas de fibras, en particular fibras arámidas o placas metálicas.

Memoria descriptiva

USO DE ELEMENTOS HECHOS DE UN MATERIAL COMPUESTO
CON MATRIZ CERAMICA REFORZADO CON FIBRAS

La invención se refiere al uso de elementos hechos de materiales compuestos con matriz cerámica reforzados con fibras o con haces de fibras para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, en particular al uso de dichos elementos como componentes estructurales.

En la siguiente descripción y en las reivindicaciones, el término "fibras" se refiere tanto a fibras individuales como también a haces de fibras que comparados con las fibras individuales pueden tener una anchura y también una altura substancialmente mayores.

Los materiales compuestos con matriz cerámica reforzados con fibras se conocen desde hace bastante tiempo y se caracterizan en general por una alta resistencia y rigidez, teniendo al mismo tiempo bajo peso. Estas propiedades se mantienen inclusive bajo temperaturas elevadas. Los materiales compuestos reforzados con fibras tienen una alta conductividad térmica y simultáneamente una baja expansión térmica y por consiguiente una excelente resistencia a los choques térmicos.

Partiendo de materiales compuestos con matriz de carbono (CFC) reforzados con fibras de carbono, se han desarrollado crecientemente en los últimos diez años materiales compuestos con SiC como matriz, siendo usadas como fibras reforzantes fibras de carbono (C/SiC) y fibras de carburo de silicio (SiC/SiC).

En la patente DE 197 10 105 A1 se da a conocer un cuerpo de carburo de silicio reforzado con fibras cortas de grafito, cuerpo el cual tiene un comportamiento cuasi-dúctil de rotura. Las fibras reforzantes cortas de grafito están rodeadas por al menos una cáscara de carbón grafitizado obtenida mediante im-

pregnación con agentes impregnantes carbonizables y posterior carbonización. La cáscara de fibras es parcialmente convertida en carburo de silicio durante la producción del material compuesto de C/SiC. Para tal fin, el cuerpo compuesto se infiltra con silicio líquido, mediante lo cual también la matriz de carbono del producto inicial carbonizado se convierte por lo menos parcialmente en carburo de silicio.

Como posibilidades de uso para los materiales compuestos generalmente se mencionan: materiales de revestimiento para misiles espaciales re-utilizables, revestimientos de toberas de turbopropulsores, palas de turbina o también revestimientos de fricción. Los materiales compuestos descritos en la patente DE-A-197 10 105 se pueden usar como partes de turbinas de gas, como componentes de quemadores y toberas, como tubos de gas caliente, o incluso como materiales de fricción para cargas mayores tales como revestimientos para frenos.

En la patente DE 197 11 829C1 se da a conocer un procedimiento para la fabricación de cerámica compuesta reforzada con fibras altamente refractarias que mediante reacción se unen con una matriz basada en silicio y carburo de silicio o una aleación de silicio. Tales cuerpos compuestos se usan para la producción masiva de productos tales como discos de freno.

También se conoce el uso de cerámicas como sistema de blindaje debido al peso liviano de éstas. Las cerámicas generalmente se caracterizan por su alta rigidez y dureza. En el caso del uso para blindajes, es esencial que las cerámicas puedan resistir una deformación plástica bajo cargas grandes. Particularmente en la superficie trasera de una placa de blindaje se requiere una alta resistencia a la tracción. Por esta razón, una típica placa de blindaje en la que se usa un compuesto cerámico consiste en un lado frontal cerámico que en su lado trasero está provisto de un material compuesto fibroso o de un substrato

metálico como refuerzo (soporte). Usualmente estos distintos materiales se unen entre sí mediante adhesión. Como material cerámico se usan vidrio, cerámicas de vidrio, o cerámicas técnicas tales como óxidos, boruros e incluso carburos. En particular el óxido de aluminio se ha distinguido por ser relativamente económico. Sin embargo, la capacidad de las cerámicas para resistir la deformación plástica no es satisfactoria. Las cerámicas muestran un comportamiento de rotura quebradizo, de tal modo que cuando el material cerámico recibe una carga puntual causada por ejemplo por un proyectil entonces se produce un resquebrajamiento continuo del material cerámico. Se destruye así un área grande del material cerámico y éste pierde su efecto protector. Tal problema se ha podido solucionar únicamente montando sobre un soporte pequeños segmentos cerámicos con una extensión máxima de 3 cm para una protección alta (automóviles de seguridad) y 10 cm para una protección simple (por ejemplo protección militar) en el plano perpendicular a la acción de la carga puntual. De esta forma, al impactar un proyectil únicamente se rompe siempre un segmento cerámico. No obstante, la producción de un compuesto conformado por tales segmentos cerámicos resulta muy costosa. Sin embargo, hasta el presente las cerámicas solas no han podido ser usadas como elemento protector de una superficie grande.

Cuando una placa de blindaje es impactada por un proyectil, en el caso de un material cerámico convencional, se produce un rompimiento de la placa cerámica misma debido a la reflexión de las ondas de tensión dentro de la placa cerámica. Únicamente si se monta un lado trasero adicional (por ejemplo hecho de metal) detrás de la placa cerámica es posible evitar que el proyectil penetre totalmente esta placa de blindaje.

En el caso del uso para placas de blindaje, es necesario que el material cerámico tenga una dureza evidentemente mayor que el material del proyectil, el cual generalmente tiene una du-

reza Vickers de aproximadamente 6,5 hasta 8,0 kN/mm². Por consiguiente sería conveniente usar materiales que tengan una dureza mayor de aproximadamente 9,8 kN/mm². Si el material cerámico es demasiado blando entonces el núcleo del proyectil penetra a través del material cerámico porque dicho material cerámico no daña ni aplana al proyectil.

Sin embargo existe munición con una dureza claramente mayor, particularmente si se usa munición que tiene un núcleo de carburo de tungsteno en una matriz de níquel-hierro. En tal caso la dureza puede aumentar por ejemplo hasta 11 kN/mm².

Un material cerámico hecho de óxido de aluminio de alta pureza podría resistir tal proyectil puesto que tiene una dureza mayor de aproximadamente 16,6 kN/mm². También es posible usar otros materiales cerámicos, por ejemplo carburo de silicio (ya mencionado arriba), carburo de boro o incluso diboruro de titanio, cuya dureza es claramente mayor.

También se conoce el uso de óxido de aluminio reforzado con zirconio o boruros de titanio. Pero para obtener propiedades óptimas es necesario utilizar un proceso de prensado en caliente. Para ello se compactan los polvos del respectivo material de partida y se calientan en una tobera de grafito bajo una atmósfera de gas protector. Los costos de una sola placa de blindaje, por consiguiente, son altos debido al complejo proceso de producción.

En vista de la proporción precio/rendimiento, el óxido de aluminio ha sido considerado hasta el presente como el material cerámico a elegir.

Ya se han hecho los primeros intentos para usar materiales compuestos con matriz cerámica reforzados con fibras en lugar de las cerámicas convencionales para la protección contra proyectiles. Para tal propósito se hicieron ensayos con materia-

les compuestos SiC/SiC. Ellos mostraron que el proyectil que impacta causa sólo un limitado daño en el material, de tal modo que el material proporciona una protección contra disparos múltiples producidos por una arma automática. No obstante el efecto protector contra los proyectiles es muy poco en comparación con las cerámicas conocidas. (Orsini y Cottenot, 15° Simposio Internacional sobre Balística, Jerusalén, 1995).

Por lo tanto el objeto de esta invención es proporcionar un material cerámico que tenga un bajo peso específico, que tenga una buena resistencia contra disparos y que resista incluso disparos repetidos.

Aparte de esto, el material que se busca debe poder ser conformado como un elemento de superficie grande mediante un simple proceso de conformación.

Aparte de esto, otro objeto de la invención es seleccionar el material de tal manera que satisfaga incluso las altas exigencias de seguridad contra disparos y otras cargas tipo impacto. A este respecto, el material buscado ha de conformar por sí solo el elemento protector o ha de tener un refuerzo convencional en el lado trasero.

De acuerdo con la invención estos objetivos se logran usando elementos hechos de un material compuesto con una matriz cerámica reforzado con fibras, el cual contiene por lo menos 10% de peso en carburo de silicio, constituyendo la porción de fibras de carbono y/o de fibras de silicio por lo menos el 5% del peso total de las fibras, para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, siendo las dimensiones de dichos elementos en una dirección perpendicular a la dirección de la carga iguales o mayores de 3 cm, preferentemente iguales o mayores de 10 cm y mucho más preferentemente iguales o mayores de 30 cm.

Para satisfacer las altas exigencias de seguridad contra disparos y otras cargas tipo impacto se usan preferentemente elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/ con fibras de grafito. Con respecto al peso total del material compuesto, los elementos contienen de 40 a 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 a 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 a 40% del peso total. La longitud promedio de las fibras reforzantes es de 0,2 a 15 mm y las fibras están recubiertas con por lo menos una capa de carbono. El espesor mínimo de los elementos en la dirección del efecto de la carga ha de satisfacer apropiadamente las exigencias, tal como se describe en detalle a continuación. Para ahorrar material y por lo tanto costos, el espesor de los elementos debe ser tan pequeño como sea posible.

El espesor de elementos hechos en material compuesto reforzado con fibras se puede reducir particularmente en aquellos compuestos conforme a la invención en los cuales los elementos tienen un refuerzo trasero (llamado también soporte) que generalmente va adherido.

En particular, los elementos y los compuestos conforme a la invención se usan como componentes estructurales. Ellos se usan para el blindaje en la construcción de vehículos civiles y militares, incluyendo tanques, automóviles, aviones, helicópteros, barcos y vehículos ferrocarriles. Con los elementos y los compuestos conforme a la invención, por ejemplo como un componente estructural, también es posible el blindaje de objetos estacionarios tales como edificios y cajas fuertes. Además los elementos y los compuestos conforme a la invención pueden usarse en chalecos anti-balas.

Inclusive los proyectiles que impactan durante las travesías espaciales pueden ser absorbidos por los elementos y los compuestos de la invención apropiadamente diseñados, así que dichos elementos y compuestos se pueden también usar para la protección de naves espaciales.

Mediante el uso de los elementos y compuestos descritos es posible en particular absorber cargas ocasionadas por ejemplo por fragmentos o esquirlas de granada o por disparos de proyectiles de todo tipo, sin que el cuerpo compuesto se quiebre y explote en pedazos. Este comportamiento es totalmente sorprendente y no era de esperar en particular porque hasta el presente se sabía que los materiales cerámicos no reforzados con fibras muestran un comportamiento relativamente quebradizo y por lo tanto una placa hecha en tal material se quiebra en varios pedazos al ser tiroteada. Si los elementos y los elementos reforzados en su lado trasero tienen un espesor relativamente pequeño, entonces un disparo puede atravesarlos pero sin producir el destrozo o el fraccionamiento tan indeseado que aparece en los materiales cerámicos convencionales.

Como los elementos y los compuestos conforme a la invención no se quiebran al recibir una carga puntual, entonces ellos -en contraste con los blindajes basados en cerámica- brindan protección contra disparos múltiples. Los elementos de la invención hechos de materiales compuestos con cerámica matriz reforzados con fibras pueden entonces usarse en blindajes de dimensiones mayores a las cerámicas usadas hasta el presente. En contraste con dichas cerámicas, los elementos y los compuestos de la invención pueden tener dimensiones mayores de 3 cm, preferentemente mayores de 10 cm y mucho más preferentemente mayores de 30 cm. Dichos elementos pueden incluso tener dimensiones mayores, de tal manera que esos elementos pueden reemplazar partes enteras de vehículos como protección blindada.

Además los elementos y los compuestos conforme a la invención también muestran un muy buen comportamiento al ser tiroteados con armas automáticas debido a que el material se debilita tan sólo directamente en el área de los impactos.

El material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras en el cual están hechos los elementos conforme a la invención es apropiado para la absorción substancial de toda clase de carga puntual tipo impacto y, por lo tanto, puede ser usado en la más amplia variedad de modos en la tecnología de protección. Tiene en particular interés técnico el uso de los elementos y compuestos en forma de placas de blindaje. Así, por ejemplo, es posible producir partes de carrocería o refuerzos de carrocería para aeroplanos, misiles, trenes o automóviles hechas en este material compuesto y, de esta manera, se pueden obtener vehículos completamente seguros contra tiroteos o bombardeos sin que su peso se incremente mucho.

Usando el material compuesto reforzado con fibras es posible también revestir la superficie del piso de la cabina de un helicóptero, por ejemplo.

Una protección similar contra disparos de proyectiles se le puede proporcionar también a los barcos, los cuales pueden ser manufacturados por lo menos parcialmente en este material.

También es posible usar el material compuesto reforzado con fibras en la protección de edificios, refugios, depósitos y almacenes, por ejemplo depósitos de combustible o refugios para personas (campamentos de tiendas de campaña), pero también sistemas de telecomunicaciones o estaciones de radar, sin que para tal propósito se tengan que usar materiales costosos o muy pesados.

Conforme a la invención también es posible, obviamente, usar el material compuesto reforzado con fibras en la protección

contra fragmentos o esquirlas, en particular contra fragmentos o esquirlas de granadas. En este caso, el espesor de la placa de blindaje hecha de este material compuesto puede ser incluso menor que en el caso de la protección contra proyectiles.

El uso de material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras también incluye la protección en el ámbito civil, por ejemplo en forma de revestimientos o de chalecos anti-balas o en prendas de vestir usadas sobre el cuerpo humano.

Además mediante el uso descrito conforme a la invención se pueden obtener una protección para componentes de estaciones espaciales, por ejemplo, contra el impacto de meteoritos.

Los materiales compuestos reforzados con fibras usados conforme a la invención se caracterizan en particular por el hecho de que la estructura de cuerpo sólido se conserva por un tiempo muy prolongado durante la acción de la energía. La energía actuante se transforma dentro del interior del material.

Aparte de esto, los elementos y los compuestos usados conforme a la invención se caracterizan por un peso específico particularmente bajo. Mientras que los materiales cerámicos conocidos, tales como el óxido de aluminio, tienen un peso específico relativamente alto (el peso específico del óxido de aluminio es $3,8 \text{ g/cm}^3$), el material compuesto usado conforme a la invención tiene un peso específico de solamente $2,0$ a $2,7 \text{ gr/cm}^3$ y en particular de $2,3$ a $2,4 \text{ gr/cm}^3$. Es decir que los materiales usados conforme a la invención tienen un peso específico considerablemente menor que los aceros metálicos balísticos usados hasta el presente, los cuales tienen una densidad de aproximadamente $7,8 \text{ gr/cm}^3$. El peso específico de los materiales compuestos conforme a la invención es incluso menor que el de las cerámicas de óxido de aluminio conocidas. Esto posibilita un pronunciado potencial de ahorro de peso al usar es-

tos materiales en la construcción de vehículos, de aviones, de barcos y también en la protección de personas.

Los cuerpos compuestos usados conforme a la invención se caracterizan por un muy buen comportamiento de rotura, tal como se pudo observar en las pruebas de disparos descritas más adelante. La energía de impulso mecánico de un proyectil que actúa sobre el material es absorbida en el cuerpo compuesto mediante efectos internos destructores de energía, induciendo micro-grietas en las regiones de la matriz entre las fibras, que poco a poco absorben la energía de los disparos. Se produce un aplanamiento o "ahongamiento" de los proyectiles que hacen impacto, el proyectil es detenido y la energía cinética se convierte en energía para la formación de grietas.

Además de las fibras de carbono y de las fibras de grafito también se pueden usar fibras técnicamente equivalentes tales como fibras de óxido de aluminio, fibras de nitruro de silicio y fibras de Si/B/C/N, las cuales son presentadas por ejemplo en la patente DE 197 11 829 Cl. Estas fibras pueden estar contenidas en el material compuesto de los elementos y de los compuestos de la invención además de o en lugar de las fibras de carbono y de las fibras de grafito. Preferentemente se usan fibras basadas en silicio, carbono, boro, nitrógeno, aluminio o mezclas de éstos.

Para la selección de las fibras el criterio básico a cumplir es que estas fibras sean resistentes a las temperaturas altas de hasta aproximadamente 1600°C para que no se dañen rápidamente al ser infiltradas con materiales fundidos. Los materiales convencionales no tienen protección de fibras (cáscara), así que por ejemplo las fibras de carbono no-protegidas son atacadas al efectuarse infiltración con silicio y es imposible obtener un material dúctil. Las fibras usadas conforme a la invención presentan por consiguiente un recubrimiento protec-

tor. Este consiste preferentemente en por lo menos una capa de carbono o una capa de grafito que resulta de la coquefacción de resinas sintéticas, por ejemplo, y/o de otras sustancias donadoras de carbono y eventualmente de la posterior grafitización. Se prefiere particularmente una pluralidad de capas protectoras hechas de carbono o de grafito. La patente DE 197 10 105 A1 describe la producción de tal fibra provista de cáscara(s) protectora(s).

Además de fibras cortas, en los materiales compuestos en que están hechos los elementos conforme a la invención se pueden usar también fibras de mayor longitud. Básicamente no hay restricción respecto a la longitud de las fibras. Si en el material compuesto se colocan fibras cortas (es decir fibras con una longitud de hasta aproximadamente 4 mm) y fibras de mayor longitud, entonces principalmente las fibras más largas contribuyen al reforzamiento del material. La porción de estas fibras más largas se designa en adelante y en las reivindicaciones como fibras reforzantes. En los materiales compuestos que únicamente contienen fibras cortas, entonces estas fibras cortas son las fibras reforzantes. El espesor de haz de las fibras (haces de fibras propiamente dichos) es generalmente de 1.000 hasta 920.000 filamentos. Las fibras de los elementos conforme a la invención tienen preferentemente un espesor de haz de 1 hasta 3.000 filamentos.

Como material de partida para las fibras se puede usar un polímero orgánico como poliacrilonitrilo o celulosa, por ejemplo, y a partir de tal material se pueden producir cuerpos de forma plana tales como telas tejidas o telas no-tejidas, según se describe en la patente DE 195 17 911 A1. Si se usa celulosa, ésta se convierte mediante un pre-proceso en no-fundible. También se pueden usar polímeros inorgánicos, que se hilan para convertirlos en telas no-tejidas. Como materiales se pueden mencionar polisilanos, polisilazanos, carbosilanos, los cuales

se convierten en no-fundibles, o telas no-tejidas hechas de silazanos que contengan boro. Resulta favorable impregnar las telas tejidas con sustancias de baja viscosidad tales como furfurilalcohol, polifenilenos, poliimidas o poliacrilatos, con el fin de lograr una buena humectación.

Los materiales compuestos usados en los elementos conforme a la invención preferentemente tienen también fases de silicio y de carbono en la matriz además de carburo de silicio. Se prefiere particularmente que la matriz tenga únicamente fases de carburo de silicio, de silicio y de carbono.

El material compuesto de los elementos y de los compuestos conforme a la invención contiene con respecto al peso total por lo menos 10% de peso en carburo de silicio, convenientemente por lo menos 20% del peso total y preferentemente por lo menos 30% del peso total. La proporción de fibras con respecto al peso total debe ser por lo menos 5% de peso, preferentemente de por lo menos 10% de peso, siendo mucho más preferida una proporción de fibras mayor de 15% de peso. Además resulta muy ventajoso que el material compuesto de los elementos y de los compuestos conforme a la invención tenga un comportamiento dúctil de rotura.

Para usar los elementos y los compuestos conforme a la invención también como protección contra la penetración de proyectiles/balas de calibre grande se deben usar materiales compuestos reforzados con fibras, los cuales tengan las siguientes propiedades.

Se logra una buena protección si, con respecto a su peso total, el material compuesto tiene de 40 a 85% de peso, preferentemente de 55 a 80% de peso y mucho más preferentemente de 65 a 75% de peso en carburo de silicona; de 5 a 55% de peso, preferentemente de 10 a 40% de peso y mucho más preferentemente de 15 a 25% de peso en carbono (incluyendo las fibras); y

de 0 a 30% de peso, preferentemente de 2 a 20% de peso y mucho más preferentemente de 5 a 15% de peso en silicio. Aquí la proporción de fibras con respecto al peso total ha de ser de 5 a 40% de peso, preferentemente de 8 a 30% de peso y mucho más preferentemente de 10 a 20% de peso. Además la longitud promedio de las fibras reforzantes está entre 0,2 mm y 15 mm, preferentemente entre 0,5 mm y 5 mm y preferentemente entre 1 mm y 2 mm. Aparte de esto, las fibras están recubiertas con por lo menos una capa de carbono.

Un elemento hecho de un material compuesto de este tipo evita la penetración de proyectiles/balas con una energía cinética de hasta 942.9 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 20 mm a 100 mm, preferentemente de 24 mm a 60 mm y mucho más preferentemente de 28 mm a 40 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles/balas que tengan una energía cinética de hasta 1510 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 25 mm a 100 mm, preferentemente de 28 mm a 70 mm y mucho más preferentemente de 36 mm a 50 mm. Aparte de esto, dicho elemento evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1805 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 32 mm a 100 mm, preferentemente de 36 mm a 80 mm y mucho más preferentemente de 40 mm a 60 mm.

Además un elemento hecho de un material compuesto de este tipo evita la penetración de proyectiles/balas con cabeza de punta de cono que tengan un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 20 mm a 100 mm, preferentemente de 24 mm a 60 mm y mucho más preferentemente de 28 mm a 40 mm.

Dicho elemento evita la penetración de proyectiles de cabeza plana que tengan un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 28 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 36 mm hasta 50 mm. Aparte de esto, dicho elemento evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tengan un núcleo blando hecho de plomo con un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 32 mm hasta 100 mm, preferentemente de 36 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 40 mm hasta 60 mm.

Un compuesto hecho de una elemento hecho de tal material compuesto con una tela tejida de fibras reforzantes la cual preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento y dicha tela tejida unidos entre sí mediante un adhesivo, evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 942,9 K si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3,2 mm a 30 mm, preferentemente de 4,5 mm a 25 mm y mucho más preferentemente de 6 mm a 20 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1510 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 4 mm a 40 mm, preferentemente de 5,5 mm a 30 mm y mucho más preferentemente de 7,5 mm a 25 mm. Aparte de esto, dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1805 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 4,8 mm a 50 mm, preferentemente de 6 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de

8 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 2105 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 5,5 mm a 50 mm, preferentemente de 7 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 10 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 3272 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 8 mm a 50 mm, preferentemente de 10 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 12 mm a 30 mm.

Además, un compuesto hecho de un elemento hecho de un material compuesto con una tela tejida de fibras reforzantes la cual preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento y dicha tela tejida unidos entre sí mediante un adhesivo, evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3,2 mm a 30 mm, preferentemente de 4,5 mm a 25 mm y mucho más preferentemente de 6 mm a 20 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 4 mm a 40 mm, preferentemente de 5,5 mm a 30 mm y mucho más preferentemente de 7,5 mm a 25 mm. Aparte de esto, dicho compuesto evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente

a la dirección del impacto del proyectil es de 4,8 mm a 50 mm, preferentemente de 6 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm a 30 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo con un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 5,5 mm a 50 mm, preferentemente de 7 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 10 mm a 30 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 8 mm a 50 mm, preferentemente de 10 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 12 mm a 30 mm.

Una protección particularmente buena se logra si, con respecto a su peso total, el material compuesto tiene de 55 a 80% de peso y preferentemente de 65 a 75% de peso en carburo de silicio, de 10 a 40% de peso y preferentemente de 15 a 25% de peso en carbono (incluyendo fibras), y de 2 a 20% de peso y preferentemente de 5 a 15% de peso en silicio. Aquí la proporción de fibras con respecto al peso total ha de ser de 8 a 30% de peso y preferentemente de 10 a 20% de peso. Además, la longitud promedio de las fibras reforzantes está aquí entre 0,5 mm y 5 mm y preferentemente entre 1 mm y 2 mm. Aparte de esto, las fibras están recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado.

Un elemento hecho de un material compuesto de este tipo evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 942,9 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 15 mm a

100 mm, preferentemente de 19 mm a 60 mm y mucho más preferentemente de 23 a 40 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles con una energía cinética de hasta 1510 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 20 mm a 100 mm, preferentemente de 25 mm a 70 mm y mucho más preferentemente de 30 mm a 50 mm. Aparte de esto, dicho elemento evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1805 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 25 mm a 100 mm, preferentemente de 31 mm a 80 mm y mucho más preferentemente de 37 mm a 60 mm.

Además, un elemento hecho de un material compuesto de este tipo evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de cobre y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 15 mm a 100 mm, preferentemente de 19 mm a 60 mm y mucho más preferentemente de 23 mm a 40 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 20 mm a 100 mm, preferentemente de 25 mm a 70 mm y mucho más preferentemente de 30 mm a 50 mm. Aparte de esto, dicho elemento evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 25 mm a 100 mm,

preferentemente de 31 mm a 80 mm y mucho más preferentemente de 37 mm a 60 mm.

Un compuesto hecho de un elemento hecho de tal material compuesto con una tela tejida de fibras reforzantes, la cual preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento y dicha tela tejida unidos entre sí mediante un adhesivo, evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 942,9 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 2,4 mm a 30 mm, preferentemente de 3,5 mm a 25 mm y mucho más preferentemente de 5 mm a 20 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1510 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente al impacto del proyectil es de 3 mm a 40 mm, preferentemente de 4,5 mm a 30 mm y mucho más preferentemente de 6,5 mm a 25 mm. Aparte de esto, dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1805 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3,6 mm a 50 mm, preferentemente de 5 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 2105 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 4 mm a 50 mm, preferentemente de 6 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tenga una energía cinética de hasta 3272 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 6 mm a 50 mm, preferentemente de 7,5 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 9 mm a 30 mm.

Además, un compuesto hecho de un elemento hecho de tal material compuesto con una tela tejida de fibras reforzantes, la cual preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando

dicho elemento y dicha tela tejida unidos entre sí mediante un adhesivo, evita la penetración de proyectiles con cabeza en punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 2,4 mm a 30 mm, preferentemente de 3,5 mm a 25 mm y mucho más preferentemente de 5 mm a 20 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3 mm a 40 mm, preferentemente de 4,5 mm a 30 mm y mucho más preferentemente de 6,5 mm a 25 mm. Aparte de esto, dicho compuesto evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3,6 mm a 50 mm, preferentemente de 5 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 4 mm a 50 mm, preferentemente de 6 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento parale-

lamente a la dirección del impacto del proyectil es de 6 mm a 50 mm, preferentemente de 7,5 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 9 mm a 30 mm.

Una protección sumamente buena se logra si, con respecto a su peso total, el material compuesto contiene de 65 a 75% de peso en carburo de silicio, de 15 a 25% de peso en carbono (incluyendo fibras) y de 5 a 15% de peso en silicio. Aquí la proporción de fibras con respecto al peso total ha de ser de 10 a 20% de peso. Además, la longitud promedio de las fibras reforzantes está aquí entre 1 mm y 2 mm. Aparte de esto, las fibras están recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado.

Un elemento hecho de un material compuesto de este tipo evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 942,9 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 12 mm a 100 mm, preferentemente de 15 mm a 60 mm y mucho más preferentemente de 18 mm a 40 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1510 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 16 mm a 100 mm, preferentemente de 20 mm a 70 mm y mucho más preferentemente de 24 mm a 50 mm. Aparte de esto, dicho elemento evita la penetración de proyectiles con una energía cinética de hasta 1805 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 20 mm a 100 mm, preferentemente de 24 mm a 80 mm y mucho más preferentemente de 28 mm a 60 mm.

Además, un elemento hecho de un material compuesto de este tipo evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo si el espesor

mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 12 mm a 100 mm, preferentemente de 15 mm a 60 mm y mucho más preferentemente de 18 mm a 40 mm. Dicho elemento evita la penetración de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 16 mm a 100 mm, preferentemente de 20 mm a 70 mm y mucho más preferentemente de 24 mm a 50 mm. Aparte de esto, dicho elemento evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 20 mm a 100 mm, preferentemente de 24 mm a 80 mm y mucho más preferentemente de 28 mm a 60 mm.

Un compuesto hecho de un elemento hecho de tal material compuesto con una tela tejida de fibras reforzantes, la cual preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento y dicha tela tejida unidos entre sí mediante un adhesivo, evita la penetración proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 942,9 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 2 mm a 30 mm, preferentemente de 2,5 mm a 25 mm y mucho más preferentemente de 4 mm a 20 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 1510 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 2,5 mm a 40 mm, preferentemente de 3 mm a 30 mm y mucho más preferentemente de 5,5 mm a 25 mm. Aparte de esto, dicho material compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética

de hasta 1805 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3 mm a 50 mm, preferentemente de 4 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 6 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 2105 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3,5 mm a 50 mm, preferentemente de 4,5 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles que tengan una energía cinética de hasta 3272 J si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 5 mm a 50 mm, preferentemente de 6 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm a 30 mm.

Además, un compuesto hecho de un elemento hecho de tal material compuesto con una tela tejida de fibras reforzantes, la cual preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento y dicha tela tejida unidos entre sí mediante un adhesivo, evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 2 mm a 30 mm, preferentemente de 2,5 mm a 25 mm y mucho más preferentemente de 4 mm a 20 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 2,5 mm a 40 mm, preferentemente de 3 mm a 30 mm y mucho más preferentemente de 5,5 mm a 25 mm. Aparte de esto, dicho compuesto evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con un penetra-

dor de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3 mm a 50 mm, preferentemente de 4 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 6 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 3,5 mm a 50 mm, preferentemente de 4,5 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm a 30 mm. Dicho compuesto evita la penetración de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo si el espesor mínimo del elemento paralelamente a la dirección del impacto del proyectil es de 5 mm a 50 mm, preferentemente de 6 mm a 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm a 30 mm.

Además de las fibras, en la matriz también se pueden colocar varios materiales de relleno. En particular son apropiados como materiales de relleno los siliciuros, los carburos, los boruros, los metales y el carbono, por ejemplo en forma de hollín, grafito, coque, o mezclas de ellos. Aquí son de interés particular los carburos de silicio, el B_4C , hollín, grafito o boruro de zirconio. El uso de hollín y/o grafito se prefiere particularmente porque estas sustancias hacen posible una buena conversión en SiC . El uso de B_4C es común en aplicaciones actualmente si se busca lograr un alto nivel de dureza del cuerpo compuesto. Los boruros de zirconio se usan debido a su alta resistencia a las altas temperaturas. Por consiguiente son de esperar algunas ventajas al usarlos para los cuerpos

compuestos conforme a la invención, en particular en el caso de disparos con munición luminosa. Sin embargo, si se han de usar cuerpos compuestos que tengan un peso específico particularmente bajo, entonces se prefiere usar materiales de relleno distintos del boruro de zirconio, el cual tiene una densidad alta.

La cantidad de los materiales de relleno a usar se puede determinar dependiendo de las propiedades del cuerpo compuesto que se desean obtener. Cuando se usan materiales de relleno reactivos tales como hollín o grafito entonces la cantidad es preferentemente de hasta 40% de peso respecto a la mezcla de partida. Con cantidades mayores puede presentarse una deformación del cuerpo o inclusive una rotura. Más preferentemente la cantidad es de hasta 30% de peso. Si se usan materiales de relleno no-reactivos, como por ejemplo SiC, entonces son posibles concentraciones mayores. La proporción de tales materiales de relleno depende fundamentalmente de qué tan quebradizo y de qué tan duro se desea que sea el material.

Una significativa ventaja del uso de material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras consiste en el hecho de que los elementos se pueden producir directamente en la forma del componente estructural deseado, de tal modo que se pueden evitar los pasos adicionales de conformación luego de la producción de los elementos, lográndose así una reducción adicional en los costos de producción de las placas de blindaje. Debido a la alta resistencia a la rotura que presentan los elementos conforme a la invención, no es absolutamente necesario proveer a los elementos de la invención de un refuerzo del lado trasero, caso en el que al lado trasero del material compuesto se le adhiere un material reforzante como por ejemplo telas tejidas (por ejemplo de fibras arámidas) o placas metálicas, para obtener un blindaje resistente a los disparos. El cuerpo compuesto mismo puede constituir este blindaje. Sin em-

bargo, el espesor de un elemento conforme a la invención hecho de un material compuesto debe en ese caso ser mayor que el requerido para el elemento que cuenta con un refuerzo del lado trasero.

La producción del material compuesto que se refuerza al menos parcialmente con fibras de carbono y/o de grafito y que tiene una matriz cerámica la cual contiene carburo de silicio, se puede llevar a cabo por ejemplo de acuerdo con el procedimiento dado a conocer en las patentes DE 197 11 829 C1 o DE 197 10 105 A1. Con respecto al procedimiento de producción se hace referencia explícita a esas dos publicaciones.

Básicamente se pueden usar todos los procedimientos conocidos para producir las cerámicas de C/SiC reforzadas con fibras. En los procedimientos citados arriba se usan los siguientes pasos de producción para producir materiales compuestos en los que se incorporan fibras individuales (o haces de fibras).

Tal como se describe en las patentes DE 197 11 829 C1 y DE 197 10 105 A1, por ejemplo, las fibras incorporadas son pre-tratadas o producidas y, mediante un mezclador, se mezclan con una resina donadora de carbono y se moldean en la forma inicial mediante un molde de presión y son endurecidas a temperaturas de hasta aproximadamente 150°C. Los cuerpos moldeados (cuerpos preliminares CFC) resultantes se pirolisan a temperaturas de hasta aproximadamente 1.000°C y a continuación eventualmente son grafitizados a temperaturas de aproximadamente 2.000°C.

El cuerpo preliminar CFC obtenido así se impregna después con silicio líquido a temperaturas de hasta aproximadamente 1.800°C en vacío. Con ello una gran porción de la matriz de carbono reacciona exotérmicamente con el silicio incorporado para formar carburo de silicio. Debido al pre-tratamiento especial de las fibras, durante esta reacción son retenidas las

fibras de carbono y pueden así contribuir a la ductilización de la cerámica.

También son apropiadas las conocidas estructuras de telas tejidas CFC 2D y 3D con alto contenido volumétrico de fibras, que se pueden producir directamente a partir de estructuras de fibras planas de poliacrilonitrilo mediante el procedimiento de oxidación directa y posterior pirólisis. Para ello se siguen particularmente los siguientes pasos procedimentales.

Se moldea la estructura reforzante de fibras de carbono para obtener la forma final deseada. El cuerpo fibroso se impregna con una matriz de resina en vacío y bajo presión a 130°C, y después del endurecimiento y de retirarlo del molde se procesa conforme a las necesidades.

Los cuerpos preliminares CFC así resultantes se pirolisan a temperaturas de hasta aproximadamente 1.000°C. Luego puede tener lugar en uno o varios pasos una compresión secundaria de este material CFC con un polímero que está basado en alquitrán o en resina y que contiene carbono, efectuándose un paso adicional de pirólisis después de cada paso de compresión secundaria. De este modo se obtiene un material CFC apropiado para la posterior infiltración. En ese material las fibras de carbono están suficientemente protegidas en particular contra el ataque del silicio líquido. Posteriormente puede tener lugar una grafitización del material compuesto CFC a temperaturas de hasta aproximadamente 2.000°C.

El silicionamiento se realiza a temperaturas de hasta aproximadamente 1.800°C en vacío.

Mediante los procedimientos concretos descritos arriba se pueden configurar directamente las formas de puertas de vehículos o de ciertos componentes para aviones.

Además de silicio también se pueden tomar en consideración como material de infiltración otros materiales los cuales se añaden al silicio. Básicamente los materiales usados para infiltración deben poder fundirse en el ámbito de temperatura de hasta 1.800°C. Se consideran como otros materiales de infiltración aluminio, boro, magnesio, nitrógeno, carbono y compuestos o mezclas de ellos, así como también los siliciuros. Para conformar una matriz que contenga carburo de silicio se pueden incluso infiltrar únicamente siliciuros.

Como material de infiltración durante la producción de los cuerpos compuestos se prefiere particularmente el silicio. Durante la adición de otras sustancias se añaden preferentemente al silicio siliciuros tales como por ejemplo siliciuros de molibdeno, siliciuros de hierro, siliciuros de cromo, siliciuros de tántalo, o mezclas de ellos. Los materiales de este tipo pueden alterar el punto de fusión del material de infiltración.

También es posible usar como material de infiltración polímeros basados en silicio, como por ejemplo polisilazanos que contienen boro.

A continuación se presentan ejemplos de realización para explicar en detalle la invención.

Ejemplos 1 y 2: Producción de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras

Primeramente se elabora un pre-impregnado a partir de haces de fibras de carbono 3K (3.000 filamentos individuales) las cuales fueron producidas sobre la base de fibras PAN. Para ello los haces de fibras se interlizaron a una tela de sarga o tela cruzada, luego la tela tejida se saturó en resina fenólica (tipo resol) y fue provista de papel de separación en ambos

lados. Después de esto, la tela resinada se calentó hasta 130°C para crear la pegajosidad del pre-impregnado.

Posteriormente las placas pre-impregnadas se colocaron una sobre las otras y se comprimieron para formar un cuerpo compacto. Este cuerpo se coció entonces a 900°C, teniendo la curva de cocción un aumento de 5°C por minuto entre los 400°C y los 600°C. Luego el cuerpo CFC obtenido de esta manera se impregnó sucesivamente tres veces con una brea de alquitrán de hulla con un punto de ablandamiento de 60°C y se coció nuevamente a 900°C para compactarlo más.

El cuerpo CFC obtenido así fue roto en pequeños pedazos mediante una quebrantadora de mordazas (fabricante: Alpine Hosokawa) y luego se cortó en haces de fibras en un molino desmenuzador (fabricante: Alpine Hosokawa). Luego los haces de fibras se clasificaron en fracciones individuales de fibras en una planta de tamizado oscilante (fabricante: Allgaier), teniendo los elementos de malla (área de tamizado: 1,15 mt²) una clara abertura de malla de 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm y 6 mm de acuerdo con la norma ISO 9044. Se obtuvieron diferentes fracciones de fibras, resultando entre otras una fracción A con fibras de 12,45 mm a 17,55 mm de longitud y 660 µm a 2,26 mm de anchura, una fracción B con fibras de 8,5 mm a 13,5 mm de longitud y 690 µm a 2,21 mm de anchura, una fracción C con fibras de 5,5 mm a 10,5 mm de longitud y 760 µm a 2,16 mm de anchura, una fracción D con fibras de 0,2 mm a 3 mm de longitud y 200 µm a 1 mm de anchura, una fracción E con fibras de 0,1 mm a 3 mm de longitud y 50 a 500 µm de anchura, y una fracción F con fibras de 0,3 mm de longitud y de 8 a 200 µm de anchura.

Luego de esto, para las muestras del Ejemplo 1, se hizo una mezcla 1 de 70% del peso total en fibras, estando constituido ese peso por 35% de fibras de la fracción D, 35% de fibras de

la fracción E y 30% de fibras de la fracción F, y siendo el 30% del peso total resina fenólica (tipo resol) como aglutinante; y para las muestras del Ejemplo 2, se hizo una mezcla 2 de 70% del peso total en fibras, estando constituido ese peso por 12% de fibras de la fracción A, 18% de fibras de la fracción B, 40% de fibras de la fracción C y 30% de fibras de la fracción D, siendo el 21% del peso total resina fenólica (tipo resol) y 9% brea de alquitrán de hulla (punto de ablandamiento: 230°C) como aglutinante. Estas mezclas se hicieron en un amasador de brazos en Z (fabricante: Werner & Pfleiderer) con un mezclado durante 15 minutos a una velocidad de rotación de 30 lt/minuto. Luego 1.200 gr de la mezcla 1 se comprimieron en una prensa estampadora con un molde cuadrado de longitud lateral 321 mm a una presión específica de 12 kp/cm² y una temperatura de 130°C. Esta temperatura se mantuvo durante 3 horas a una presión de moldeo constante. Luego de enfriamiento hasta 30°C se retiró del molde la placa curada. Como resultado de este procedimiento se obtuvo una placa CFK de 10 mm de espesor y 1,2 gr/cm³ de densidad.

De una manera análoga, a partir de 5100 gr de la mezcla 2 se obtuvieron placas con un espesor de 38 mm y una densidad de 1,18 gr/cm³.

Después de esto se llevó a cabo la carbonización de las muestras a 900°C bajo gas protector (velocidad de calentamiento: 2 K/minuto). El enfriamiento de las placas hasta la temperatura ambiente se hizo de una manera no controlada con hasta 10 K/minuto. Luego de la carbonización estas placas tenían densidades de 1,05 gr/cm³ (Ejemplo 1) y 1,03 gr/cm³ (Ejemplo 2).

Posteriormente se efectuó la infiltración de las muestras a 1.700°C con silicio líquido en vacío en un horno de alta temperatura con un suministro de silicio (tamaño de partícula de hasta 5 mm) de una y media veces el peso de la muestra, como

resultado de lo cual se genera la estructura de SiC de la matriz de las muestras. Aquí la siliciurización tuvo lugar inicialmente con un aumento de temperatura de 10 K/minuto hasta los 1.400°C y luego con un aumento de 5 K/minuto hasta los 1.800°C. Luego se mantuvo la temperatura durante 45 minutos y después tuvo lugar una caída de temperatura con 5 K/minuto hasta los 1.400°C y luego tuvo lugar un enfriamiento no controlado. Los materiales de C/SiC obtenidos de esta manera tenían densidades de 2,4 gr/cm³ y 2,35 gr/cm². Las placas hechas del material compuesto de C/SiC del Ejemplo 1 que se produjeron de esta manera tenían, con respecto al peso total, una proporción de fibras del 15% y, también con respecto al peso total, una composición de 68% de carburo de silicio, 22% de carbono y 10% de silicio. La longitud promedio de las fibras reforzantes fue de 1,5 mm. Las placas hechas del material compuesto de C/SiC del Ejemplo 2 tenían, con respecto al peso total, una proporción de fibras del 17% y, también con respecto al peso total, una composición de 58% de carburo de silicio, 31% de carbono y 11% de silicio. La longitud promedio de las fibras reforzantes fue de 10 mm.

Ejemplo 3: Producción de un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras y con un refuerzo en el lado trasero

Las placas de 10 mm de espesor producidas conforme al Ejemplo 1 fueron provistas adicionalmente de un sistema convencional (soporte) de refuerzo del lado trasero para usarlas en la protección contra disparos. Para hacer esto, primeramente al lado trasero de la placa cerámica se le aplicó un chorro de arena de cuarzo y después 10 capas de tela T 750 de fibras arámidas (Akzo Nobel, Alemania) se adhirieron al lado trasero de la placa de C/SiC con adhesivo PUR SIKAFLEX 225 FC (fabricante: Sika Chemie GmbH, Alemania).

Resultado de las pruebas de disparos

Se realizaron pruebas de disparos con los elementos hechos de materiales compuestos con matriz cerámica reforzados con fibras y con refuerzo en el lado trasero conforme al Ejemplo 3 y sin refuerzo en el lado trasero conforme al Ejemplo 2. El procedimiento de prueba consistió en una prueba de penetración conforme a la Euro-norma DIN EN 1523. Los requisitos de prueba eran el impedimento de la penetración en las clases de resistencia según la Tabla 1 de la Euro-norma DIN EN 1522. Para disponer las pruebas, las placas se colocaron tensionadas en un soporte, siendo fijado el modelo de prueba en un ángulo de 90° con respecto a la dirección de los disparos. La distancia de disparo fue de 5 y 10 mt. La distancia de dispersión fue de 120 ± 10 mm.

Primeramente se efectuaron las pruebas de tiroteo sobre placas con dimensiones de 325 mm x 278 mm x 38 mm hechas de placas conforme al Ejemplo 2. Se encontró que las placas resistieron las siguientes pruebas de disparo con por lo menos tres disparos a la placa en cada caso.

Prueba 1 (disparo clase FB 3)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre magnum 357 y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de acero, una cabeza de punta de cono y un núcleo blando hecho de plomo. El peso del proyectil fue 10,2 gr. La distancia de prueba fue 5 mt. La velocidad del proyectil fue 430 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 942,9 J.

Prueba 2 (disparo clase FB 4)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre mangnum Rem 44 y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de cobre, una cabeza plana y un núcleo blando hecho de plomo. El peso del proyectil era de 15,6 gr. La distancia de prueba

fue de 5 mt. La velocidad del proyectil fue de 440 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 1510 J.

Resultó que en el caso de esta prueba las placas también resisten disparos múltiples si las balas o proyectiles impactan con un espaciado de 50 mm, lo cual corresponde al efecto de las armas automáticas.

Prueba 3 (disparo clase FB 5)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre de 5,56 mm x 45 mm y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de cobre, una cabeza puntiaguda y un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero (tipo SS 109). El peso del proyectil era de 4,0 gr. La distancia de prueba fue 10 mt. La velocidad del proyectil fue de 950 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 1805 J.

En todas estas pruebas de disparos sobre elementos protectores de tamaño grande hechos de material compuesto de C/SiC no se presentó en los elementos grieta o quebradura alguna que pudiera evitar su uso ulterior como protección.

Aparte de esto, se expusieron a las pruebas de tiroteo elementos con dimensiones de 300 mm x 300 mm conforme al Ejemplo 3, los cuales tenían una placa de material compuesto de solamente 10 mm de espesor y un refuerzo en el lado trasero.

Prueba 4 (disparo clase FB 3)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre magnum 357 y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de acero, una cabeza de punta de cono y un núcleo blando hecho de plomo. El peso del proyectil era de 10,2 gr. La distancia de prueba fue de 5 mt. La velocidad del proyectil fue de 430 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 942,9 J.

Prueba 5 (disparo clase FB 4)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre magnum

Rem 44 y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de cobre, una cabeza plana y un núcleo blando hecho de plomo. El peso del proyectil era de 15,6 gr. La distancia de prueba fue de 5 mt. La velocidad del proyectil fue de 440 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 1510 J.

Resultó que, en el caso de esta prueba, las placas también resisten disparos múltiples si los proyectiles impactan con un espaciamiento de 50 mm, lo cual corresponde al efecto de las armas automáticas.

Prueba 6 (disparo clase FB 4+)

Se usó como arma una Kalashnikov AK 47 con calibre 7,62 mm x 39 mm y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de cobre, una cabeza de punta de cono y un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero. El peso del proyectil era de 7,9 gr. La distancia de prueba fue de 10 mt. La velocidad del proyectil fue de 730 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 2105 J.

Prueba 7 (disparo clase FB 5)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre 5,56 mm x 45 mm y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de cobre, una cabeza puntiaguda y un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero (tipo SS 109). El peso del proyectil era de 4,0 gr. La distancia de prueba fue de 10 mt. La velocidad del proyectil fue de 950 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 1805 J.

Prueba 8 (disparo tipo FB 6)

Se usó un arma tipo "cañón de prueba" con un calibre 7,62 mm x 51 mm y la bala o proyectil tenía una envoltura sólida hecha de acero, una cabeza puntiaguda y un núcleo blando hecho de plomo. El peso del proyectil era de 9,5 gr. La distancia de prueba fue 10 mt. La velocidad del proyectil fue de 830 mt/segundo, la energía del proyectil fue de 3272 J.

En estas pruebas de disparo no se presentó grieta o quebradura alguna en los elementos protectores de tamaño grande hechos de material compuesto de C/SiC con refuerzo del lado trasero que evite el uso ulterior de dichos elementos como protección.

La temperatura ambiental prevaleciente en las pruebas de disparo fue de 20 a 22°C.

Sobre la base de los resultados expuestos, resulta evidente que los elementos hechos de materiales compuestos de C/SiC con y sin refuerzo trasero pueden ser tiroteados sin que se hagan añicos ni se quiebren. Las placas muestran una suficiente resistencia inclusive en caso de ser altamente exigidas. En particular, el espesor de las placas de C/SiC con refuerzo del lado trasero conforme a la tecnología convencional puede ser tan pequeño que su uso resulta bastante económico y sin embargo se garantiza un elevado nivel de seguridad.

Reivindicaciones

1. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras, el cual contiene al menos el 10% de peso en carburo de silicio, siendo la porción de fibras de carbono y/o de fibras de grafito al menos 5% de peso con respecto al peso de las fibras, para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque al menos una de las dimensiones del elemento en dirección vertical a la carga es igual o mayor de 3 cm, preferentemente igual o mayor de 10 cm y mucho más preferentemente igual o mayor de 30 cm..
2. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 1 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque la matriz cerámica del material compuesto también contiene fases de carbono y/o de silicio.
3. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 2 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado por el hecho de que la matriz cerámica del material compuesto contiene únicamente carburo de silicio y carbono y/o silicio.
4. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque los materiales compuestos de los que constan los elementos poseen únicamente fibras de carbono y/o fibras de grafito.
5. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque los materiales compuestos de los que constan los elementos

también poseen o únicamente poseen fibras de óxido de aluminio y/o fibras de nitruro de silicio y/o fibras de Si/B/C/N.

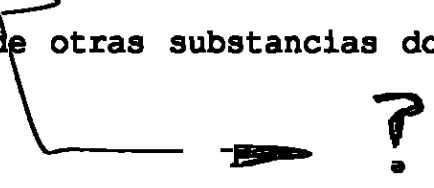
6. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque los materiales compuestos de los que constan los elementos muestran un comportamiento de rotura dúctil.

7. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 6 para la absorción parcial o total de una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque las fibras de los materiales compuestos de los que constan los elementos muestran un recubrimiento.

8. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 7 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado por el hecho de que el recubrimiento de las fibras de los materiales compuestos de los que constan los elementos consiste en al menos una capa de carbono y/o de grafito.

9. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 8 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque las fibras de los materiales compuestos de los que constan los elementos están unidas a un casco de carbono convertido parcialmente en carburo de silicio, carbono que ha resultado de la coquefacción de resinas sintéticas y/o de otras sustancias dadoras de carbono.

10. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 9 para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, caracterizado porque la cáscara de las fibras ha resultado de la coquefacción y la subsiguiente grafitización de resinas sintéticas y/o de otras sustancias donadoras de carbono.



11. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la carga tiene lugar mediante fragmentos de granada.

12. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la carga tiene lugar mediante bombardeo.

13. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10, en donde la carga tiene lugar mediante proyectiles de cualquier tipo.

14. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 para blindaje.

15. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 como un componente estructural.

16. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 14 y 15 para blindaje en las construcción de vehículos.

17. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 15 y 16 como un componente estructural para blindaje en la construcción de vehículos civiles y militares.

18. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 14 a 17 para el blindaje de automóviles, vehículos militares incluyendo tanques, aeroplanos, helicópteros, barcos, vehículos ferrocarriles y objetos estacionarios, en particular edificios y cajas fuertes.

19. Uso de elementos de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 10 en chalecos anti-balas.

20. Uso de elementos de acuerdo con la reivindicación 13 para la protección de naves espaciales contra proyectiles de todo tipo.

21. (Uso) de elementos de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 20, teniendo los elementos un comportamiento dúctil y estando unidos mediante un adhesivo a un soporte para formar un compuesto.

22. (Uso) de elementos de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 20, estando los elementos unidos mediante un adhesivo a un soporte consistente en tela tejida de fibras, en particular fibras arámidas o láminas metálicas para formar un compuesto.

23. (Uso) de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 a 75% de peso en carburo de silicio, de 15 a 25% de peso en carbono y de 5 a 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras de material compuesto de 10 a 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 a 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J,

caracterizado por el hecho de que, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 80 mm, y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 60 mm.

24. (Uso) de elementos hechos de material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto del 8 hasta el 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafiti-

zados, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 31 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 37 mm hasta 60 mm.

25. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 32 mm hasta 100 mm, preferentemente de 36 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 40 mm hasta 60 mm.

26. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles de cabeza puntiaguda que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre

con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 60 mm.

27. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 31 hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 37 mm hasta 60 mm.

28. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de car-

bono, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo con penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 32 mm hasta 100 mm, preferentemente de 36 mm hasta 80 mm y mucho más preferentemente de 40 mm hasta 60 mm.

29. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 16 hasta 100 mm, preferentemente de 20 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 24 mm hasta 50 mm.

30. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de car-

bono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 25 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 30 mm hasta 50 mm.

31. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 28 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 36 mm hasta 30 mm.

32. Uso de elementos hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una

envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado por el hecho de que, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 16 mm hasta 100 mm, preferentemente de 20 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 24 mm hasta 50 mm.

32. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 25 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 30 mm hasta 50 mm.

34. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana

que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 25 mm hasta 100 mm, preferentemente de 28 mm hasta 70 mm y mucho más preferentemente de 36 mm hasta 50 mm.

35. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 12 mm hasta 100 mm, preferentemente de 15 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 18 mm hasta 40 mm.

36. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 15 mm hasta 100 mm, preferentemente de 19 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 23 mm hasta 40 mm.

37. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles que tiene una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 40 mm.

38. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 12 mm hasta 100 mm, preferentemente de 15 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 18 mm hasta 40 mm.

39. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 15 mm hasta 100 mm, preferentemente de 19 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 23 mm hasta 40 mm.

40. Uso de elementos hechos de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una

envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos tienen un espesor mínimo de 20 mm hasta 100 mm, preferentemente de 24 mm hasta 60 mm y mucho más preferentemente de 28 mm hasta 40 mm.

41. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 3272 J,

caracterizado porque, en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5 hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

42. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos

una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 3272 J, caracterizado porque, en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7,5 hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 9 mm hasta 30 mm.

43. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibra del material compuesto 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 3272 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 8 mm hasta 50 mm, preferentemente de 10 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 12 mm hasta 30 mm.

44. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto de matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fi-

bras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tiene un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

45. (Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto de matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo,

caracterizado porque, en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7,5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 9 mm hasta 30 mm.

46. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras de material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 9,5 gr y una velocidad del proyectil de hasta 830 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente en la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 8 mm hasta 50 mm, preferentemente de 10 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 12 mm hasta 30 mm.

47. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 15 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos

tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 2105 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

48. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 2105 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 hasta 30 mm.

49. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% en carbono y de 0 hasta

30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 2105 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 10 mm hasta 30 mm.

50. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un es-

pesor mínimo de 3,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4,5 hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

51. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 hasta 30 mm.

52. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto de matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras refor-

zantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 7,9 gr y una velocidad del proyectil de hasta 730 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 5,5 mm hasta 50 mm, preferentemente de 7 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 10 mm hasta 30 mm.

53. (Uso) de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 30 mm.

54. (Uso) de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso

total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

55. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1805 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un es-

pesor mínimo de 4,8 mm hasta 40 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

56. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo, caracterizado porque, [↙]paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 50 mm, preferentemente de 4 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 30 mm.

57. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de

fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,6 mm hasta 50 mm, preferentemente de 5 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 7 mm hasta 30 mm.

58. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles puntiagudos que tienen un núcleo blando hecho de plomo y un penetrador de acero y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 4,0 gr y una velocidad del proyectil de hasta 950 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4,8 mm hasta 50 mm, preferentemente de 6 mm hasta 40 mm y mucho más preferentemente de 8 mm hasta 30 mm.

59. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando la fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 m, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,5 mm hasta 40 mm, preferentemente de 3 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 5, 5mm hasta 25 mm.

60.  Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción

total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 40 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 6,5 mm hasta 25 mm.

61. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 1510 J, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 40 mm, preferentemente de 5,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 7,5 mm hasta 25 mm.

62. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos

tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,5 mm hasta 40 mm, preferentemente de 3 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 5,5 mm hasta 25 mm.

63. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas por lo menos con una capa de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tiene un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3 mm hasta 40 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 6,5 mm hasta 25 mm.

64. (Uso) de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de granito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibra del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono, con (2) una tela tejida de fibras reforzadas que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles de cabeza plana que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de cobre con un peso de hasta 15,6 gr y una velocidad del proyectil de hasta 440 mt/segundo, caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 4 mm hasta 40 mm, preferentemente de 5,5 mm hasta 30 mm y mucho más preferentemente de 7,5 mm hasta 25 mm.

65. (Uso) de un compuesto hecho de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción

total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 2,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 4 mm hasta 20 mm.

66. (Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbono y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono grafitizado, con (2) una fibra tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,4 mm hasta 30 mm, preferentemente de 3,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 5 mm hasta 20 mm.

67. (Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho en un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbono y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de la fibras reforzantes de 0,2

hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbono que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles que tienen una energía cinética de hasta 942,9 J,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos de compuesto tienen un espesor mínimo de 3,2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 20 mm.

68. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbono y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 65 hasta 75% de peso en carburo de silicio, de 15 hasta 25% de peso en carbono y de 5 hasta 15% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 10 hasta 20% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 1 hasta 2 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos tres capas de carbono grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 2,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 4 mm hasta 20 mm.

69. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de

carbón y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 55 hasta 80% de peso en carburo de silicio, de 10 hasta 40% de peso en carbón y de 2 hasta 20% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 8 hasta 30% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,5 hasta 5 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbón grafitizado, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punto de cono que tienen un núcleo blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr una velocidad del proyectil de hasta 430 m/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 2,4 mm hasta 30 mm, preferentemente de 3,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 5 mm hasta 20 mm.

70. Uso de un compuesto de (1) un elemento hecho de un material compuesto con matriz cerámica reforzado con fibras de carbón y/o con fibras de grafito que, con respecto al peso total del material compuesto, contiene de 40 hasta 85% de peso en carburo de silicio, de 5 hasta 55% de peso en carbón y de 0 hasta 30% de peso en silicio, constituyendo la porción de fibras del material compuesto de 5 hasta 40% del peso total, siendo la longitud promedio de las fibras reforzantes de 0,2 hasta 15 mm, y estando las fibras recubiertas con por lo menos una capa de carbón, con (2) una tela tejida de fibras reforzantes que preferentemente tiene un espesor de hasta 15 mm, estando dicho elemento (1) y dicha tela tejida (2) unidos entre sí mediante un adhesivo, para la absorción total de proyectiles con cabeza de punta de cono que tienen un núcleo

blando hecho de plomo y una envoltura sólida hecha de acero con un peso de hasta 10,2 gr y una velocidad del proyectil de hasta 430 mt/segundo,

caracterizado porque, paralelamente a la dirección del impacto de los proyectiles, los elementos del compuesto tienen un espesor mínimo de 3,2 mm hasta 30 mm, preferentemente de 4,5 mm hasta 25 mm y mucho más preferentemente de 6 mm hasta 20 mm.

71. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70, en donde la carga tiene lugar mediante proyectiles de todo tipo.

72. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70, en donde los elementos o los compuestos se usan como blindaje.

73. ~~Uso~~ de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70, en donde los elementos o los compuestos están en forma de componente estructural.

74. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 72 y 73 para el blindaje en la construcción de vehículos.

75. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 73 y 74 para el blindaje en la construcción de vehículos civiles y militares.

76. ~~Uso~~ de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 73 hasta 75 para el blindaje de automóviles, vehículos militares incluyendo tanques, aeroplanos, helicópteros, barcos, vehículos ferrocarriles y objetos estacionarios, en particular edificios y cajas fuertes.

77. Uso de elementos o compuestos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70 en chalecos anti-balas

78.) Uso de elementos de acuerdo con por lo menos una de las reivindicaciones 23 hasta 70 para la protección de naves espaciales contra proyectiles de todo tipo.

79.) Uso de compuestos de acuerdo con las reivindicaciones 41 hasta 78, consistiendo el soporte en telas tejidas hechas de fibras, en particular fibras arámidas o placas metálicas.

Resumen

Esta invención se refiere al uso de elementos hechos de un material cerámico con matriz cerámica reforzado con fibras, material el cual contiene por lo menos 10% de peso en carburo de silicio, constituyendo la porción de fibras de carbono y/o de fibras de silicio por lo menos 5% del peso total de las fibras, para la absorción parcial o total de por lo menos una carga puntual tipo impacto, siendo la dimensión de dichos elementos en una dirección perpendicular a la dirección de la carga por lo menos 3 cm. El espesor de los elementos usados puede reducirse particularmente en los compuestos de la invención en los que los elementos presentan un refuerzo trasero (soporte) que en la mayoría de los casos va adherido.

En particular, los elementos y los compuestos de la invención se usan como componentes estructurales. Ellos sirven aquí entre otras cosas para el blindaje en la construcción de vehículos de tipo civil y militar. Con los elementos y los compuestos de la invención también es posible el blindaje de objetos estacionarios. Además los elementos y los compuestos de la invención pueden ser usados también en chalecos anti-balas.

REIRO FOLIO 176
DEL EXTRACTO

200/10

REQUISITOS MINIMOS PARA ADMISION A TRAMITE

PATENTE DE INVENCION [x]

MODELO DE UTILIDAD []

- Nombre e identificación del Solicitante Folio 1 [x]
- Nombre e identificación del Inventor Folio 1 [x]
- Título o nombre de la Invención Folio 1 [x]
- Descripción Folios 109 a 142 [x]
- Reivindicaciones Folios 143 a 174 [x]
- Resumen Folio 175 [x]
- Comprobante de Pago Folio 2 [x]

COMPLETA [x]

INCOMPLETA []

DISEÑO INDUSTRIAL []

- Nombre e identificación del peticionario []
- Nombre e identificación del inventor o diseñador []
- Indicación del género de productos para los cuales debe utilizarse []
- Representación gráfica []
- Comprobante de pago []

COMPLETA []

INCOMPLETA []

Firma Responsable

Fecha: _____

Carrera 13 No. 37-00 Piso 3 y 4
Bogotá, D.C. 110312
Tel: 261.31.25 - Email: oficina@incora.gov.co
Web: www.incora.gov.co



488
177

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

2020
Bogotá, D.C.

Doctor
GUSTAVO HOLLMANN RESTREPO

REFERENCIA:	Radicación No.	00082908
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	430
	Oficio No.	0343
	Folios	001

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica que:

- Debe allegar el poder otorgado al abogado que aparece en la solicitud como apoderado, con el lleno de los requisitos exigidos en el Código de Procedimiento Civil. Adicionalmente, deberá presentar el certificado de existencia y representación legal de la sociedad solicitante.
- Debe allegar copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente otorgado por el inventor al solicitante o a su causante (art. 26-k, Dec 486/2000).
- El interesado debe informar la dirección del solicitante, debido a que en la solicitud no aparece la misma. (Art. 27-b, D 486/00).

En cumplimiento del artículo 39 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el artículo 8 de la Resolución Reglamentaria No. 210 del 15 de enero del 2001.

ALIX CARMENZA CÉSPEDES DE VERGEL
Jefe de la División de Nuevas Creaciones

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha 15 FEB. 2021.

202022

Carrera 13 No. 27-00 Pisos 5, 7 y 10
Conmutador: 382 0840
Fax: 382 2695
E-mail: Info@slc.gov.co
Bogotá, D.C., Colombia