



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.06.2020 Patentblatt 2020/26

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

(21) Anmeldenummer: **19214846.8**

(22) Anmeldetag: **10.12.2019**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **QSIL Ceramics GmbH**
07955 Auma-Weidatal (DE)

(72) Erfinder: **HERRMANN, Ulf**
07819 Triptis (DE)

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

(30) Priorität: **20.12.2018 DE 102018133084**

(54) **BESCHUSSHEMMENDER VERBUND AUS KERAMIKELEMENTEN**

(57) Die Erfindung betrifft einen beschusshemmenden Verbund (11) aus Keramikelementen (1). Die Aufgabe, eine einfache Möglichkeit zum Aufbau eines beschusshemmenden Verbunds (11) aus einer Lage von Keramikelementen (1) zu finden, wird erfindungsgemäß durch ein Keramikelement (1) gelöst, das die Form eines Differenzkörpers aufweist, der durch die Differenz zweier Zylinder (2) gebildet wird, deren Symmetrieachsen (10)

parallel verlaufen und in einem Abstand von einem halben Durchmesser (d) angeordnet sind, wobei die Mantelfläche aus einer konvexen ersten Mantelfläche (3) und einer konkaven zweiten Mantelfläche (4) besteht und eine Deckfläche (5) und eine Grundfläche (6) zwei zueinander parallele, sphärisch gekrümmte Flächen sind, so dass eine Höhe (H) des Keramikelements (1) größer als eine Höhe (h) des Zylinders (2) ist.

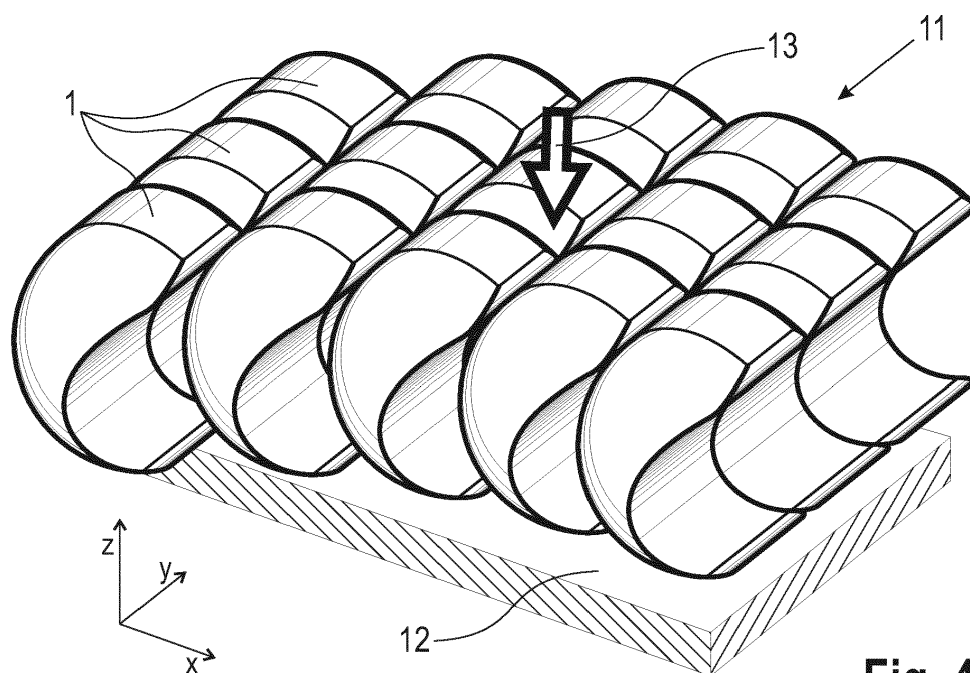


Fig. 4

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen beschusshemmenden Verbund aus Keramikelementen.

[0002] Keramiken werden, wegen ihrer großen Härte bei gleichzeitig geringem Gewicht, häufig in modernen beschusshemmenden Schutzeinrichtungen verwendet und entfalten insbesondere in Verbundsystemen, in denen sie z.B. in Verbindung mit Fasergeweben und / oder Metallen und / oder Kunststoffen verwendet werden, eine ausgezeichnete Schutzwirkung. Die Eigenschaften der beschusshemmenden Schutzeinrichtung können durch die geometrische Form und die Auswahl von Materialeigenschaften der Keramiken gezielt beeinflusst werden. Flächendeckende beschusshemmende Schutzeinrichtungen werden oft aus einer Vielzahl von kleineren Keramikelementen oder Keramikplatten zusammengesetzt. Dadurch sind sie z.B. viel besser und flexibler an gekrümmte Oberflächen anpassbar, als das durch die Verwendung von großflächigen Keramikelementen möglich wäre, die eben sind oder die bereits an eine Krümmung von Oberflächen angepasst sind. Außerdem lassen sich einzelne Elemente derartig aufgebauter Schutzeinrichtungen bei Beschädigungen viel einfacher und kostengünstiger auswechseln.

[0003] Keramikelemente, wie sie zum Aufbau von beschusshemmenden Verbünden verwendet werden, sind aus dem Stand der Technik bereits bekannt. Eine typische Form sind z.B. zylindrische Keramikelemente, die mit ihrer Achse senkrecht zu einer zu schützenden Oberfläche und damit in Richtung eines erwarteten Angriffs ausgerichtet sind. Die Schutzwirkung des beschusshemmenden Verbunds wird im Wesentlichen durch die Höhe der Zylinder festgelegt.

[0004] In der WO 00/47944 A1 ist ein beschusshemmender Verbund offenbart, der sich aus zylindrischen Keramikelementen gleichen Durchmessers und planen Stirnflächen zusammensetzt. Die Zylinder sind orthogonal auf einem ebenen Trägermaterial in einer hexagonal dichten Packung angeordnet. Die Zylinder können in leichten Schutzeinrichtungen die Form von flachen Scheiben haben oder in schweren Schutzeinrichtungen eine deutlich größere Höhe aufweisen. In die in der hexagonal dichten Packung verbleibenden Zwischenräume zwischen den Zylindern können zylindrische Füllemente mit kleinerem Durchmesser eingesetzt sein, durch welche die Größe der Zwischenräume vermindert wird.

[0005] Die WO 98/15796 A1 zeigt zylindrische Keramikelemente mit gleichen Durchmessern, die einen beschusshemmenden Verbund ausbilden. Die Zylinder sind orthogonal auf einem ebenen Trägermaterial in einer hexagonal dichten Packung angeordnet. Mindestens eine der beiden Stirnflächen der zylindrischen Keramikelemente ist konvex gekrümmt.

[0006] In der CN 204 329 778 U sind zylindrische Keramikelemente gleichen Durchmessers beschrieben, die halbkugelförmige Stirnflächen aufweisen und in einer hexagonal dichten Packung orthogonal zu einem ebenen

Trägermaterial angeordnet sind.

[0007] Bei den aus der RU 2 462 682 C2 bekannten zylindrischen Keramikelementen weisen die Stirnflächen konvexe Krümmungen auf. Die Keramikelemente werden mit der Achse orthogonal auf einem ebenen Träger angeordnet. Der Übergang zwischen den gekrümmten Stirnflächen und der Mantelfläche kann mit konkaven oder konvexen Radien oder mit Fasen versehen sein. Die vorgenannte RU 2 462 682 C2 offenbart auch Keramikelemente mit hexagonalem Querschnitt, die ebenfalls gekrümmte Stirnflächen aufweisen. Durch den hexagonalen Querschnitt können Zwischenräume in der hexagonal dichten Packung auf ein Minimum reduziert werden.

[0008] Den in den vorgenannten Schriften offenbarten zylindrischen Keramikelementen ist gemeinsam, dass sie stets orthogonal zu einem ebenen Träger und somit in einer Ebene angeordnet sind. Eine Ausführung der Keramikelemente für die Anordnung auf einem gekrümmten Träger ist nicht vorgesehen. Bei der beschriebenen orthogonalen Anordnung der Zylinder zum Trägermaterial ist davon auszugehen, dass sich Zwischenräume, die in der hexagonal dichten Packung zwischen den Zylindern auftreten, bei gleicher Anordnung der Zylinder auf konvex gekrümmten Oberflächen noch zusätzlich aufweiten. Die Zwischenräume zwischen den Elementen ließen sich möglicherweise überdecken, wenn die Keramikelemente in mindestens einer zweiten Lage verwendet werden. Die Verwendung einer zweiten Lage erhöht jedoch auch den Herstellungsaufwand. Eine Verwendung der orthogonalen Anordnung auf konkav gekrümmten Flächen ist nicht möglich. Diese Problematik würde auch auf die Keramikelemente mit hexagonalem Querschnitt aus der vorgenannten RU 2 462 682 C2 zutreffen.

[0009] Die WO 2008/055468 A1 offenbart kettenartig flexibel verbundene Elemente, die aus harten Werkstoffen, z.B. aus Keramik, und mit unterschiedlichen Querschnitten, von Kreis- bis Polygonform, hergestellt werden können. Die Keramikelemente sind mit ihren Achsen parallel zueinander angeordnet. Für die Ausbildung der Stirnflächen sind ebenfalls verschiedene Formen möglich. Bei der Verwendung der Keramikelemente in einem beschusshemmenden Verbund werden benachbarte Ketten versetzt zueinander in einer dichten Packung und mit den Achsen entweder orthogonal, angewinkelt oder parallel zu einem Träger angeordnet. Bei einer Anordnung, bei der die Achsen angewinkelt oder parallel zum Träger orientiert sind, ist auch eine Verlegung auf gekrümmten Oberflächen denkbar. Wegen der dann geringeren Höhe der Keramikelemente in Angriffsrichtung ist gegenüber der orthogonalen Verlegung von einer verminderten Schutzwirkung auszugehen. Bei der angewinkelten Anordnung ist außerdem davon auszugehen, dass der Verbund je nach dem Winkel der Angriffsrichtung unterschiedliche Schutzwirkungen aufweist. Bei der parallelen Anordnung könnte die geringere Elementhöhe durch die Verwendung einer zweiten Lage ausgeglichen

werden, was mit einem höheren Herstellungsaufwand verbunden wäre.

[0010] Eine Verwendung mehrerer Lagen von flächig angeordneten Elementen ist in der DE 10 2017 102 975 A1 offenbart. Die Elemente sind Kugeln, die unter anderem aus Keramikwerkstoffen hergestellt sein können und in Schichten gestapelt oder unregelmäßig in mehreren Schichten angeordnet sind. Die Kugeln sind in einer dichten Packung dauerhaft miteinander verbunden. Aus den Kugeln werden plattenförmige Schutzelemente hergestellt, die in textilen Trägern zu einem Körperschutz zusammengesetzt werden. Durch den textilen Träger können sich die Schutzelemente der Form des Körpers gut anpassen. Zwischen den Schutzelementen verbleiben jedoch Zwischenräume, welche verhindern, dass der Körperschutz lückenlos geschlossen ist.

[0011] In der WO 2014/082621 A1 ist ein beschusshemmender Verbund gezeigt, der aus einer Kombination von flächig aneinander gelegten polyedrischen Grundelementen mit quadratischer Grundfläche und Füllelementen besteht. Grundelemente und Füllelemente bestehen aus Keramikmaterial. Das Grundelement weist mehrere geneigte Flächen auf, sodass sich zu beiden Seiten einer Lage aus Grundelementen pyramidenförmige Einsenkungen ergeben, die mit den Füllelementen ausgefüllt werden können. Die formschlüssigen Füllelemente decken die zwischen den Grundelementen verbleibenden Zwischenräume weitestgehend ab. Der beschusshemmende Verbund eignet sich auch für gekrümmte Flächen, weist jedoch den Nachteil auf, dass mehrere verschiedenartige Elemente zu dessen Aufbau erforderlich sind.

[0012] Die DE 10 2006 050 130 A1 zeigt einen beschusshemmenden Verbund, der aus zwei Lagen von Keramikelementen besteht. Die Keramikelemente sind konisch geformt. In der ersten Lage sind die Keramikelemente mit aneinandergrenzenden Grundflächen auf einem Träger befestigt. Mit der zweiten Lage werden die konischen Zwischenräume der ersten Lage mit spiegelverkehrt eingesetzten Keramikelementen ausgefüllt. Sofern es sich ausschließlich um konvexe Krümmungen handelt, ist der Verbund auch für gekrümmte Oberflächen geeignet.

[0013] Im Stand der Technik lassen sich noch eine Reihe weiterer Schriften finden, in denen Möglichkeiten zum Vermeiden von Zwischenräumen zwischen den einzelnen Elementen eines beschusshemmenden Verbunds offenbart werden.

[0014] Die US 5 996 115 A beschreibt einen leichten beschusshemmenden Verbund, der aus rechteckigen plattenförmigen Keramikelementen zusammengesetzt ist. Die Seitenflächen der Elemente sind gegenüber den Grund- und Deckflächen angewinkelt, sodass aneinander liegende Seitenflächen von zwei benachbarten Elementen sich unter dem Winkel parallel gegenüber stehen. Durch die angewinkelten Seitenflächen überlappen sich die benachbarten Elemente, sodass orthogonal zu den Grund- und Deckflächen und damit in Angriffsrich-

tung keine Zwischenräume zwischen den Elementen auftreten. Für eine bessere Anpassung an gekrümmte Oberflächen können die Elemente in einer Raumrichtung gewölbt sein.

[0015] Ein in der US 5 771 489 A gezeigtes plattenförmiges Element aus einem keramischen Werkstoff besitzt eine im Wesentlichen rechteckige Grundfläche. Mindestens eine von zwei parallelen Kanten des Elements ist als scharnierartige Verbindung ausgeführt, wobei eine Kante die Positivform und die andere Kante die Negativform des Scharniers ausbildet. Gegenüberliegende Kanten zweier benachbarter Elemente können ineinander geschoben und formschlüssig verbunden werden. Das Scharnier ermöglicht eine gelenkige und lückenlose Verbindung der Elemente, wodurch eine Anpassung des beschusshemmenden Verbunds an in einer Raumrichtung gekrümmte Oberflächen möglich ist. Die in der anderen Raumrichtung verlaufenden Kanten können gestuft sein, sodass sich benachbarte Elemente lückenlos überlappen. Durch die Überlappung ist eine beschränkte Anpassung an leichte Krümmungen in der zweiten Raumrichtung möglich.

[0016] In der WO 2012/026925 A1 ist ein plattenförmiges quadratisches Keramikelement offenbart, dessen vier Kanten stets abgestuft und zusätzlich mit Facetten, Fasen oder Radien versehen sind. Durch die Abstufung der Kanten wird bei den in einer Lage verlegten Elementen eine Überlappung der Kanten erreicht. Die Facetten, Fasen oder Radien erleichtern das Verlegen der Elemente auf gekrümmten Oberflächen bei gleichzeitiger Überdeckung von Zwischenräumen zwischen den Elementen. Für die Verlegung auf gekrümmten Oberflächen können die Elemente in einer Raumrichtung gewölbt sein.

[0017] Den letztgenannten drei Schriften ist gemeinsam, dass die plattenförmigen Elemente aufgrund der geringen Höhe der Elemente für beschusshemmende Verbünde mit leichter Schutzwirkung wie z.B. für Schutzwesten ausgelegt sind. Zur Herstellung von beschusshemmenden Verbünden mit größerer Schutzwirkung und mit Oberflächen, die eine konvexe und konkave Krümmung in zwei Raumrichtungen aufweisen, sind derartige Elemente nicht sinnvoll einsetzbar.

[0018] Ein in der WO 00/33013 A2 offenbartes scheibenförmiges Keramikelement mit kreisförmiger Grund- und Deckfläche wird in einer hexagonalen Anordnung überlappend in einer Lage ausgelegt. Die Keramikelemente können die Form einer ebenen zylindrischen Scheibe, einer in einer Raumrichtung abgewinkelten Scheibe, einer meniskusförmigen Scheibe, einer bikonvex geformten Linse oder Kombinationen daraus aufweisen. Die Keramikelemente können Ausnehmungen an den Deckflächen aufweisen, die genau an den Durchmesser des überlappenden Keramikelements angepasst sind. Einige der Formen dieser Elemente sind geeignet, um in zwei Raumrichtungen gekrümmte Oberflächen lückenlos abzudecken. Eine höhere Schutzwirkung lässt sich mit einer Lage dieser relativ flachen Keramikelemente nicht erreichen.

[0019] Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfache Möglichkeit zum Aufbau eines beschusshemmenden Verbunds aus einer Lage von Keramikelementen zu finden, der auch auf gekrümmten Oberflächen in Angriffsrichtung lückenlos geschlossen ist und eine hohe Schutzwirkung aufweist.

[0020] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch einen beschusshemmenden Verbund, der aus Keramikelementen besteht, wobei jedes Keramikelement aus einem einen Durchmesser und eine Höhe aufweisenden Zylinder mit einer Symmetrieachse, einer Mantelfläche, einer Deckfläche, einer Grundfläche und einer Ausnehmung besteht, dadurch gelöst, dass das Keramikelement die Form eines Differenzkörpers aufweist, gebildet durch eine Differenz zweier Zylinder, wobei deren Symmetrieachsen parallel verlaufen und einen Abstand von dem halben Durchmesser aufweisen und die Mantelfläche aus einer konvexen ersten Mantelfläche und einer konkaven zweiten Mantelfläche besteht, und die Deckfläche und die Grundfläche zwei zueinander parallele, sphärisch gekrümmte Flächen sind, sodass eine Höhe des Keramikelements größer als die Höhe des Zylinders ist.

[0021] Nachfolgend soll die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 - einen prinzipiellen Aufbau eines Keramikelements in einer dreidimensionalen Ansicht,
- Fig. 2 - eine Ausführung des Keramikelements in einer geschnittenen Seitenansicht,
- Fig. 3 - eine Ausführung des Keramikelements in einer Draufsicht,
- Fig. 4 - einen prinzipiellen Aufbau eines beschusshemmenden Verbunds aus einer Lage der Keramikelemente in einer dreidimensionalen Ansicht,
- Fig. 5 - eine prinzipielle Anordnung der Keramikelemente in einem beschusshemmenden Verbund auf einer konkav gekrümmten Oberfläche und
- Fig. 6 - eine prinzipielle Anordnung der Keramikelemente in einem beschusshemmenden Verbund auf einer konvex gekrümmten Oberfläche.

[0022] Bei einem beschusshemmenden Verbund 11 aus Keramikelementen 1 sind die Keramikelemente 1 prinzipiell wie in **Fig. 1** gezeigt aufgebaut. Jedes Keramikelement 1 ist ein Zylinder 2 mit einer Symmetrieachse 10, der einen Durchmesser d und eine Höhe h aufweist. Das Keramikelement 1 weist die Form eines Differenzkörpers auf, der durch eine Differenz zweier Zylinder 2 gebildet ist, deren Symmetrieachsen 10 parallel und in

einen Abstand von einem halben Durchmesser d zueinander angeordnet sind. Das Keramikelement 1 weist eine erste Mantelfläche 3 und eine zweite Mantelfläche 4 auf. Eine Deckfläche 5 und eine Grundfläche 6 des Keramikelements 1 sind zwei zueinander parallele, sphärisch gekrümmte Flächen. Eine Höhe H des Keramikelements 1 ist größer als die Höhe h des Zylinders 2.

[0023] In **Fig. 2** und **Fig. 3** ist eine erste Ausführung des Keramikelements 1 in einer geschnittenen Seitenansicht und in einer Draufsicht gezeigt, wobei die Form des Zylinders 2 durch eine unterbrochene Strichlinie angedeutet ist. Der Durchmesser d des Zylinders 2 an der ersten Mantelfläche 3 beträgt 20 mm und die Höhe h ist halb so groß wie der Durchmesser d .

[0024] In **Fig. 2** sind die sphärische Deckfläche 5 und die sphärische Grundfläche 6 mit einer unterbrochenen Punktklinie dargestellt. Sie weisen einen Radius r auf, der dem halben Durchmesser d entspricht. Dadurch gehen die sphärische Deckfläche 5 und die sphärische Grundfläche 6 tangential in die erste Mantelfläche 3 über. Durch die Krümmung der sphärischen Deckfläche 5 ist die Höhe H des Keramikelements 1 um den Radius r größer als die Höhe h des Zylinders 2.

[0025] In **Fig. 3** ist der Querschnitt des Keramikelements 1 zu erkennen, der sich aus der Differenz der Querschnitte zweier gleichgroßer Zylinder 2 ergibt, die sich in einem Abstand von einem halben Durchmesser d und mit parallelen Symmetrieachsen 10 durchdringen. Der daraus entstandene Differenzkörper weist dann die nach außen gekrümmte erste Mantelfläche 3 und die nach innen gekrümmte zweite Mantelfläche 4 auf. Wie anhand der unterbrochenen Strichlinien zu erkennen ist, bildet die zweite Mantelfläche 4 zur ersten Mantelfläche 3 jeweils eine erste Kante 7 aus, deren Kantenwinkel deutlich kleiner als 90° ist. Wie in **Fig. 2** zu erkennen, bildet die tangential in die erste Mantelfläche 3 auslaufende Grundfläche 6 eine sehr scharfe zweite Kante 8 aus. Derartige Kanten 7 oder 8 sind nur mit einem großen Fertigungsaufwand herstellbar und wären mechanisch sehr instabil.

[0026] In einer zweiten Ausführung des Keramikelements 1 wird die erste Kante 7 und die zweite Kante 8 mit einer Verrundung 9 versehen. Die Verrundung 9 weist an der ersten Kante 7 einen Radius von $1/20$ des Durchmessers d und an der zweiten Kante 8 einen Radius von $1/40$ des Durchmessers d auf. Wie in **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt, weisen die Verrundungen 9 jeweils einen tangentialen Übergang zu den jeweils angrenzenden Flächen auf. Durch die Verrundungen 9 wird die Festigkeit der ersten Kante 7 und der zweiten Kante 8 deutlich erhöht und dadurch die mechanische Stabilität des gesamten Keramikelements 1 gesteigert.

[0027] Selbstverständlich ist es auch möglich den Radius der Verrundung 9, abweichend von den zuvor genannten Abmessungen, in einem gewissen Rahmen zu variieren. Unter Beachtung der mechanischen Stabilität der Kanten 7 und 8 weist der Radius stets einen Maximalwert und einen Minimalwert auf, bei denen (wie spä-

ter zu **Fig. 4** beschrieben) auch bei einer Verlegung auf gekrümmten Oberflächen 12 noch eine ausreichende Überdeckung zwischen aneinanderliegenden Keramikelementen 1 herstellbar ist und eine gelenkige Bewegung zwischen den aneinanderliegenden Keramikelementen 1 nicht eingeschränkt wird.

[0028] Das Keramikelement 1 ist aus oxidkeramischen oder nichtoxidkeramischen Werkstoffen wie z.B. Al_2O_3 , ZrO_2 , SiC, BN hergestellt. Diese Werkstoffe eignen sich aufgrund ihrer großen Härte und der geringen Dichte besonders gut zur Herstellung der beschusshemmenden Verbünde, die im Vergleich zu Panzerungen aus Stahl ein deutlich reduziertes Gewicht haben. Die Formgebung erfolgt vorzugsweise mittels eines Trockenpressverfahrens, mit dem die Keramikelemente 1 in großer Stückzahl kostengünstig gefertigt werden können.

[0029] In der **Fig. 1** ist ein Ausschnitt des beschusshemmenden Verbunds 11 in einer möglichen Ausführung gezeigt. Der beschusshemmende Verbund 11 ist aus einer Vielzahl von Keramikelementen 1 zusammengesetzt, die auf einer sich in x-y-Richtung erstreckenden ebenen Oberfläche 12 in einer Lage angeordnet sind. Die Keramikelemente 1 sind mit der ersten Mantelfläche 3 auf die Oberfläche 12 aufgelegt, wobei die zweite Mantelfläche 4 in x-Richtung weisend ausgerichtet ist.

[0030] Beim Aufbau des beschusshemmenden Verbunds 11 wird entsprechend **Fig. 4** in der rechten Bildhälfte mit einer ersten Reihe von axial hintereinander angeordneten Keramikelementen 1 begonnen. Bei der axialen Aufreihung werden die Keramikelemente 1 an den Deckflächen 5 und den Grundflächen 6 zueinander ausgerichtet. Dadurch, dass die Deckflächen 5 und die Grundflächen 6 den gleichen Radius r aufweisen, liegen die Keramikelemente 1 in y-Richtung formschlüssig aneinander an.

[0031] Jede weitere, auf die Oberfläche 12 aufgebrachte Reihe von axial aneinander liegenden Keramikelementen 1 wird mit den zweiten Mantelflächen 4 an den ersten Mantelflächen 3 einer bereits verlegten Reihe angelegt. Dabei vollziehen die Keramikelemente 1 eine Rotation um die Symmetrieachsen 10, die zu einer optimalen Ausrichtung der Keramikelemente 1 zur Oberfläche 12 führt. Dadurch, dass die Krümmungen der ersten Mantelflächen 3 und der zweiten Mantelflächen 4 den gleichen Radius r aufweisen, liegen die Keramikelemente 1 in x-Richtung formschlüssig aneinander an.

[0032] Durch den Formschluss in x- und y-Richtung weisen die Keramikelemente 1 orthogonal zu einer Angriffsrichtung 13 stets Überlappungen miteinander auf, sodass zwischen den Keramikelementen 1 keine offenen Zwischenräume verbleiben. Als Angriffsrichtung 13 wird zum überwiegenden Teil die z-Richtung im Wesentlichen senkrecht zum beschusshemmenden Verbund 11 angenommen. Mit einer Lage der Keramikelemente 1 ist ein geschlossener beschusshemmender Verbund 11 in einer Stärke, die nahezu dem Durchmesser d entspricht, herstellbar.

[0033] Die Krümmungen der ersten Mantelflächen 3,

der zweiten Mantelflächen 4 und der sphärischen Deck- und Grundflächen 5 und 6, sowie die Verrundungen 9 an den zweiten Kanten 8 gestatten zwischen den Keramikelementen 1 eine gelenkige Bewegung, durch die der beschusshemmende Verbund 11 auch an gekrümmte Oberflächen 12 anpassbar ist.

[0034] Wie in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt, kann die Oberfläche 12 sowohl konvex als auch konkav gekrümmt sein. Bei einer ausschließlich in einer Raumrichtung gekrümmten Oberfläche 12, also entweder in x- oder in y-Richtung, kann der Formschluss zwischen den Keramikelementen 1 vollständig aufrecht erhalten werden, wenn die axiale Ausrichtung der Keramikelemente 1 genau parallel oder orthogonal zur Richtung der Krümmung erfolgt. In **Fig. 5** ist der beschusshemmende Verbund 11 auf einer in x-Richtung konkav gekrümmten Oberfläche 12 verlegt. Die Keramikelemente 1 sind mit der Symmetrieachse 10 parallel zur y-Richtung angeordnet. In **Fig. 6** ist der beschusshemmende Verbund 11 auf einer in y-Richtung konvex gekrümmten Oberfläche 12 verlegt. Die Keramikelemente 1 sind mit der Symmetrieachse 10 orthogonal zur x-Richtung angeordnet.

[0035] Die gelenkige Bewegung zwischen den Keramikelementen 1 erlaubt auch eine Verlegung des beschusshemmenden Verbunds 11 auf in zwei Raumrichtungen konkav oder konvex gekrümmten Oberflächen 12. Bei einer derartigen Verlegung oder bei einer Verlegung, bei der die Symmetrieachsen 10 nicht parallel oder orthogonal zur Richtung der Krümmung orientiert sind, kann es zu Verschiebungen zwischen den Reihen von axial aneinander liegenden Keramikelementen 1 in Richtung der Symmetrieachsen 10 kommen.

[0036] Die Verschiebungen in y-Richtung sind beispielhaft in **Fig. 4** an dem auf der ebenen Oberfläche 12 angeordneten beschusshemmenden Verbund 11 dargestellt. In der rechten Bildhälfte besteht keine Verschiebung zwischen den Reihen der Keramikelemente 1. Die Verschiebung nimmt in Richtung der linken Bildhälfte bis zu einem Maximum zu.

[0037] Auf Oberflächen 12, die mindestens in y-Richtung gekrümmt sind, führen diese Verschiebungen dazu, dass zwischen der ersten Mantelfläche 3 und zweiten Mantelfläche 4 kein vollständiger Formschluss mehr erreicht werden kann. Der vollständige Formschluss ist auch nicht zwingend erforderlich, da durch die bestehenden Überlappungen zwischen den Keramikelementen 1 auch bei unvollständigem Formschluss keine offenen Zwischenräume auftreten, sodass der beschusshemmende Verbund 11 stets geschlossen ist.

[0038] In einer anderen, nicht in den Figuren gezeigten Ausführung des beschusshemmenden Verbunds 11 ist der Radius r der sphärischen Deckfläche 5 und der sphärischen Grundfläche 6, unabhängig vom Durchmesser d, größer ausgeführt. Der Radius r kann z.B. im Bereich zwischen 50 und 200 mm liegen. Die Keramikelemente 1 werden mit einem größeren Durchmesser d, z.B. im Bereich von 50 bis 100 mm, und mit einer im Verhältnis geringeren Höhe H, z.B. im Bereich von 20 bis 50 mm,

hergestellt. Derartige Keramikelemente 1 sind besser für beschusshemmende Verbünde 11 mit höherer Schutzwirkung ausgelegt, weisen aber Einschränkungen beim Verlegen auf stark gekrümmten Oberflächen 12 auf.

[0039] In einer weiteren, nicht in den Figuren gezeigten Ausführung ist der Radius r der Grundfläche 6 und der zweiten Mantelfläche 4 geringfügig größer als der Radius r der Deckfläche 5 und der ersten Mantelfläche 3. Geringfügig soll hier bedeuten, dass die Radien r im Bereich von bis zu $1/20$ des halben Durchmessers d größer sein können.

[0040] In weiteren Ausführungen des beschusshemmenden Verbunds 11 können die Keramikelemente 1 auch jede andere Größe aufweisen. Wesentlich ist, dass das Keramikelement 1 stets ein Differenzkörper aus zwei gleich großen Zylindern 2 mit parallelen Symmetrieachsen 10 ist und die Deckfläche 5 und die Grundfläche 6 stets sphärisch gekrümmte Flächen sind, die den gleichen oder nahezu den gleichen Radius r aufweisen. Die Dimensionierung des Durchmessers d und der Höhe H kann an gewünschte Eigenschaften des beschusshemmenden Verbunds 11 und entsprechend den Eigenschaften der Oberfläche 12 angepasst werden.

Bezugszeichenliste

[0041]

1	Keramikelement
2	Zylinder
3	erste Mantelfläche
4	zweite Mantelfläche
5	Deckfläche
6	Grundfläche
7	erste Kante
8	zweite Kante
9	Verrundung
10	Symmetrieachse
11	beschusshemmender Verbund
12	Oberfläche
13	Angriffsrichtung
d	Durchmesser des Zylinders 2
h	Höhe des Zylinders 2
H	Höhe des Keramikelements 1
r	Radius

Patentansprüche

1. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), wobei jedes Keramikelement (1) aus einem einen Durchmesser (d) und eine Höhe (h) aufweisenden Zylinder (2) mit einer Symmetrieachse (10), einer Mantelfläche, einer Deckfläche (5), einer Grundfläche (6) und einer Ausnehmung besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Keramikelement (1) die Form eines Differenzkörpers aufweist, gebildet durch eine Differenz zweier Zylinder (2), wobei deren Symmetrieachsen (10) parallel verlaufen und einen Abstand von dem halben Durchmesser (d) aufweisen und die Mantelfläche aus einer konvexen ersten Mantelfläche (3) und einer konkaven zweiten Mantelfläche (4) besteht, und
- die Deckfläche (5) und die Grundfläche (6) zwei zueinander parallele, sphärisch gekrümmte Flächen sind, sodass eine Höhe (H) des Keramikelements (1) größer als die Höhe (h) des Zylinders (2) ist.

2. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Mantelfläche (3) und die zweite Mantelfläche (4) zusammen eine geschlossene Fläche bilden.

3. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (h) des Zylinders (2) den halben Durchmesser (d) aufweist.

4. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (H) des Keramikelements (1) um den halben Durchmesser (d) größer als die Höhe (h) des Zylinders (2) ist.

5. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Mantelfläche (3) und die zweite Mantelfläche (4) eine gemeinsame erste Kante (7) aufweisen.

6. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Mantelfläche (3) und die Grundfläche (6) eine gemeinsame zweite Kante (8) aufweisen.

7. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach Anspruch 5 und 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Kante (7) und die zweite Kante (8) eine Verrundung (9) aufweisen.

8. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verrundungen (9) orthogonal zum Verlauf der ersten Kante (7) oder der zweiten Kante (8) angeordnet sind und tangentiale Übergänge zu den die Kanten (7) oder (8) bildenden Flächen (3), (4) und (6) aufweisen.

9. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verrundungen (9) der ersten Kante (7) einen Radius von $1/20$ des Durchmessers (d) aufweisen. 5
10. Beschusshemmender Verbund (11), bestehend aus Keramikelementen (1), nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verrundungen (9) der zweiten Kante (8) einen Radius von $1/40$ des Durchmessers (d) aufweisen. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

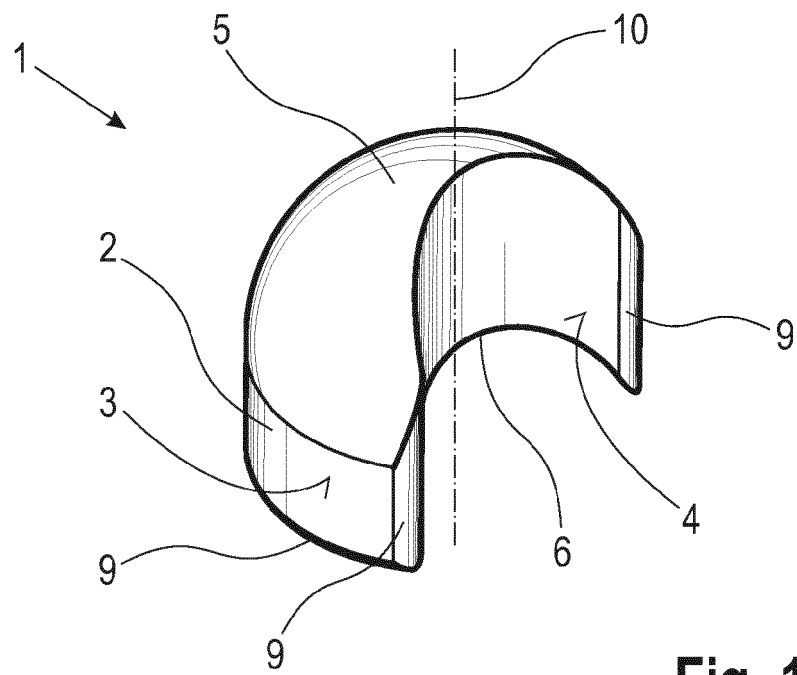


Fig. 1

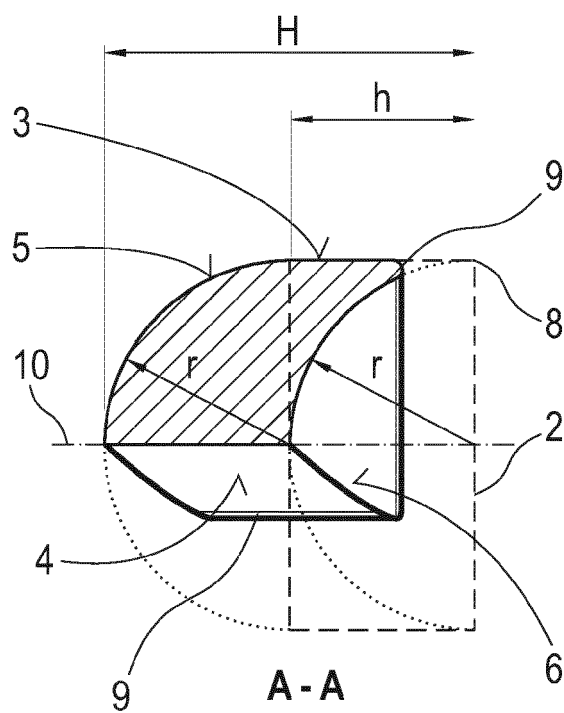


Fig. 2

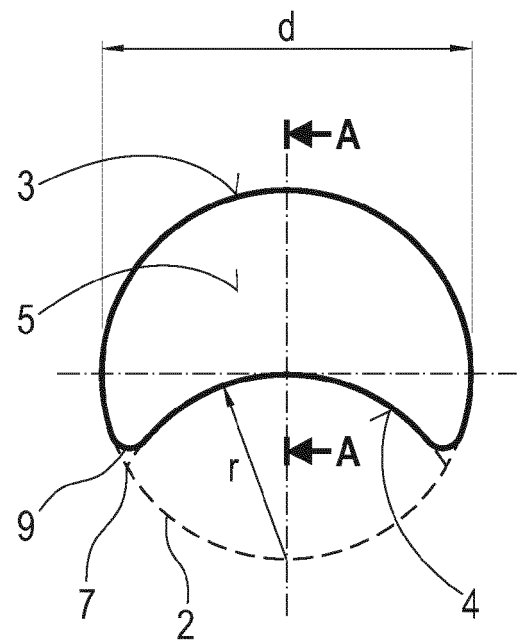


Fig. 3

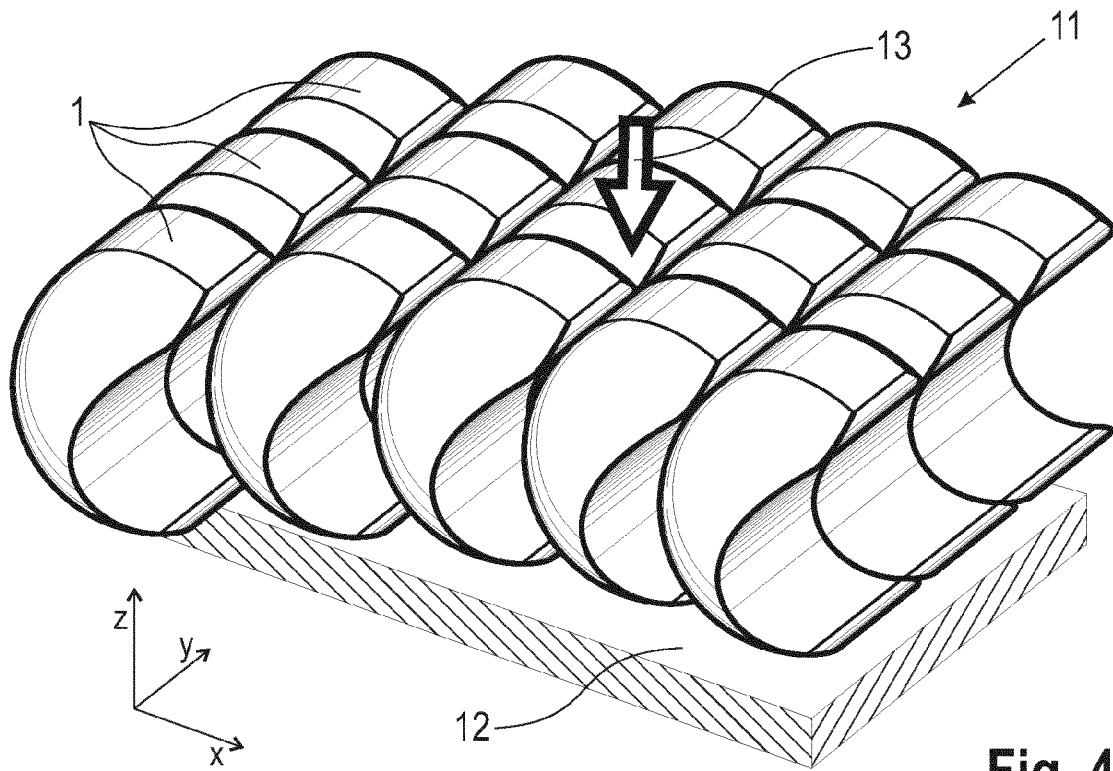


Fig. 4

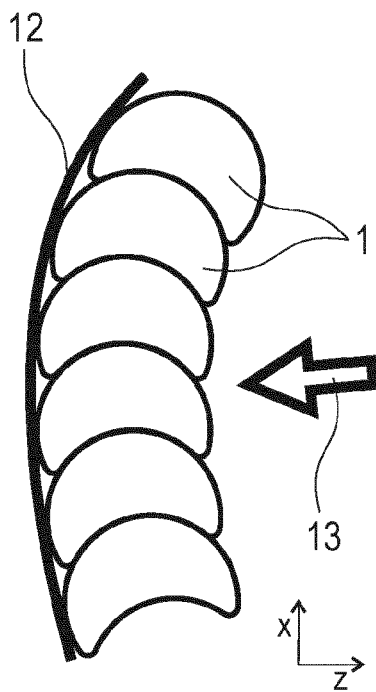


Fig. 5

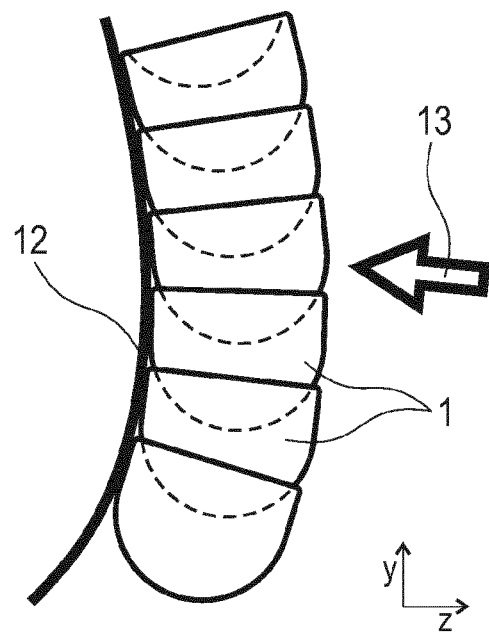


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 19 21 4846

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	US 2017/167828 A1 (WORTHINGTON TIMOTHY [US] ET AL) 15. Juni 2017 (2017-06-15) * Absätze [0013], [0014], [0043], [0044] * * Abbildungen 1, 2 *	1-10	INV. F41H5/04
Y	EP 1 985 961 A2 (KRAUSS MAFFEI WEGMANN GMBH & C [DE]) 29. Oktober 2008 (2008-10-29) * Absätze [0010], [0011], [0021], [0031], [0039], [0044] * * Abbildungen 6, 11 * * Ansprüche 1, 2 *	1-10	
A	US 5 915 528 A (SHMUELOV ELYAHU [IL]) 29. Juni 1999 (1999-06-29) * Spalte 1, Zeilen 6-9, 36-55 * * Spalte 2, Zeilen 17-26, 32-41 * * Spalte 3, Zeilen 36-38 * * Abbildung 1 *	1-10	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F41H
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 12. Mai 2020	Prüfer Van Leeuwen, Erik
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 19 21 4846

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

12-05-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 2017167828	A1	15-06-2017	US 2017167828 A1		15-06-2017
				WO 2015175048 A2		19-11-2015
15	EP 1985961	A2	29-10-2008	DE 102007019392 A1		30-10-2008
				EP 1985961 A2		29-10-2008
	US 5915528	A	29-06-1999	IL 127696 A		10-11-2002
20				US 5915528 A		29-06-1999
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- WO 0047944 A1 [0004]
- WO 9815796 A1 [0005]
- CN 204329778 [0006]
- RU 2462682 C2 [0007] [0008]
- WO 2008055468 A1 [0009]
- DE 102017102975 A1 [0010]
- WO 2014082621 A1 [0011]
- DE 102006050130 A1 [0012]
- US 5996115 A [0014]
- US 5771489 A [0015]
- WO 2012026925 A1 [0016]
- WO 0033013 A2 [0018]