

(19)



(11)

EP 3 141 863 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.07.2019 Patentblatt 2019/31

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

(21) Anmeldenummer: **16185816.2**

(22) Anmeldetag: **26.08.2016**

(54) **BAUTEIL FÜR BALLISTISCHE SCHUTZANWENDUNGEN UND VERFAHREN ZU DESSEN
HERSTELLUNG**

COMPONENT FOR BALLISTIC ARMOUR APPLICATIONS AND METHOD FOR PRODUCING THE
SAME

COMPOSANT POUR APPLICATIONS DE PROTECTION BALISTIQUE ET SON PROCEDE DE
FABRICATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **09.09.2015 DE 102015115201**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.03.2017 Patentblatt 2017/11

(73) Patentinhaber: **Barat Ceramics GmbH
07955 Auma-Weidatal (DE)**

(72) Erfinder:
• **Dohn, Alexander**
96117 Memmelsdorf (DE)
• **Herrmann, Ulf**
07819 Triptis (DE)

- **Söllner, René**
08491 Limbach (DE)
- **Garcia, Alberto**
07743 Jena (DE)
- **Prüger, Tobias**
07745 Jena (DE)
- **Schmitt, Jaime**
07955 Auma-Weidatal (DE)

(74) Vertreter: **Oehmke, Volker et al**
Patentanwälte Oehmke & Kollegen
Neugasse 13
07743 Jena (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 260 235 EP-A2- 0 462 473
DE-A1- 1 578 333 DE-B3- 10 303 351
US-A1- 2009 217 813

EP 3 141 863 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Bauteile aus keramischen Materialien für ballistische Schutzanwendungen. Insbesondere werden derartige Bauteile zur Panzerung von Fahrzeugen und für Schutzwesten verwendet.

[0002] Keramik wird seit vielen Jahren in Kombination mit anderen Werkstoffen als ballistischer Schutz von Personen und Objekten eingesetzt (DE 1 578 333 A1). Der entscheidende Vorteil einer keramischen Panzerung besteht in einer deutlichen Gewichtseinsparung der Keramikverbundsysteme von mehr als 50% im Vergleich zu den konventionellen Panzerstählen. Die Eigenschaften eines keramischen Werkstoffes für ballistische oder ähnliche Schutzanwendungen können durch die Auswahl der eingesetzten Rohstoffe, deren Zusammensetzung und die Prozessparameter bei der Fertigung variiert werden (Härte, Festigkeit, Zähigkeit, Dichte). Eine optimale Schutzwirkung, insbesondere bei Multi-Hit-Beanspruchung, kann allerdings nur durch eine Kombination von Materialien mit hoher Härte (vorn) und hoher Zähigkeit (dahinter) erzielt werden (US 2009/0217813 A1). Die harte Schicht im Frontbereich hat die Aufgabe das Projektil zu deformieren bzw. zu brechen. Die dahinter liegende Schicht oder Schichten dienen dem Abfangen des Projektils bzw. dessen Trümmer und der Splitter der zerstörten Keramik. Entscheidend dabei ist, dass die komplette kinetische Energie des Projektils während des Eindringens in den ballistischen Schutz durch die Zertrümmerung des Materials in Arbeit und Wärme umgewandelt wird. Bisher wird das Problem in der Regel durch einen Sandwich-Aufbau aus keramischen Materialien und / oder Kunstfasern und / oder Metallen gelöst. Mit der DE 103 03 351 B3 wird ein derartiges Bauteil aus einem Metall/Keramik-Verbundwerkstoff mit intermetallischer Matrix, dessen Verwendung als Panzermaterial und das Verfahren zu dessen Herstellung offenbart. Mit der EP 0 260 235 A2 wird ein Formkörper bestehend aus aus alternierenden Schichten von harten und zähen (bevorzugt Stahl) Materialien offenbart, der über ein Extrusionsverfahren hergestellt wird. Die pulverförmigen keramischen Hartstoffe der harten Schicht werden in ein Metallrohr gefüllt. Durch Extrusion oder isostatisches Pressen werden die Hartstoffe in einer metallischen Matrix verteilt. Der Schichtaufbau im Formkörper wird nicht über einen Sinterprozess gebildet. Es muss immer ein Metall als Matrix verwendet werden.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil für ballistische Schutzanwendungen zu realisieren, das gegenüber dem Stand der Technik einen effektiveren Schutz gewährleistet. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit Vorder-Rückseite gemäß dem unabhängigen Anspruch 1. Weiterhin ist ein mittels dieses Verfahrens hergestelltes Bauteil für ballistische Schutzanwendungen gemäß dem Anspruch 2 bzw. den von diesem abhängigen Ansprüchen 3 und 4 Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0004] Der Kern der Erfindung liegt darin, dass zwei oder mehrere keramische Materialien im Herstellungsprozess schichtförmig verbunden werden, wobei in den Schichtaufbau gezielt Spannungen induziert werden. Mit dem vorgeschlagenen Bauteil werden somit beide Funktionen (Zerstörung des Projektils und Abfangen der Splitter) in einem Composite vereint und es erfolgt eine optimale Energievernichtung bzw. Impulsübertragung

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass die erste, der Beanspruchung (z.B. Projektil) zugewandte Materialschicht eine hohe Härte besitzt und hauptsächlich zur Deformation, Fragmentierung und Erosion des auftreffenden Körpers führt. Das dahinter liegende Material bzw. Materialien haben eine höhere Zähigkeit und behindern so die Rissausbreitung und begrenzen dadurch das geschädigte Volumen der Panzerung.

[0005] Der Primär-Impuls eines auftreffenden Projektils wird aufgrund der Impulserhaltung auf den aus Schichten oder Materialgradienten aufgebauten Schutzkörper übertragen und in möglichst viele kleine einzelne Impulse mit verschiedenen Richtungen aufgespalten (Prinzip Billard-Kugeln). Die in den Schichtaufbau eingebrachten Druck- und Zugspannungen tragen zur Erhöhung der mechanischen Festigkeit einzelner oder mehrerer Schichten bei. Durch das Lösen bzw. Freiwerden von Verspannungen kann eine gezielte Verteilung und Umlenkung des Impulses des auftreffenden Körpers auf den Schichtaufbau bzw. die entstehenden Bruchstücke stattfinden. Der verspannte aus Schichten oder Materialgradienten aufgebaute Formkörper übernimmt dadurch sozusagen eine aktive Funktion. Die mechanische Energie wird in Arbeit zur Zertrümmerung bzw. Zerkleinerung des Komposits in der näheren Umgebung des Einschlags umgewandelt. Je kleiner die in einem bestimmten Volumen erzeugten Bruchstücke sind, desto mehr Energie kann aufgenommen werden. Wird durch Spannungen gezielt eine gewölbte, nicht planare Geometrie erzeugt, kann diese ebenfalls zur Umlenkung des Primär-Impulses eingesetzt werden. Dieses Verhalten kann die Energieumwandlung und damit die Schutzwirkung insbesondere bei Multi-Hit Beanspruchung verbessern und z. B. zu einer Reduzierung der Materialstärke bzw. des Flächengewichtes einer Panzerung führen.

[0006] Die verschiedenen Materialschichten werden erfindungsgemäß bereits bei der Formgebung im Grünzustand vor dem Sintern erzeugt. Das Bauteil kann aus dichten und porösen Materialschichten bestehen. Poröse Schichten können nach dem Sintern mit Kunststoffen, Gläsern oder Metallen zur Modifizierung bestimmter Eigenschaften gefüllt bzw. infiltriert werden.

[0007] Die Formgebung kann durch uniaxiales Trockenpressen oder andere in der keramischen Industrie übliche Formgebungsverfahren (z.B. Gießen, Folien gießen, Spritzen, isostatisches Pressen, Drucken) erfolgen.

[0008] Bei der Formgebung können die verschiedenen Materialien getrennt bzw. nacheinander in das Werkzeug oder die Form gegeben und gleichzeitig zum Grünkörper

geformt werden.

[0009] Die Fertigung kann auch durch zwei oder mehr nacheinander folgende Formgebungsprozesse erfolgen.

[0010] Es ist auch möglich verschiedene Formgebungsverfahren zu kombinieren.

[0011] Die Spannungen werden erfindungsgemäß durch die bei der Formgebung eingestellten Gründichte der Schichten und den nachfolgenden Sinterprozess in den Schichtaufbau eingebracht.

[0012] Bei der keramischen Formgebung eines Materials kann z.B. über den Pressdruck oder das Bindemittelsystem die Gründichte vor dem Sintern beeinflusst werden. Eine höhere Gründichte reduziert die Schwindung während des Sinterprozesses, eine niedrige Gründichte führt zu einer größeren Schwindung. Durch die Einstellung der Gründichte kann die Schwindung im Bereich von fast 0% bis 5% variiert werden, ohne die Enddichte nach dem Sintern wesentlich zu beeinflussen. Werden die Gründichte eines oder verschiedener Materialien bei der Formgebung des Schichtsystems wie beschrieben beeinflusst, können durch die unterschiedlichen Schwindungen gezielt Zug- oder Druckspannungen eingestellt werden.

[0013] Die erzeugten Spannungen müssen so "justiert" werden, dass diese im Schichtsystem nicht zu Rissen oder einer Delamination führen.

[0014] Die eingebrachten Spannungen können während der Sinterung oder bei Fügeprozessen zur Ausbildung von gekrümmten Konturen der gefertigten Formkörper genutzt werden. Die dadurch erhaltene Geometrie trägt zur gezielten Impulsumlenkung bei.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und Abbildungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 ein aus drei Schichten bestehendes Bauteil,

Fig. 2 ein Bauteil gemäß Fig. 1 mit einer weiteren Schicht und

Fig. 3 gekrümmtes Bauteil.

[0016] In den Figuren 1 bis 3 sind Bauteile mit unterschiedlichen Schichtaufbauten gezeigt. Gemäß Fig. 1 besteht das Bauteil aus einer ersten Schicht 1, einer zweiten Schicht 2 und einer dritten Schicht 3. Erste Schicht 1 und dritte Schicht 3 bestehen dabei aus unterschiedlichen keramischen Werkstoffen. Die zweite Schicht 2 besteht aus einem Gemisch der Materialien von der ersten Schicht 1 und der dritten Schicht 3. Die erste Schicht 1 ist dabei funktionell die besonders harte Schicht, die das Projektil zerstört und die folgenden Schichten fangen die Splitter ab. Das Bauteil gemäß Fig. 2 hat zusätzlich zum Aufbau gemäß Fig. 1 eine über eine Fügezone 4 angebundene poröse Schicht 5, die mit einem Kunststoff gefüllt ist. In das Bauteil gemäß Fig. 3 sind die Spannungen derart eingebracht, dass eine gewölbte Geometrie des Schichtaufbaus erzeugt wird. Die

derart gestaltete Geometrie trägt zur gezielten Impulsumlenkung bei.

Bezugszeichenliste

[0017]

- 1 erste Schicht
- 2 zweite Schicht
- 3 dritte Schicht
- 4 Fügezone
- 5 poröse Schicht

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Bauteils mit Vorder- und Rückseite für ballistische Schutzanwendungen bestehend aus einem Komposit, wobei das Komposit aus zwei oder mehreren keramischen Schichten schichtförmig hergestellt wird, wobei funktional die Vorderseite große Härte und Druckfestigkeit zur Erosion und Verminderung der Eindringtiefe eines Projektils aufweist und eine hinterliegende Schicht Richtung Rückseite zum Abfangen der Reste des Projektils und der Materialsplinter ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die keramische Formgebung des Komposits durch Schichten von keramischen Materialien mit schichtweisen unterschiedlichen Gründichten erfolgt und abschließend das Komposit zum Bauteil gesintert wird, wobei gezielt mechanische Spannungen durch die unterschiedlichen Gründichten in das Bauteil induziert werden.
2. Bauteil für ballistische Schutzanwendungen mit Vorder- und Rückseite, bestehend aus einem mehrschichtigen keramischen Funktionskomposit, hergestellt nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** benachbarte Schichten des Funktionskomposits entweder eingebrachte Druckspannungen oder Zugspannungen aufweisen.
3. Bauteil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Funktionskomposit eine gewölbte Geometrie aufweist.
4. Bauteil nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Grenzflächen der Schichten gegenüber der Vorder- oder Rückseite nicht parallel verlaufen.

Claims

1. Method for producing a component with front and back side for ballistic protective applications, comprising a composite, wherein the composite is pro-

duced in a layered form from two or more ceramic layers, wherein, functionally, the front side has high hardness and compressive strength to erode and reduce the penetration depth of a projectile and one of the layers lying behind the front side layer is formed in the direction of the back side to intercept the remnants of the projectile and the material splitters, **characterized in that** the ceramic shaping of the composite is effected by layers of ceramic materials with different green densities of each layer and finally the composite is sintered to form the component, wherein, due to the different green densities, mechanical stresses are specifically induced into the component.

2. Component for ballistic protective applications with front and back side, comprising a multi-layered ceramic functional composite, produced according to the preceding claim, **characterized in that** adjacent layers of the functional composite either have introduced compressive stresses or tensile stresses.
3. Component according to claim 2, **characterized in that** the functional composite has a curved geometry.
4. Component according to claim 2, **characterized in that** the boundary surfaces of the layers are not parallel to the front or back side.

composite fonctionnel ont soit des contraintes de compression ou des contraintes de tension introduites.

3. Composant selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le composite fonctionnel a une géométrie incurvée.
4. Composant selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** les surfaces de délimitation des couches ne sont pas parallèles à la face avant ou à la face arrière.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composant avec une face avant et une face arrière pour des applications de protection balistique, comprenant un composite, le composite étant fabriqué sous forme de couche à partir de deux ou plusieurs couches céramiques, la face avant fonctionnellement ayant une grande dureté et résistance à la compression pour éroder et réduire la profondeur de pénétration d'un projectile et une des couches placées en arrière de la couche de la face avant étant formée en direction de la face arrière pour intercepter les restes du projectile et les éclats de matériau, **caractérisé en ce que** la mise en forme céramique du composite est effectuée par des couches de matériaux céramiques avec des différentes densités de vert de chaque couche et finalement le composite est fritté pour former le composant, des contraintes mécaniques étant spécifiquement induites dans le composant à cause des différentes densités de vert.
2. Composant pour des applications de protection balistique avec une face avant et une face arrière, comprenant un composite fonctionnel céramique multicouche, fabriqué selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** des couches adjacentes du

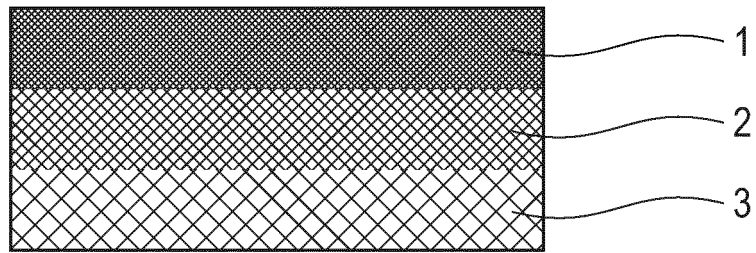


Fig. 1

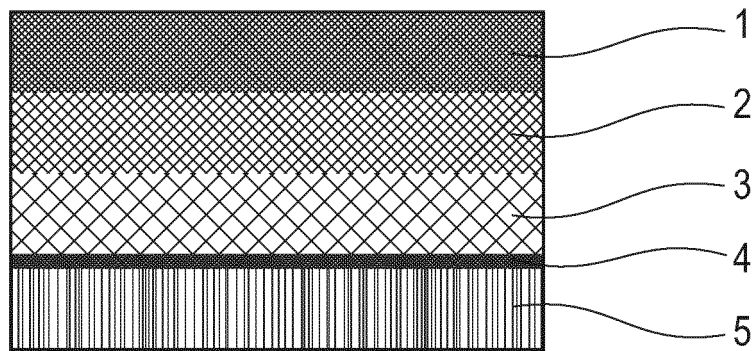


Fig. 2

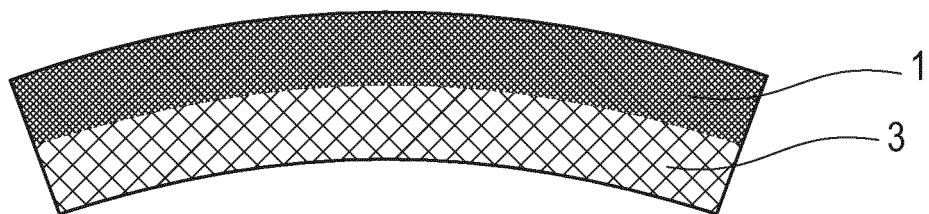


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 1578333 A1 **[0002]**
- US 20090217813 A1 **[0002]**
- DE 10303351 B3 **[0002]**
- EP 0260235 A2 **[0002]**