

(19)



(11)

EP 1 536 199 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.04.2007 Patentblatt 2007/14

(51) Int Cl.:
F41H 5/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03027067.2**

(22) Anmeldetag: **25.11.2003**

(54) **Keramische ballistische Schutzschicht**

Ballistic ceramic layer

Couche balistique en céramique

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(72) Erfinder: **Benitsch, Bodo**
86647 Buttenwiesen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.06.2005 Patentblatt 2005/22

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-91/07632 WO-A-03/043951
DE-C- 3 122 367 GB-A- 2 149 482
US-A- 2 348 130 US-B1- 6 532 857

(73) Patentinhaber: **SGL CARBON AG**
65203 Wiesbaden (DE)

EP 1 536 199 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine keramische ballistische Schutzschicht zum Schutz von Personen und Objekten, beispielsweise Fahrzeugen vor Beschuss, insbesondere Mehrfachbeschuss, und anderen punktförmig angreifenden mechanischen Belastungen, sowie Verfahren zu ihrer Herstellung.

[0002] Bei ballistischen Schutzsystemen spielt neben einem möglichst geringen Flächengewicht und dem Vermögen, den Projektilkern zu stoppen bzw. zu zerstören, vor allem die Fähigkeit eine Rolle, mehrere, ggf. auch eng nebeneinander liegende Treffer ohne Durchschuss aufzuhalten. Ein klassischer ballistischer Werkstoff ist Stahl in spezifischen Legierungsformen. Diese Legierungen halten bei Trefferabständen von etwa drei Kalibern noch einem Mehrfachbeschuss stand. Der größte Nachteil derartiger Systeme ist das auf die ballistischen Widerstandsklasse bezogene Flächengewicht von z.B. ca. 70 kg/m² für die Beschussklasse FB 7. Demgegenüber weisen keramische Werkstoffe bezogen auf die Dichte und das Flächengewicht eine höhere ballistische Schutzwirkung auf (ca. 35 - 45 kg/m²). Einem Mehrfachbeschuss (Multi-Hit) mit einem Trefferabstand von etwa drei Kalibern halten solche Schutzpanzerungen jedoch wegen des großflächigen und totalen Versagensverhaltens konventioneller monolithischer Keramiken nicht stand. Eine Lösung dieses Problems besteht darin, Schutzpanzerungen aus diskreten keramischen Segmenten, sogenannten Kacheln, mit lateralen Abmessungen in der Größenordnung 100 mm x 100 mm bis 20 mm x 20 mm aufzubauen. Bei einem Treffer wird nur die jeweils getroffene Kachel zerstört, das umliegende, durch den Spalt zwischen den benachbarten Kacheln entkoppelte System bleibt weitgehend unversehrt. Die zerstörte Fläche entspricht der Ausdehnung der getroffenen Kachel. Derartige aus einzelnen kachelförmigen Panzerungselementen zusammengesetzte Schutzpanzerungen sind beispielsweise aus den Patentanmeldungen DE 39 40 623 A1 und DE 198 34 393 bekannt. Die Schutzpanzerung nach DE 39 40 623 besteht aus einzelnen Panzerungselementen, bevorzugt Keramikkacheln, die mittels eines Klebstoffs mit einer Schutzunterlage, beispielsweise einem Hochmodulwerkstoff aus Aramidfasern, verbunden sind. Die Beschussfläche eines Panzerungselements nach diesem Stand der Technik ist zur Auftreffrichtung des Geschosses hin erhaben ausgebildet und fällt zu den Rändern des Panzerungselementes hin ab. Beispielsweise ist die Beschussfläche als Kugelflächenabschnitt oder als Pyramiden- oder Kegelmantelfläche ausgebildet. Dadurch wird ein auf das Panzerungselement auftreffendes Geschoss seitlich abgelenkt, seine Auftrefffläche vergrößert und die Durchschlagswirkung herabgesetzt.

[0003] WO 91/07632, die eine Basis für den Oberbegriff des Anspruchs 1 bildet, offenbart eine Panzerung bestehend umfassend

(a) eine harte Aufprallschicht bestehend aus mindestens einem, bevorzugt mehreren keramischen Körpern, die als Kacheln ausgebildet sind

(b) Mittel aus einem elastischen Material, welche die harte Aufprallschicht am Rand festhalten, wobei diese Mittel um den Rand der Aufprallschicht herum angeordnet sind und mit der Aufprallschicht verbunden sind

(c) Mittel aus einem elastischen Material, um den (mindestens einen) keramischen Körper festzuhalten, wobei diese Mittel rund um den Rand eines jeden der keramischen Körper, welche die harte Aufprallschicht bilden, angeordnet sind und ein verbundenes Netzwerk aus dem elastischen Material bilden.

Die keramischen Körper sind auf einer Backingschicht fixiert, welche die Aufprallschicht stützt und zusätzlichen ballistischen Schutz bietet. Geeignete Materialien für diese Schicht sind Metalle sowie thermoplastische und duroplastische Polymere, ggf. faserverstärkt.

In einer Ausführungsform ist die dem Beschuss zugewandte Seite der aus einzelnen keramischen Körpern aufgebauten Schicht mit einer als Splitterschutz fungierenden Deckschicht aus einem der auch für die Herstellung der Backingschicht einsetzbaren Materialien versehen.

In der DE 198 34 393 wird ein aus einem keramischen Werkstoff bestehendes Plattenelement für eine ballistische Schutzeinrichtung beschrieben, das auf mindestens einer seiner Oberflächen - also auf der dem Beschuss zugewandten Seite oder auf der dem Beschuss abgewandten Seite oder beidseitig - mit einzelnen, voneinander durch Materialstege beabstandeten Vertiefungen versehen ist. Dadurch wird eine Gewichtsreduktion der Schutzpanzerung erreicht. Außerdem wird, wenn die Vertiefungen auf der dem Beschuss zugewandten Seite angeordnet sind, der Impuls des auftreffenden Geschosses an den vorstehenden Materialstegen abgelenkt und größtenteils vernichtet. Bevorzugt sind die Vertiefungen so angeordnet, dass die stehenbleibenden Stege ein Gitteraster bilden.

Um auch bei geringen Trefferabständen eine Entkopplung der hervorgerufenen Zerstörungen zu gewährleisten, müssen die Kacheln entsprechend verkleinert werden. Damit erhöhen sich die Kosten derartiger Schutzpanzerungen. Insbesondere die Herstellung ein- oder mehrfach gekrümmter Bauteile aus diskreten Kacheln ist sehr aufwändig, da jede Kachel entsprechend ihrer individuellen Geometrie hergestellt werden muss.

[0004] Mit der vorliegenden Erfindung wird eine keramische ballistische Schutzschicht bereit gestellt, welche als großflächiges, gegebenenfalls gekrümmtes Bauteil darstellbar ist und einem Mehrfachbeschuss mit geringem Trefferabstand Stand hält. Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung Verfahren zur Herstellung einer solchen Schutzschicht.

Die erfindungsgemäße keramische ballistische Schutz-

schicht weist auf der dem Beschuss zugewandten Seite eine geschlossene Oberfläche auf, wohingegen die dem Beschuss abgewandte Oberfläche durch eine Segmentierung gekennzeichnet ist, die von dieser Oberfläche ausgehend sich in das Innere der Schutzschicht erstreckt, jedoch die Schicht nicht bis zur gegenüberliegenden, dem Beschuss zugewandte Oberfläche durchdringt. Die Segmentstruktur wird entweder mittels Material abtragender Verfahren oder mittels Material verdrängender Verfahren oder mittels Platzhaltern hergestellt. Alternativ ist eine von einer Seite ausgehende, die Schicht nicht in ihrer gesamten Dicke durchquerende Segmentierung dadurch erhältlich, dass in einem bei erhöhter Temperatur ablaufenden Prozess zwei fest miteinander verbundene Schichten, deren thermische Ausdehnungskoeffizienten verschieden sind, erzeugt werden, so dass in der anschließenden Abkühlphase in der Schicht aus dem Material mit dem höheren Ausdehnungskoeffizienten Risse entstehen, welche diese Schicht in einzelne Segmente zerteilen, während die angrenzende Schicht aus dem Material mit dem geringeren Ausdehnungskoeffizienten rissfrei bleibt.

Ebenso ist eine einseitige Rissbildung beim Trocknen zur Herstellung der erfindungsgemäßen Schutzschicht nutzbar. Diese Variante ist sowohl bei zweischichtigem als auch bei homogenem Aufbau möglich.

Obwohl im folgenden die erfindungsgemäße Schutzschicht vorwiegend unter dem Aspekt ihrer Verwendung zum Schutz gegen Beschuss beschrieben wird, ist die Erfindung nicht auf diesen Verwendungszweck beschränkt. Die erfindungsgemäße Schutzschicht ist auch geeignet, andere punktförmig angreifende mechanische Belastungen abzuhalten. In der folgenden Beschreibung ist der Begriff "Beschuss" daher nur als ein Beispiel für derartige Belastungen zu verstehen.

Weitere Einzelheiten, Vorteile und Ausführungsformen der Erfindung werden in der folgenden detaillierten Beschreibung, den Ansprüchen und den Zeichnungen offenbart.

[0005] In den Figuren zeigen

- Figur 1 eine perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Schutzschicht aus der Richtung des Beschusses P gesehen
- Figur 2 eine perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Schutzschicht von der dem Beschuss abgewandten Seite aus gesehen
- Figur 3 eine vergrößerte perspektivische Darstellung einer erfindungsgemäßen Schutzschicht gemäß Figur 2, teilweise aufgebrochen
- Figur 4 eine vergrößerte perspektivische Darstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schutzschicht, teilweise aufgebrochen

[0006] Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellte erfindungsgemäße Schutzschicht 1 nach Anspruch 1 ist insgesamt etwa 5 bis 150 mm dick. Auf der dem Beschuss

P zugewandten Seite weist die Schicht eine geschlossene Oberfläche 2 auf, wohingegen die dem Beschuss abgewandte Oberfläche 3 durch eine Segmentierung gekennzeichnet ist, die von dieser Oberfläche ausgehend sich in das Innere der Schutzschicht 1 erstreckt, jedoch die gegenüberliegende, dem Beschuss zugewandte Oberfläche 2 nicht durchdringt. D.h. die Tiefe T der Spalten 4, 4' zwischen den einzelnen Segmenten 5, aus denen die dem Beschuss abgewandte Seite 3 ausgebildet ist, ist kleiner als die Dicke D der Schutzschicht 1. Um eine zuverlässige Funktion und Stabilität der erfindungsgemäßen Schutzschicht zu gewährleisten, sollte die Tiefe T der Spalten 4, 4' zwischen den Segmenten 5 um mindestens 0,15 mm kleiner sein als die Dicke D der gesamten Schicht, d.h. zwischen den Böden 6, 6' der Spalten 4, 4' und der dem Beschuss zugewandten Oberfläche 2 muss Material mit einer Dicke d von mindestens 0,15 mm stehen bleiben.

[0007] Die Abmessungen der einzelnen Segmente 5 liegen zwischen 5 mm x 5 mm und 250 mm x 250 mm, wobei Segmente mit Ausdehnungen zwischen 10 mm x 10 mm bis 150 mm x 150 mm bevorzugt werden. Größere Segmente sind wie bereits beschrieben ungeeignet für den Schutz gegen Mehrfachbeschuss mit geringem Trefferabstand, während für kleinere Segmente der Herstellungsaufwand stark zunimmt. Die Breite der Spalte zwischen den einzelnen Segmenten liegt zwischen wenigen μm , wenn die Spalte als Risse infolge ungleicher thermischer Ausdehnung oder beim Trocknen erhalten werden und im 1/10 mm Bereich, wenn sie mittels mechanischer Bearbeitungsverfahren hergestellt werden, sollte jedoch 5 mm nicht überschreiten.

[0008] Die Erfindung ist nicht an eine bestimmte Form der Segmente 5 gebunden. Die Segmente sind beispielsweise quadratisch, rechteckig, parallelogrammförmig, vieleckig, wabenförmig, kreisrund oder elliptisch. Es sind auch frei gestaltete Formen mit unregelmäßigen, beispielsweise schlangenförmigen Konturen möglich, jedoch erhöhen sich für eine komplizierte Formgebung der Fertigungsaufwand bzw. die Anforderungen an die dafür verwendeten Maschinen und Werkzeuge.

[0009] Die segmentierte, dem Beschuss abgewandte Oberfläche der erfindungsgemäßen Schutzschicht liegt ggf. auf einer Unterlage (sog. "backing") auf, welche zum Auffangen von Geschossbruchstücken (Splitter, Projektile) und zum Abbau von Restenergie dient. Aufbau und Herstellung solcher backings sind in der Fachwelt bekannt. Geeignete Materialien zur Herstellung solcher backings sind z. B. Metall, Aramidgewebe oder Dyneemagelege.

[0010] Es ist für die Funktion der Erfindung nicht zwingend erforderlich, dass die geschlossene, nicht segmentierte Oberfläche der erfindungsgemäßen Schutzschicht direkt dem Beschuss ausgesetzt ist. Die dem Beschuss zugewandte Oberfläche der erfindungsgemäßen ballistischen Schutzschicht ist ggf. mit einer oder mehreren weiteren Schichten überzogen, beispielsweise keramischen Schichten. Prinzipiell kann eine solche äußere Schicht

auch aus einzelnen Kacheln hergestellt werden, wobei diese Variante jedoch wegen der eingangs erwähnten ökonomischen Nachteile nicht bevorzugt ist.

[0011] Entscheidend für die Funktion der erfindungsgemäßen Schutzschicht ist nur, dass die näher zum Beschuss liegende (dem Beschuss zugewandte) Oberfläche 2 der erfindungsgemäßen Schutzschicht im Gegensatz zu der dem Beschuss abgewandten, rückwärtigen Oberfläche 3 der Schutzschicht keine Segmentierung aufweist.

[0012] Die erfindungsgemäße Schutzschicht enthält mindestens ein keramisches Material. Die Herstellung solcher Materialien ist in der Fachwelt bekannt. Geeignete Materialien für erfindungsgemäße Schutzschichten sind sowohl oxidische Keramiken wie Aluminiumoxid und Zirkoniumoxid als auch nichtoxidische Keramiken wie Borcarbid, Bornitrid in einer der diamantförmigen Hochtemperaturmodifikationen, Siliciumnitrid, Siliciumcarbid und mit Silicium infiltrierte Siliciumcarbid (SiSiC). Besonders geeignet sind mit Fasern verstärkte Keramiken, wie mit Aluminiumoxidfasern verstärktes Aluminiumoxid, mit Siliciumcarbidfasern verstärktes Siliciumcarbid (SiC/SiC) oder mit Kohlenstofffasern verstärktes Siliciumcarbid (C/SiC). Mit Kohlenstofffasern verstärktes Siliciumcarbid ist besonders bevorzugt für die Herstellung der erfindungsgemäßen Schutzschichten, weil während der Silicierung - im Gegensatz zur Materialschrumpfung beim Sintern konventioneller Keramiken - nur relativ geringe Formveränderungen eintreten, so dass eine hohen Konturtreue erreichbar ist. Dies ist besonders vorteilhaft bei der Herstellung von Freiformbauteilen, beispielsweise gekrümmten Bauteilen.

In einer Variante der erfindungsgemäßen ballistischen Schutzschicht werden die Spalte zwischen den Segmenten mit einem Metall oder/und einem Kunststoff oder/und einem keramischen Material, aufgefüllt. Dabei unterscheidet sich die Zusammensetzung des Materials in den Spalten von dem Material aus dem die Segmente bestehen derart, dass das spaltfüllende Material verschieden ist von dem Material, dessen Anteil an der Zusammensetzung der Segmente 50 vol% überschreitet. Bestehen die Segmente beispielsweise aus silicierter Keramik, so enthält diese auch freies Silicium, jedoch in einem Volumenanteil von weniger als 50 %. In einer erfindungsgemäßen Schutzschicht aus silicierter Keramik können sie Spalten zwischen den einzelnen Segmenten also vollständig oder teilweise mit metallischem Silicium gefüllt werden. "Teilweise gefüllt" bedeutet, dass die Spalte nicht in ihrem ganzen Volumen mit dem entsprechenden Material gefüllt sind.

[0013] In der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Variante der Erfindung ist die erfindungsgemäße Schutzschicht 1 homogen aus einem der vorgenannten Materialien aufgebaut und wird mittels eines der erfindungsgemäßen Verfahren von der Oberfläche 3 ausgehend mit einer Segmentstruktur versehen, wobei die Spalte 4, 4' zwischen den einzelnen Segmenten 5 sich nicht durch die gesamte Dicke der Schicht 1 erstrecken.

In einer zweiten Variante, die in Figur 4 dargestellt ist, besteht die erfindungsgemäße Schicht 1 aus zwei aufeinander liegenden, fest miteinander verbundenen Schichten A und B. Die erste Schicht A ist dem Beschuss zugewandt und die zweite Schicht B ist dem Beschuss abgewandt. Schicht A verfügt auf ihrer nach außen weisenden, dem Beschuss zugewandten Seite über eine geschlossene Oberfläche 2 ohne Segmentierungen und Spalte, während die nach außen weisende, dem Beschuss abgewandte Oberfläche 3 der Schicht B segmentiert ist. Die Spalte 4, 4', welche die einzelnen Segmente 5 begrenzen, erstrecken sich maximal durch die gesamte Dicke der Schicht B bis zur Grenzfläche zur Schicht A. Die Schichten A und B können sich in ihrer Zusammensetzung unterscheiden.

Beispielsweise besteht die Schicht A, die für die dem Beschuss zugewandte Seite vorgesehen ist, aus einer faserverstärkten Keramik, während die dem Beschuss abgewandte, mit der Segmentierung zu versehende Schicht B aus einem keramischen Material ohne Faserverstärkung oder mit einem geringeren Volumenanteil an Verstärkungsfasern besteht. In dieser Ausführungsform enthält die dem Beschuss zugewandte Schicht A einen Volumenanteil von bis zu 60 % an Verstärkungsfasern, während in der dem Beschuss abgewandten Schicht B der Volumenanteil der Verstärkungsfasern maximal 45 % beträgt. Besonders bevorzugt liegt der Volumenanteil der Verstärkungsfasern in der Schicht A unter 50 % und in der Schicht B unter 20 %. Der Volumenanteil des keramischen Materials in der dem Beschuss abgewandten faserverstärkten Schicht B beträgt mindestens 55 %. Zusätzlich zu dem matrixbildenden keramischen Material und den Verstärkungsfasern enthalten die Materialformulierungen für beide Schichten ggf. Bindemittel wie Harze, bevorzugt pyrolysierte Bindemittel und gegebenenfalls Reste freier carbidbildender Metalle, z.B. wenn es sich um eine silicierte Keramik handelt.

In einer weiteren Ausführungsform besteht die für die dem Beschuss abgewandte Seite vorgesehene Schicht B aus einem Material mit einem höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als der des Materials, aus dem die für die dem Beschuss zugewandte Seite vorgesehene Schicht A aufgebaut ist. Die Schichten mit den unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten werden in einem bei erhöhter Temperatur ablaufenden Prozess erzeugt. Beim Abkühlen nach der Behandlung bei erhöhter Temperatur, beispielsweise nach dem Silicieren, bilden sich in der Schicht mit dem größeren Ausdehnungskoeffizienten Risse, welche diese Schicht in Segmente zerteilen. Die Risse erstrecken sich maximal durch die gesamte Dicke der Schicht B bis an die Grenzfläche zur Schicht A, welche ihrerseits rissfrei bleibt und für die dem Beschuss zugewandte Seite vorgesehen ist.

Beispielsweise bestehen die Schichten A und B aus mit Kohlenstofffasern verstärkten, carbonisierbaren Formmassen, wobei der Fasergehalt in der Schicht A höher ist als in der Schicht B. Wird dieser aus den in unter-

schiedlich hohem Maße mit Fasern verstärkten Schichten A und B bestehende Körper anschließend mit flüssigem Silicium infiltriert, so erreicht die Konvertierung zu Siliciumcarbid in den Schichten A und B unterschiedliche Grade. Je geringer der Faseranteil, desto höher ist der Grad der Silicierung und der Konvertierung zu Siliciumcarbid. Die in unterschiedlich hohem Grade silicierten Schichten A und B unterscheiden sich in ihren thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Wegen des höheren Silicierungsgrades ist die thermische Ausdehnung der Schicht B größer, so dass sich beim Abkühlen Risse bilden, die zu einer Segmentierung dieser Schicht führen, während die Schicht A geschlossen bleibt. Die Rissbildung lässt sich über den Silicierungsgrad bzw. Konvertierungsgrad gezielt steuern.

Die Faserverstärkung der Keramikmatrix kann durch in die Formmasse in der gewünschten Menge eingebrachte Kurzfasern erhalten werden. Die dem Beschuss zugewandte Schicht kann aber auch mittels eines in die Keramikmatrix eingebrachten Gewebes, beispielsweise eines Gewebes aus Kohlenstofffasern, verstärkt werden. Für die Faserverstärkung der dem Beschuss abgewandten, zu segmentierenden Schicht sind Filze aus Kohlenstofffasern oder carbonisierbare Produkte (z.B. Pressspanplatten) aus Cellulosefasern geeignet. Diese Cellulosefasern werden bei der Carbonisierung der Formmasse ebenfalls carbonisiert. Praktikabel ist auch eine getrennte Carbonisierung der einzelnen Schichtwerkstoffe und deren anschließendes Zusammenfügen vor der abschließenden Hochtemperaturbehandlung.

[0014] Die Segmentierung der erfindungsgemäßen Schicht erfolgt entweder auf einer geeigneten Zwischenstufe des Herstellungsprozess oder als abschließender Verfahrensschritt.

Die Segmentstruktur auf der dem Beschuss abgewandten Oberfläche ist beispielsweise durch Material abtragende Verfahren wie Fräsen, Sägen, Schleifen, Erodieren, Ausbrennen, Laserstrahlschneiden, Wasserstrahlschneiden o.ä. herstellbar. Mittels eines dieser Verfahren wird auf der dem Beschuss abgewandten Seite entsprechend der gewünschten Segmentstruktur Material entfernt, so dass einzelne Materialinseln - die Segmente 5 - stehenbleiben, zwischen denen sich schmale Spalte 4, 4', aus denen das Material abgetragen wurde, erstrecken. Diese Verfahren werden angewendet, wenn sich der keramische Körper bereits verfestigt hat, also z.B. nach dem Trocknen oder nach dem Sintern des Grünkörpers.

Soll die erfindungsgemäße Schutzschicht aus silicierter Keramik hergestellt werden, dann erfolgt die materialabtragende Strukturierung entweder vor oder nach der Silicierung. Das noch nicht silicierte Ausgangsmaterial lässt sich leichter und mit einfacheren Mitteln bearbeiten als das silicierte Endprodukt. Jedoch hat eine vor der Silicierung erfolgte Segmentierung den Nachteil, dass sich bei der anschließenden Infiltration mit flüssigem Silicium auch die Spalte zwischen den Segmenten zumindest teilweise mit Silicium füllen können. Dieser Nachteil

wird vermieden, wenn die Spalten beim Silicieren durch Platzhalter, beispielsweise auswaschbare Materialien aufgefüllt und blockiert werden, die nach dem Silicieren entfernt werden. Alternativ wird das fertig silicierte Produkt einseitig strukturiert, beispielsweise mittel Erodieren oder Laserstrahlschneiden.

Weiterhin ist eine erfindungsgemäße Segmentstruktur durch materialverdrängende Verfahren wie Einprägen, Eindrücken oder Einpressen der Segmentstruktur in die dem Beschuss abgewandte Oberfläche, beispielsweise mittels eines entsprechend strukturierten Stempels oder Presswerkzeugs erhältlich.

Ein anderes für die Herstellung einer Segmentstruktur geeignetes materialverdrängendes Verfahren ist das Trennschneiden, bei dem die dem Beschuss abgewandte Oberfläche durch Einschneiden segmentiert wird.

Eine weitere Methode zur Segmentierung der dem Beschuss abgewandten Oberfläche besteht darin, in diese Oberfläche Platzhalter einzubringen, wenn das keramische Material noch formbar ist. Diese Platzhalter werden beispielsweise in die Oberfläche eingegossen, eingelegt oder eingepresst. Die Platzhalter werden in einem solchen Muster in die Oberfläche eingebracht, das dem Verlauf der Spalte zwischen den herzustellenden Segmenten entspricht. Bevorzugt werden stegförmige Platzhalter verwendet, die ein Gitter, beispielsweise ein orthogonales Gitter, bilden. Wenn das Material einen verfestigten Zustand angenommen hat, werden die Platzhalter unter Zurücklassen von Vertiefungen in der Oberfläche wieder entfernt. Beispielsweise werden die Platzhalter nach dem Trockenlassen des keramischen Materials abgenommen. Anschließend wird das keramische Material gesintert. Der Sinterprozess ist mit einer gewissen, in ihrem Ausmaß von der Zusammensetzung des keramischen Materials abhängigen Schrumpfung verbunden. Dadurch verringert sich vorteilhafterweise die Breite der Spalten 4, 4'.

In einer Variante dieses Verfahrens bestehen die Platzhalter aus einem Opfermaterial, d. h. einem auflösbaren oder chemisch oder thermisch zersetzbaren, beispielsweise pyrolysierbaren oder brennbaren Material und werden während eines der nachfolgenden Schritte des Herstellungsprozesses, beispielsweise einer thermischen Behandlung oder durch Behandlung mit einem Lösungsmittel aus dem verfestigten Material entfernt. Beispielsweise werden Platzhalter aus einem nahezu rückstandsfrei pyrolysierbaren Material wie Polyvinylalkohol, Polyvinylacetat, Polymethylmetacrylat oder Polymethylmetacrylimid in die zu segmentierende Oberfläche eingebracht. Diese Platzhalter werden während des Sinterns pyrolysiert und lassen dabei in der Oberfläche Vertiefungen zurück. Alternativ werden Platzhalter verwendet, die aus einem Material bestehen, das während der Hochtemperaturbehandlung herausbrennt.

Material abtragende, Material verdrängende und auf dem Einsatz von Platzhaltern basierende Segmentierungsverfahren sind sowohl für die Herstellung von erfindungsgemäßen Schutzschichten mit homogenem

Aufbau nach den Figuren 1 bis 3 als auch für die Herstellung zweischichtiger Schutzschichten nach Figur 4 anwendbar. Bei zweischichtigen Schutzschichten wird die Schicht B, die für die dem Beschuss abgewandten Seite vorgesehen ist, mit einem der vorgenannten Verfahren bearbeitet, so dass eine Segmentstruktur erhalten wird.

Eine weitere Methode, zweischichtig aufgebaute erfindungsgemäße Schutzschichten mit einer einseitigen Segmentierung zu versehen, ist anwendbar, wenn sich bei erhöhter Temperatur zwei aufeinander haftende Schichten A und Schicht B mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten erzeugen lassen. Die für die dem Beschuss zugewandte Seite vorgesehene Schicht A hat den kleineren thermischen Ausdehnungskoeffizienten. Wird eine so aufgebaute erfindungsgemäße Schutzschicht nach einem thermischen Behandlungsschritt, beispielsweise nach dem Sintern oder nach dem Silicieren, abgekühlt, so bilden sich in der Schicht B aus dem Material mit dem höheren Ausdehnungskoeffizienten Risse, welche diese Schicht in Segmente zerteilen. Die Risse durchqueren die Schicht B maximal bis hin zur Grenzfläche zur Schicht A, die ihrerseits dank ihrer geringeren thermischen Ausdehnung rissfrei bleibt. Auf diese Weise wird eine erfindungsgemäße ballistische Schutzschicht erhalten, deren dem Beschuss zugewandte Oberfläche geschlossen ist, während die dem Beschuss abgewandte Oberfläche in einzelne, durch die Risse begrenzte Segmente strukturiert ist.

Ebenso ist eine nur an einer Oberfläche einer homogenen Schutzschicht oder nur in einer Schicht B einer zweischichtigen Schutzschicht auftretende Rissbildung beim Trockenprozess des keramischen Materials zur Herstellung einer erfindungsgemäßen ballistischen Schutzschicht nutzbar. Die einseitige Rissbildung wird beispielsweise dadurch hervorgerufen, dass der Grünkörper beim Trocknen von einer Seite her stärker beheizt wird als vom der anderen.

[0015] Die erfindungsgemäße Schutzschicht ist geeignet zum Schutz von Personen, Fahr- und Flugzeugen und anderen Objekten vor Beschuss auch im Fall von Mehrfachbeschuss mit geringem Trefferabstand, oder anderen Arten von punktförmig angreifender mechanischer Belastung. Eine weitere Anwendung der erfindungsgemäßen Schutzschicht betrifft den Schutz von Satelliten vor mechanischer Zerstörung.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1

[0016] In eine Gussform wird ein gitterförmiges Stegsystem eingebracht. Dieses wird in einem Abstand von ca. 1 mm über dem Boden der Form fixiert. Die Stege, aus denen das Gitter aufgebaut ist, weisen untereinander einen Abstand von ca. 20 mm auf, haben eine Höhe von ca. 20 mm und bilden ein orthogonales Gitter. Die Wandung der Stege hat eine Dicke von weniger als 1 mm.

In eine derart vorbereitete Form wird eine sinterfähige keramische Masse eingegossen. Durch den Abstand zwischen Gitter und Formboden findet eine selbständige Nivellierung der flüssigen Masse statt. Nach dem Trocknen bei einer Temperatur oberhalb von 80 °C lassen sich die Stege entfernen. Der so entstandene Grünkörper weist eine einseitig geschlossene Oberfläche auf, wohingegen die gegenüberliegende Oberfläche eine Segmentierung mit einem dem Stegsystems entsprechenden Muster aufweist.

Derartige Grünkörper lassen sich in bekannter Weise sintern. Aufgrund der Schrumpfung des Materials beim Sintern verringert sich die Breite der Spalte, die bei der Entfernung des Stegsystems zurück geblieben sind, in vorteilhafter Weise auf den Bereich von ca. 0,1 bis 0,3 mm.

Beispiel 2

[0017] Die Form wird wie in Beispiel 1 vorbereitet und gefüllt, jedoch besteht das Stegsystem aus einem rückstandsfrei pyrolysierbaren Material, welches nach der Trocknung zunächst im Grünkörper verbleibt und bei dem nachfolgenden Hochtemperaturprozess vollständig pyrolysiert wird und dabei Spalte 4, 4', welche Segmente 5 umschließen, hinterlässt.

Beispiel 3

[0018] Eine sinterfähige keramische Masse wird in eine Form gegeben und zu einem Grünkörper vorgetrocknet. Anschließend wird eine entsprechende Segmentierung durch Einprägen eines Musters, beispielsweise mittels eines gitterförmig strukturierten Presswerkzeugs oder Stempels, oder durch Trennschneiden eingebracht. Die so entstandene Segmentierung durchdringt nicht die gegenüber liegende Oberfläche. Ein derart präparierter Grünkörper wird in bekannter Weise gesintert.

Beispiel 4

[0019] Ein poröser Körper aus mit Kohlenstofffasern verstärktem Kohlenstoff (C/C) mit einer Gesamtdicke von 8 mm wird einseitig mit einer Schneidevorrichtung so eingeschnitten, dass die Schnitte ein gitterförmiges Muster bilden. Die Schnitttiefe beträgt maximal 7,5 mm. Die Schnitte sind schmaler als 1 mm. Die Schnitte wurden orthogonal in jeweils 20 mm Abstand zueinander eingebracht.

Anschließend wurden die Schnitte mit einer Füllung aus Bornitrid (hexagonale Modifikation) versehen und der poröse Körper aus mit Kohlenstofffasern verstärktem Kohlenstoff (C/C) wird in inerter Atmosphäre oder unter Schutzgas mit flüssigem Silicium infiltriert. Die Bornitridfüllung in den Spalten verhindert, dass sich diese mit Silicium füllen. In diesem Sinne wirkt Bornitrid während des Silicierungsprozesses als Platzhalter, der anschließend durch Auswaschen entfernt wird.

Nach abschließender Reinigung stand eine Platte aus

C/SiC zur Verfügung, die auf einer Seite eine durchgängige Oberfläche und auf der Kehrseite eine entsprechende Segmentierung aufweist.

Beispiel 5

[0020] Eine etwa 4 mm hohe Schicht kurzfaserverstärkten carbonisierbare Formmasse mit einem Volumenanteil von 50 % Kohlenstofffasern wird in eine Form eingebracht (Schicht A). Auf diese Schicht wird eine zweite Schicht (Schicht B) aus einer kurzfaserverstärkten carbonisierbare Formmasse mit einem Volumenanteil an Kohlenstofffasern von 20 % aufgebracht und beide Schichten miteinander verpresst. Nach dem Pressvorgang besitzt die erste Schicht (Schicht A) eine Dicke von ca. 1 bis 1,5 mm, der gesamte Pressling hat eine Höhe von ca. 14 mm. Er wird anschließend bei ca. 900 °C carbonisiert.

Die Formmassen der beiden Schichten werden aufgrund ihres unterschiedlichen Fasergehaltes bei der nachfolgenden Silicierung in verschieden hohem Grad zu Siliciumcarbid konvertiert. Die Formmasse mit dem höheren Fasergehalt, deren Konvertierungsgrad geringer ist, bildet eine geschlossene Schicht A, die für die dem Beschuss zugewandte Seite vorgesehen ist.

Wegen des höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten des höher silicierten Materials in der Schicht B kommt es beim Abkühlen in dieser Schicht zur Bildung von Rissen, welche sich quer durch diese Schicht bis an die Grenzfläche zu Schicht A ausbreiten. Die durch das Rissmuster segmentierte Oberfläche der Schicht B ist für die dem Beschuss abgewandte Seite vorgesehen.

Beispiel 6

[0021] Wie in Beispiel 5 beschrieben, wird eine aus zwei mit Kohlenstofffasern verstärkten Keramikschichten A und B mit unterschiedlich hohem Silicierungsgrad bestehende Schutzschicht hergestellt, wobei jedoch die Matrix in der ersten Schicht (Schicht A) nicht mit Kurzfasern, sondern mit einem Gewebe aus Kohlenstofffasern verstärkt ist.

Beispiel 7

[0022] Wie in Beispiel 5 beschrieben, wird eine aus zwei mit Kohlenstofffasern verstärkten Keramikschichten A und B mit unterschiedlich hohem Silicierungsgrad bestehende Schutzschicht hergestellt, wobei jedoch in der zweiten Schicht (Schicht B) die Fasern in Form eines Filzes aus Kohlenstofffasern vorliegen.

Beispiel 8

[0023] Wie in Beispiel 5 beschrieben, wird eine aus zwei mit Kohlenstofffasern verstärkten Keramikschichten A und B mit unterschiedlich hohem Silicierungsgrad bestehende Schutzschicht hergestellt. Die für die Her-

stellung der Schicht B verwendete Formmasse enthält jedoch keine Kohlenstofffasern, sondern Cellulosefasern, die bei der Carbonisierung der Formmasse ebenfalls carbonisiert werden.

Beispiel 9

[0024] Aus Holzmehl und einem pyrolysierbarem Bindemittel wird ein Formkörper hergestellt und ausgehärtet. In diesen Formkörper werden im Abstand von 15 mm orthogonal zueinander angeordnete Sägeschnitte mit einer Schnittbreite von ca. 0,5 mm (Sägeblattbreite) derart eingebracht, dass die Schnitttiefe etwa 2 mm geringer ist als die Bauteildicke. Die dem Sägeblatt abgewandte Seite wird somit nicht durchbrochen.

Bei der anschließenden Pyrolyse tritt ein Volumenschwupf um ca. 50 % auf. Dabei verändern sich auch die Spaltmaße der Sägun auf ca. 50 % ihrer ursprünglichen Breite. Bei der anschließenden Silicierung bleiben diese verringerten Spaltbreiten erhalten.

Bezugszeichenliste

[0025]

| | |
|-------|---|
| 1 | ballistische Schutzschicht |
| 2 | dem Beschuss zugewandte Oberfläche |
| 3 | dem Beschuss abgewandte Oberfläche |
| 4, 4' | Spalte zwischen den Segmenten |
| 5 | Segmente |
| 6, 6' | Böden der Spalte 4, 4' |
| A | dem Beschuss zugewandte Schicht |
| B | dem Beschuss abgewandte Schicht |
| P | Beschuss |
| T | Tiefe der Spalte 4, 4' |
| D | Gesamtdicke der Schutzschicht 1 |
| d | Restdicke der nicht segmentierten Schicht |

Patentansprüche

- Ballistische Schutzschicht (1), enthaltend mindestens ein keramisches Material, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dem Beschuss zugewandte Seite der mindestens ein keramisches Material enthaltenden ballistischen Schutzschicht (1) eine geschlossene Oberfläche (2) aufweist und die dem Beschuss abgewandte Seite der mindestens ein keramisches Material enthaltenden ballistischen Schutzschicht (1) eine segmentierte Oberfläche (3) aufweist, die aus einzelnen, von Spalten (4, 4') begrenzten Segmenten (5) zusammengesetzt ist, wobei die Tiefe (T) der Spalten (4, 4') zwischen den Segmenten (5) mindestens um 0,15 mm kleiner ist als die Dicke (D) der Schicht (1).

2. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Segmente (5) quadratisch, rechteckig, parallelogrammförmig, vieleckig, wabenförmig, kreisrund oder elliptisch sind oder schlangenförmige Konturen aufweisen. 5
3. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spalte (4, 4') zwischen den Segmenten (5) mit einem Metall, einem Kunststoff und/oder einem keramischen Material komplett oder teilweise gefüllt sind, wobei das die Spalte (4, 4') füllende Material verschieden ist von dem Material, aus dem die Segmente (5) zu mindestens 50 % ihres Volumens bestehen.
4. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dem Beschuss abgewandte segmentierte Oberfläche (3) auf einer Schutzunterlage aufliegt oder/und die nicht segmentierte Oberfläche (2) mit einer Deckschicht versehen ist. 10
5. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens ein keramisches Material aus der Klasse der nichtoxidischen Keramiken enthält. 15
6. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens ein keramisches Material aus der Klasse der oxidischen Keramiken enthält. 20
7. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens eines der Materialien Aluminiumoxid, Zirkonoxid, Borcarbid, Siliciumcarbid, mit Silicium infiltriertes Siliciumcarbid, diamantförmige Hochtemperaturmodifikationen von Bornitrid oder Siliciumnitrid enthält. 25
8. Ballistische Schutzschicht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens ein keramisches Material aus der Klasse der faserverstärkten Keramiken enthält. 30
9. Ballistische Schutzschicht nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die faserverstärkte Keramik eines der Materialien mit Kohlenstoffasern verstärktes Siliciumcarbid, mit Siliciumcarbidfasern verstärktes Siliciumcarbid oder mit Aluminiumoxidfasern verstärktes Aluminiumoxid ist. 35
10. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht aus zwei fest miteinander verbundenen Schichten aus keramischen Materialien aufgebaut ist, wobei die erste Schicht (A) dem Beschuss zugewandt und die zweite Schicht (B) dem Beschuss abgewandt ist, 40
- Schicht (A) auf ihrer nach außen weisenden, dem Beschuss zugewandten Seite über eine geschlossene Oberfläche (2) verfügt und die Schicht (B) auf ihrer nach außen weisenden, dem Beschuss abgewandten Oberfläche (3) eine Segmentstruktur aufweist, die aus einzelnen, von Spalten (4, 4') begrenzten Segmenten (5) zusammengesetzt ist.
11. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dem Beschuss zugewandte Schicht (A) eine faserverstärkte Keramik enthält. 45
12. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** beide Schichten (A) und (B) faserverstärkte Keramiken enthalten, wobei der Volumenanteil der Fasern an der Schichtzusammensetzung in Schicht (A) größer ist als in Schicht (B) und der Volumenanteil der Fasern in der Schicht (A) höchstens 60 % beträgt und der Volumenanteil des keramischen Materials in der Schicht (B) mindestens 55 % beträgt. 50
13. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dem Beschuss zugewandte Schicht (A) aus einem Material besteht, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient geringer ist als der des Materials, aus dem die dem Beschuss abgewandte Schicht (B) besteht. 55
14. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schichten (A) und (B) aus mit Kohlenstoffasern verstärktem Siliciumcarbid (C/SiC) bestehen, wobei der Volumenanteil der Kohlenstoffasern an der Schichtzusammensetzung in Schicht (A) höher ist als in Schicht (B) und die Schicht (B) einen höheren Gehalt an Siliciumcarbid aufweist als die Schicht (A).
15. Ballistische Schutzschicht (1) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht (A) ein Gewebe aus Kohlenstoffasern enthält oder/und die Schicht (B) ein Filz aus Kohlenstoffasern oder ein durch Carbonisierung von Cellulosefasern erhaltenes Produkt enthält.
16. Verfahren zur Herstellung einer ballistischen Schutzschicht (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einer Zwischenstufe des Herstellungsprozesses oder in einem abschließenden Prozessschritt die Spalte (4, 4') zwischen den Segmenten (5) an der Oberfläche (3) durch ein Material abtragendes Verfahren hergestellt werden.

17. Verfahren zur Herstellung einer ballistischen Schutzschicht (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einer Zwischenstufe des Herstellungsprozesses oder in einem abschließenden Prozessschritt die Spalte (4, 4') durch Trennschneiden in die Oberfläche (3) eingebracht werden.
18. Verfahren zur Herstellung einer ballistischen Schutzschicht (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spalte (4, 4') in die Oberfläche (3) eingepägt, eingedrückt oder eingepresst werden.
19. Verfahren zur Herstellung einer ballistischen Schutzschicht (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der zu segmentierende Oberfläche (3) an den Stellen, an denen Spalte (4, 4') erzeugt werden sollen, in das noch formbare keramische Material Platzhalter eingelegt, eingepresst oder eingegossen werden, das keramische Material verfestigt wird und die Platzhalter entfernt werden.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Platzhalter aus einem Opfermaterial bestehen und diese Platzhalter durch Verbrennung, Pyrolyse, chemische oder thermische Zersetzung oder Auflösen dieses Opfermaterials aus dem verfestigten keramischen Material entfernt werden.
21. Verfahren zur Herstellung einer ballistischen Schutzschicht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Segmentstruktur durch einseitige Rissbildung beim Trocknen des Grünkörpers erzeugt wird.
22. Verfahren zur Herstellung einer ballistischen Schutzschicht (1) nach Anspruch 13 durch Verbinden von zwei Schichten (A) und (B) aus keramischen Materialien mit unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten, wobei das Material der Schicht (B) einen höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten hat als das Material der Schicht (A), in einem bei erhöhter Temperatur ablaufenden Prozess, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ballistische Schutzschicht (1) anschließend nach dem Verbinden der Schichten (A) und (B) abgekühlt wird, wobei in der Schicht (B) Risse gebildet werden, die diese Schicht segmentieren.
23. Verwendung einer ballistischen Schutzschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 15 für den Schutz von Personen, Fahr- oder Flugzeugen oder anderen Ob-

jekten vor Beschuss oder punktförmiger Belastung.

24. Verwendung einer ballistischen Schutzschicht nach einem der Ansprüche 1 bis 15 für den Schutz von Satelliten vor mechanischer Zerstörung.

Claims

1. A ballistic shielding layer (1) containing at least one ceramic material, **characterised in that** the side of the ballistic shielding layer (1) containing at least one ceramic material that faces towards the shelling or shooting has a closed surface (2), and the side of the ballistic shielding layer (1) containing at least one ceramic material that faces away from the shelling or shooting has a segmented surface (3) which is composed of individual segments (5) delimited by gaps (4, 4'), the depth (T) of the gaps (4, 4') between the segments (5) being at least 0.15 mm less than the thickness (D) of the layer (1).
2. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** the segments (5) are square, rectangular, parallelogram-shaped, polygonal, honeycombed, circular or elliptical or exhibit serpentine contours.
3. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** the gaps (4, 4') between the segments (5) are completely or partly filled with a metal, a plastic and/or a ceramic material, the material filling the gaps (4, 4') being different from the material that the segments (5) consist of in a proportion amounting to at least 50% of their volume.
4. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** the segmented surface (3) facing away from the shelling or shooting rests on a protective backing, or/and the non-segmented surface (2) is provided with a covering layer.
5. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** it contains at least one ceramic material from the class of the non-oxidic ceramics.
6. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** it contains at least one ceramic material from the class of the oxidic ceramics.
7. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** it contains at least one of the materials aluminium oxide, zirconium oxide, boron carbide, silicon carbide, silicon carbide infiltrated with silicon, diamond-shaped high-temperature modifications of boron nitride or silicon nitride.

8. A ballistic shielding layer according to Claim 1, **characterised in that** it contains at least one ceramic material from the class of the fibre-reinforced ceramics.
9. A ballistic shielding layer according to Claim 8, **characterised in that** the fibre-reinforced ceramic is one of the materials silicon carbide reinforced with carbon fibres, silicon carbide reinforced with silicon-carbide fibres or aluminium oxide reinforced with aluminium-oxide fibres.
10. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** the layer is constructed from two layers of ceramic materials bonded to one another, the first layer (A) facing towards the shelling or shooting, and the second layer (B) facing away from the shelling or shooting, layer (A) being provided on its side pointing outwards, facing towards the shelling or shooting, with a closed surface (2) and layer (B) exhibiting on its surface (3) pointing outwards, facing away from the shelling or shooting, a segmental structure that is composed of individual segments (5) delimited by gaps (4, 4').
11. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 10, **characterised in that** layer (A) facing towards the shelling or shooting contains a fibre-reinforced ceramic.
12. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 10, **characterised in that** both layers (A) and (B) contain fibre-reinforced ceramics, the proportion by volume of the fibres in respect of the layer composition in layer (A) being higher than in layer (B) and the proportion by volume of the fibres in layer (A) amounting to at most 60% and the proportion by volume of the ceramic material in layer (B) amounting to at least 55%.
13. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 10, **characterised in that** the layer (A) facing towards the shelling or shooting consists of a material having a coefficient of thermal expansion lower than that of the material that the layer (B) facing away from the shelling or shooting consists of.
14. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 10, **characterised in that** the layers (A) and (B) consist of silicon carbide reinforced with carbon fibres (C/SiC), the proportion by volume of the carbon fibres in respect of the layer composition in layer (A) being higher than in layer (B) and layer (B) exhibiting a higher content of silicon carbide than layer (A).
15. A ballistic shielding layer (1) according to Claim 14, **characterised in that** layer (A) contains a woven fabric consisting of carbon fibres, or/and layer (B) contains a felt consisting of carbon fibres or a product obtained by carbonisation of cellulose fibres.
16. A method for producing a ballistic shielding layer (1) according to one of Claims 1 to 15, **characterised in that** at an intermediate stage of the production process or in a concluding process step the gaps (4, 4') between the segments (5) on the surface (3) are produced by a material-removing method.
17. A method for producing a ballistic shielding layer (1) according to one of Claims 1 to 15, **characterised in that** at an intermediate stage of the production process or in a concluding process step the gaps (4, 4') are introduced into the surface (3) by separation cutting.
18. A method for producing a ballistic shielding layer (1) according to one of Claims 1 to 15, **characterised in that** the gaps (4, 4') are stamped, impressed or forced into the surface (3).
19. A method for producing a ballistic shielding layer (1) according to one of Claims 1 to 15, **characterised in that** on the surface (3) to be segmented, at the places at which gaps (4, 4') are to be generated, place-holders are inserted, impressed or cast into the still mouldable ceramic material, the ceramic material is compacted, and the place-holders are removed.
20. A method according to Claim 19, **characterised in that** the place-holders consist of a sacrificial material and these place-holders are removed from the solidified ceramic material by combustion, pyrolysis, chemical or thermal decomposition or dissolution of this sacrificial material.
21. A method for producing a ballistic shielding layer (1) according to Claim 1, **characterised in that** the segmental structure is generated by single-sided crack formation in the course of drying the green body.
22. A method for producing a ballistic shielding layer (1) according to Claim 13 by connecting two layers (A) and (B) consisting of ceramic materials having different coefficients of thermal expansion, the material of layer (B) having a higher coefficient of thermal expansion than the material of layer (A), in a process taking place at elevated temperature, **characterised in that** the ballistic shielding layer (1) is subsequently cooled after the connecting of the layers (A) and (B), where-

by cracks are formed in layer (B) that segment this layer.

23. Use of a ballistic shielding layer according to one of Claims 1 to 15 for the protection of persons, vehicles, aircraft or other objects against shelling or shooting or point-type loading.
24. Use of a ballistic shielding layer according to one of Claims 1 to 15 for the protection of satellites against mechanical destruction.

Revendications

1. Couche de protection balistique (1), comprenant au moins une matière céramique, **caractérisée en ce que** le côté, tourné vers le bombardement, de la couche de protection balistique (1) comprenant au moins une matière céramique présente une surface fermée (2), et le côté opposé au bombardement de la couche de protection balistique (1) comprenant au moins une matière céramique présente une surface segmentée (3), composée de segments (5) individuels limités par des fentes (4, 4'), la profondeur (T) de ces dernières entre les segments (5) étant inférieure d'au moins 0,15 mm à l'épaisseur (D) de la couche (1).
2. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les segments (5) sont en forme de carré, de rectangle, de parallélogramme, de polygone, de nid d'abeille, de cercle ou d'ellipse ou présentent des contours en serpent.
3. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les fentes (4, 4') entre les segments (5) sont remplies partiellement ou complètement par un métal, une matière plastique et/ou une matière céramique, la matière remplissant les fentes (4, 4') étant différente de celle composant au moins 50 % du volume des segments (5).
4. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la surface (3) segmentée opposée au bombardement se trouve sur une base protectrice ou/et la surface non segmentée (2) est pourvue d'une couche de recouvrement.
5. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1,

caractérisée en ce qu'

elle comprend au moins une matière céramique de la classe des céramiques non oxydées.

- 5 6. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'** elle comprend au moins une matière céramique de la classe des céramiques oxydées.
- 10 7. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'** elle comprend au moins l'une des matières suivantes : oxyde d'aluminium, oxyde de zirconium, carbure de bore, carbure de silicium, carbure de silicium infiltré avec du silicium, modifications à haute température sous forme de diamant du nitrure de bore ou du nitrure de silicium.
- 15 8. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'** elle comprend au moins une matière céramique de la classe des céramiques renforcées par fibres.
- 20 9. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la céramique renforcée par fibres fait partie d'une des matières suivantes : carbure de silicium renforcé par fibres de carbone, carbure de silicium renforcé par fibres de carbure de silicium ou oxyde d'aluminium renforcé par fibres d'oxyde d'aluminium.
- 25 10. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'** elle se compose de deux couches en matières céramiques reliées fixement l'une à l'autre, la première couche (A) étant tournée vers le bombardement et la deuxième (B) étant opposée au bombardement, la couche (A) présentant une surface (2) fermée sur son côté tourné vers le bombardement et vers l'extérieur, et la couche (B) présentant une structure segmentée composée de segments individuels (5) limités par des fentes (4, 4') sur sa surface (3) opposée au bombardement et tournée vers l'extérieur.
- 30 11. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** la couche (A) tournée vers le bombardement comprend une céramique renforcée par fibres.
- 35 12. Couche de protection balistique (1) selon la reven-
- 40
- 45
- 50
- 55

- dication 10,
caractérisée en ce que
 les deux couches (A) et (B) comprennent des céramiques renforcées par fibres,
 la part de volume des fibres dans la composition des couches étant supérieure dans la couche (A) que dans la couche (B),
 la part de volume des fibres dans la couche (A) étant de 60 % maximum, et la part de volume des fibres de la matière céramique dans la couche (B) étant d'au moins 55 %.
13. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 10,
caractérisée en ce que
 la couche (A) tournée vers le bombardement se compose d'une matière dont le coefficient de dilatation thermique est inférieur à celui de la matière composant la couche (B) opposée au bombardement.
14. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 10,
caractérisée en ce que
 les couches (A) et (B) se composent de carbure de silicium (C/SiC) renforcé par fibres de carbone, la part de volume des fibres de carbone dans la composition des couches étant supérieure dans la couche (A) que dans la couche (B) et la couche (B) présentant une teneur en carbure de silicium supérieure à la couche (A).
15. Couche de protection balistique (1) selon la revendication 14,
caractérisée en ce que
 la couche (A) présente une structure en fibres de carbone ou/et la couche (B) comprend un feutre en fibres de carbone ou un produit obtenu par la carbonisation de fibres de cellulose.
16. Procédé de fabrication d'une couche de protection balistique (1) selon l'une des revendications 1 à 15,
caractérisé en ce qu'
 on fabrique les fentes (4, 4') entre les segments (5) à la surface (3) par un procédé d'extraction de matière à une étape intermédiaire du processus de fabrication ou à une étape suivante du processus.
17. Procédé de fabrication d'une couche de protection balistique (1) selon l'une des revendications 1 à 15,
caractérisé en ce que
 les fentes (4, 4') sont réalisées à la surface (3) par une découpe de séparation à une étape intermédiaire du processus de fabrication ou à une étape suivante du processus.
18. Procédé de fabrication d'une couche de protection balistique (1) selon l'une des revendications 1 à 15,
caractérisé en ce que
 les fentes (4, 4') sont incrustées, enfoncées ou pressées dans la surface (3).
19. Procédé de fabrication d'une couche de protection balistique (1) selon l'une des revendications 1 à 15,
caractérisé en ce qu'
 on introduit des supports de positionnement, enfoncés ou coulés dans la matière céramique encore déformable sur la surface (3) à segmenter aux endroits où des fentes (4, 4') doivent être créées, on consolide la matière céramique et on supprime les supports de positionnement.
20. Procédé selon la revendication 19,
caractérisé en ce que
 les supports de positionnement se composent d'une matière sacrificielle, et sont supprimés de la matière céramique consolidée par combustion, pyrolyse, décomposition chimique ou thermique ou dissolution.
21. Procédé de fabrication d'une couche de protection balistique selon la revendication 1,
caractérisé en ce que
 la structure segmentée est générée par une fissure unilatérale lors du séchage de l'élément de base.
22. Procédé de fabrication d'une couche de protection balistique (1) selon la revendication 13, en reliant deux couches (A) et (B) en matières céramiques à différents coefficients de dilatation thermique, la matière de la couche (B) présentant un coefficient de dilatation thermique supérieur à la matière de la couche (A) dans un processus se déroulant à température plus élevée,
caractérisé en ce que
 la couche de protection balistique (1) est refroidie après la liaison des couches (A) et (B), pour former des fissures segmentant la couche (B).
23. Utilisation d'une couche de protection balistique (1) selon l'une des revendications 1 à 15, pour la protection des personnes, des véhicules automobiles, des avions et d'autres objets contre le bombardement ou une sollicitation ponctuelle.
24. Utilisation d'une couche de protection balistique (1) selon l'une des revendications 1 à 15, pour la protection des satellites contre une destruction mécanique.

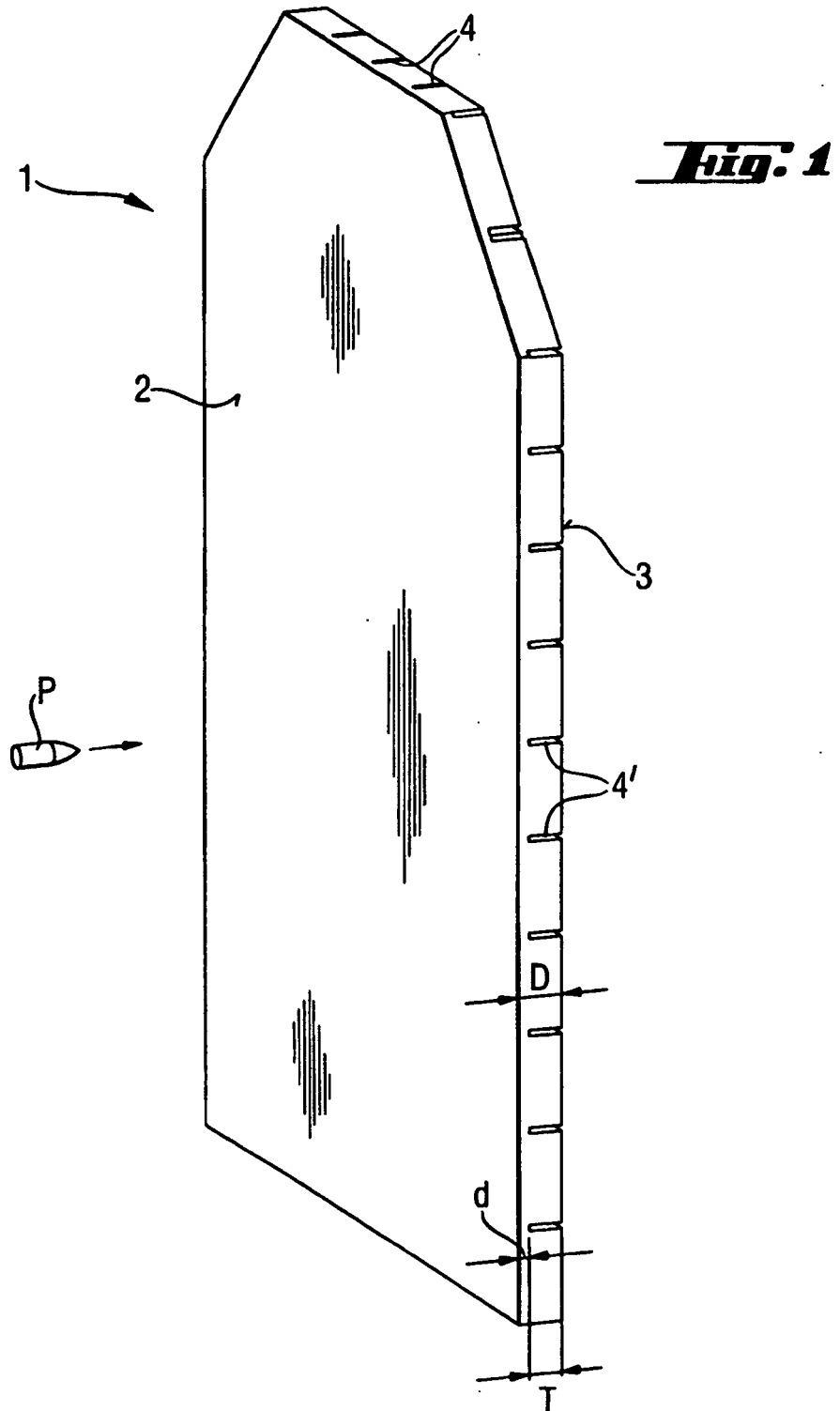


Fig. 2

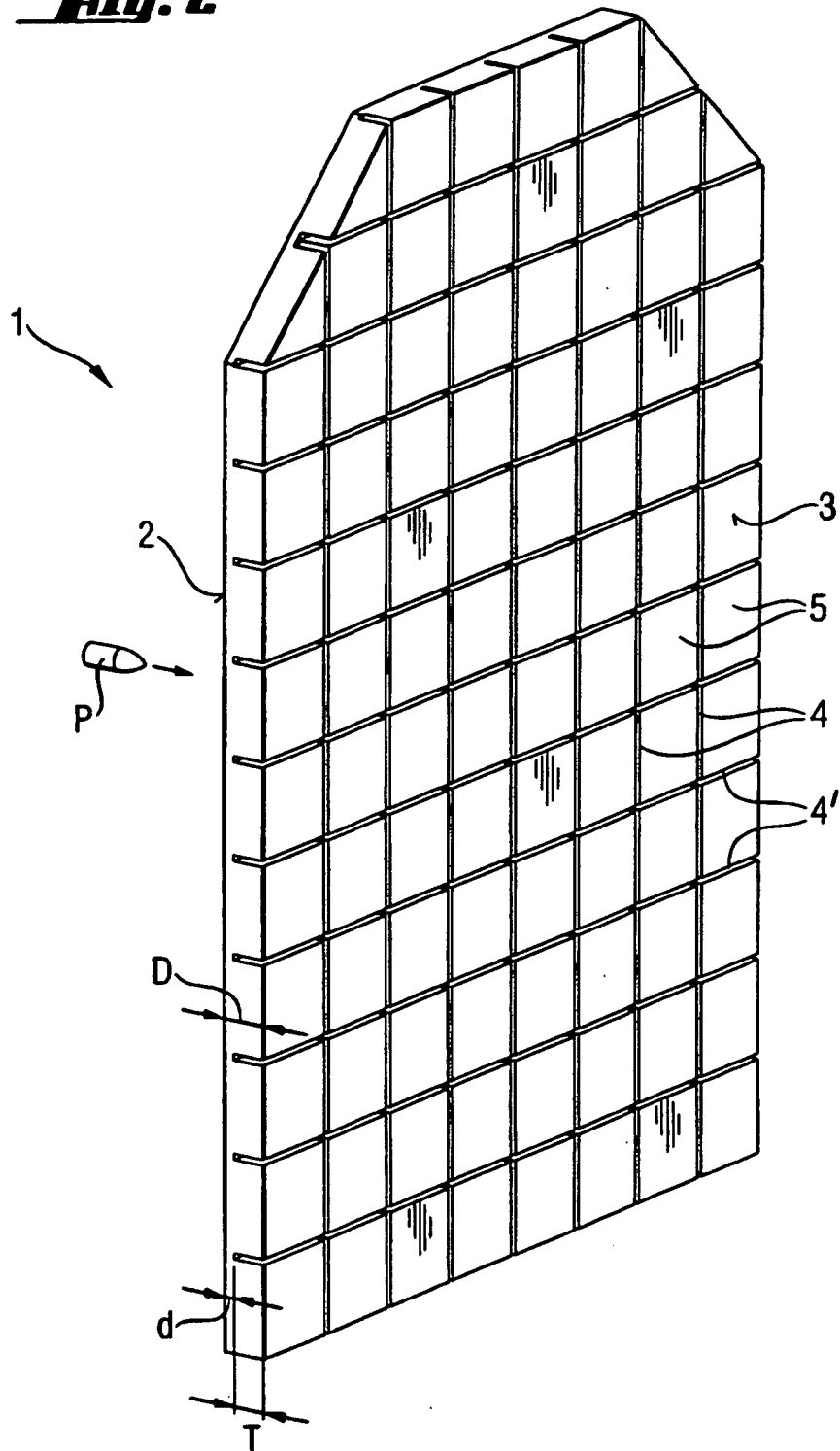


Fig. 4

