



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 13 231 A1** 2004.10.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 13 231.7**

(22) Anmeldetag: **19.03.2003**

(43) Offenlegungstag: **07.10.2004**

(51) Int Cl.⁷: **F41H 5/04**

(71) Anmelder:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(72) Erfinder:
**Adler, Jörg, 01662 Meißen, DE; Ihle, Jan, 01277
Dresden, DE**

(74) Vertreter:
Patentanwälte Rauschenbach, 01187 Dresden

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Hochfeste Flächengebilde für endballistischen Schutz und Verschleißschutz und Verfahren zu ihrer Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Werkstoffwissenschaften und betrifft hochfeste Flächengebilde für den Schutz von Fahrzeugen und Personen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, hochfeste Flächengebilde anzugeben, bei denen nur im unmittelbaren Umfeld einer Einwirkung die Zerstörung des Flächengebildes erfolgt.

Gelöst wird die Aufgabe durch ein hochfestes Flächengebilde, bestehend aus Einzelkörpern, die, auf einem Backing-Material das hochfeste Flächengebilde ergeben, wobei die Einzelkörper die Form von regelmäßigen Pyramiden und Tetraedern oder unregelmäßigen Pentaedern und/oder Hexaedern aufweisen und/oder die Einzelkörper aus zusammengesetzten und miteinander verbundenen Formen (Formenverbund) regelmäßiger Pyramiden und Tetraeder oder unregelmäßige Pentaeder und/oder Hexaeder bestehen.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren, bei dem Einzelkörper und/oder aus derartigen Einzelkörpern zusammengesetzte und miteinander verbundene Formen (Formenverbund) zu einem Flächengebilde zusammengesetzt und mindestens auf einer Seite mit einem Backing-Material kraftschlüssig verbunden werden.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Gebiete der Werkstoffwissenschaften, der Keramik, der Materialien für Schutzpanzerungen und für Verschleißbeanspruchungen und betrifft hochfeste Flächengebilde für endballistischen Schutz, beispielsweise für den Schutz von Fahrzeugen und Personen, und für Verschleißschutz, beispielsweise für den Einsatz in Brechern, Mühlen, Förderrinnen und Rohren und ein Verfahren zu ihrer Herstellung.

Stand der Technik

[0002] Zur Sicherung von Personen, Fahrzeugen und Einrichtungen im militärischen und auch im zivilen Bereich wird eine Konstruktion zur Sicherung des entsprechenden Objektes nach der jeweils spezifischen Bedrohung ausgelegt. Die Überlebensfähigkeit derartig geschützter Objekte kann durch den Einsatz von Schutzpanzerungen aus geschossfestem Material erhöht werden. Da die Rückhaltefähigkeit derartiger Schutzpanzerungen im Wesentlichen von der Oberflächenhärte der Schutzflächen der Panzerungselemente abhängt, wurden bisher in erster Linie Spezialstähle mit hoher Härte und entsprechend abgestimmter Zähigkeit, aber auch keramische Werkstoffe eingesetzt.

[0003] Aus der DE 198 56 597 A1, DE 34 26 457 C1 und aus US 6,332,390 sind ballistische Schutzpanzerungen bekannt, welche aus einem Backing-Material und darauf aufgetragenen Kacheln bestehen. Bei diesen geschossfesten Plattenmaterialien handelt es sich um geschosshemmende Flächengebilde mit einem textilen Laminat (Backing-Material), auf das Platten aus Keramik formschlüssig zueinander aufgeklebt sind. Dieser Werkstoffverbund soll, bei möglichst geringem Gewicht, Schüsse, insbesondere von Hartkerngeschossen mit hohen Geschwindigkeiten und damit hoher Auftreffenergie, unwirksam machen. Die durch das Geschoss eingebrachte Energie an der Einschussstelle wird im wesentlichen durch die Zerstörung der betroffenen Kachel abgebaut.

Aufgabenstellung

[0004] Wenn in vielen Fällen Stahl trotz des hohen Gewichtes für die Panzerung gegen Geschosse Anwendung findet, so im wesentlichen deshalb, weil durch die Härte und Elastizität des Stahls nur geringfügige Schädigungen am Panzermaterial auftreten, so dass folgende Treffer im Abstand von nur wenigen Millimetern zum vorherigen Treffer wiederum gehalten werden können.

[0005] Bei keramischen Werkstoffen ist dies jedoch völlig anders. Hier ist es zwar möglich, den ersten Treffer durch eine dünnere Schutzschicht von sehr geringem Gewicht im Vergleich zu Stahl zu halten, jedoch zerstört jeder Treffer im keramischen Material eine relativ große Fläche, so dass der nächste Treffer

mit Sicherheit nur dann gehalten werden kann, wenn er auf ein vom zuerst getroffenen Keramikstück unabhängiges, d.h. separat aufgetragenes Keramikstück auftrifft. Die Tatsache führt dazu, dass Keramikelemente, insbesondere Einzelkacheln verwendet werden müssen, um bei einem geringen Geschossabstand die Schutzwirkung nicht zu verlieren. Die Abstimmung der Plattengröße erfolgt deshalb meist nach dem möglichen Trefferabstand, was kleinere Kachelabmessungen zur Folge hat. Dadurch ergibt sich ein weiteres Problem, nämlich, wie die Kachelanordnung beschaffen sein muss, damit die zwangsläufig vorhandenen engen Spalte zwischen den Kacheln als Schwachstellen der Gesamtschutzschicht möglichst geschützt werden können.

[0006] Bei der Mosaikanordnung von keramischen Kacheln ist es deshalb allein wegen des Kantenproblems trotz einer bekannten Anordnung nach Art eines Verbundmauerwerkes (DE 34 26 457 C1) immer noch notwendig, eine höhere Dicke und damit ein höheres Gewicht zu verwenden. Dadurch kann das Problem der Schwachstelle bei den Kanten verringert werden, jedoch eine völlig gleiche Halteleistung bezüglich der Schutzwirkungen der Kacheln an den Kanten wird nicht erreicht.

[0007] Auch im Bereich des Verschleißschutzes ergeben sich Einsatzgebiete für Schutzpanzerungen, wie z.B. gegen Prallbeanspruchung oder Gleitverschleiß. Hohem Verschleiß ausgesetzte Platten oder Formstücke in Kanälen, Behältern, Sichtern, heißgehenden Zyklonen, Mühlen oder Brechern zeigen besonders starke Abrasionserscheinungen an den Kanten der sich berührenden Kacheln. Die Standfestigkeit der Verschleißpanzerung hängt demnach vorrangig von der Kantenstabilität ab, was eine höhere Dichte der Auskleidung zur Folge hat.

[0008] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, hochfeste Flächengebilde für den endballistischen Schutz und Verschleißschutz anzugeben, bei denen nur im unmittelbaren Umfeld einer Geschosseinwirkung oder eines lokalen Verschleißes die Zerstörung des Flächengebildes erfolgt und ein einfaches Verfahren zu ihrer Herstellung

[0009] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0010] Das erfindungsgemäße hochfeste Flächengebilde für endballistischen Schutz und Verschleißschutz besteht aus Einzelkörpern, die, zusammengesetzt und auf einem Backing-Material befestigt und/oder ganz oder teilweise von einem Backing-Material umgeben, ein hochfestes Flächengebilde ergeben, wobei die Einzelkörper die Form von regelmäßigen Pyramiden und Tetraedern oder unregelmäßigen Pentaedern und/oder Hexaedern aufweisen und/oder die Einzelkörper aus zusammengesetzten und miteinander verbundenen Formen (Formenverbund) regelmäßiger Pyramiden und Tetraeder oder unregelmäßiger Pentaeder und/oder Hexaeder bestehen.

[0011] Vorteilhafterweise bestehen die Einzelkörper und/oder die daraus zusammengesetzten Verbundkörper ganz oder teilweise aus keramischen und/oder metallischen Materialien, und besonders vorteilhafterweise aus keramischen Materialien, wie SiC , Si_3N_4 , Al_2O_3 , aus metallischen Materialien, wie Hartmetalle, höherfestem Stahl, wie V2A-Stahl, ST 52-3 oder aus Keramik-Metall-Verbundwerkstoffen.

[0012] Weiterhin vorteilhafterweise besteht ein Formenverbund aus 5 Pyramiden und 4 Tetraedern, der mehrfach wiederholt und jeweils als Formenverbund abwechselnd umgekehrt zusammengesetzt, das Flächengebilde ergibt.

[0013] Das Flächengebilde weist auf der Ober- und Unterseite jeweils eine im wesentlichen ebene Fläche auf, die außer den Spalten zwischen den Einzelkörpern keine weiteren Fehlstellen aufweist. Die Ebenheit der Flächen zur Ober- und Unterseite richtet sich im Wesentlichen nach dem Anwendungsfall, der auch gebogene und/oder gewölbte Oberflächen erfordern kann.

[0014] Ebenfalls vorteilhafterweise ist die Verbindung der Einzelkörper durch Verkleben, Verschweißen, Löten oder durch Klammern realisiert.

[0015] Es ist auch von Vorteil, wenn die Einzelkörper des Flächengebildes jeweils nur eine Verbindung zum Backing-Material und/oder zu einem anderen flächigen Material aufweisen und dann umgekehrt zusammengesetzt ein vollständiges Flächengebilde ergeben. Besonders vorteilhaft ist in diesem Fall, wenn die Berührungsflächen der einzelnen Einzelkörper zueinander kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

[0016] Auch vorteilhaft ist es, wenn die Einzelkörper und/oder die daraus zusammengesetzten Verbundkörper Abmessungen von 5 bis 200 mm, noch vorteilhafter Abmessungen von 10 bis 100 mm Kantenlängen aufweisen.

[0017] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn zwischen allen oder mehreren oder einzelnen Einzelkörpern des Flächengebildes ein teilweiser und/oder vollständiger formschlüssiger Kontakt ihrer Flächen und/oder Kanten besteht.

[0018] Im Falle des Vorliegens von Spalten zwischen den Flächen und/oder Kanten der Einzelkörper und/oder der daraus zusammengesetzten Verbundkörper sind diese vollständig gefüllt. Die Füllung kann dabei vorteilhafterweise ein Kleber oder ein Lot oder ein Gewebe sein.

[0019] Die Spalte zwischen den Flächen und/oder Kanten der Einzelkörper und/oder den daraus zusammengesetzten Verbundkörpern sind vorteilhafterweise zwischen 0,1 und 10 mm breit, wobei bei geringeren Abmessungen der Einzelkörper und/oder der Verbundkörper auch geringere Spaltabmessungen vorliegen.

[0020] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung von hochfesten Flächengebilden für endballistischen Schutz und Verschleißschutz werden Einzelkörper in Form von regelmäßigen Pyramiden

und Tetraedern oder unregelmäßigen Pentaedern und/oder Hexaedern und/oder aus derartigen Einzelkörpern zusammengesetzte und miteinander verbundene Formen (Formenverbunde) regelmäßiger Pyramiden und Tetraeder oder unregelmäßiger Pentaeder und/oder Hexaeder zu einem Flächengebilde zusammengesetzt und sie werden mindestens auf einer Seite mit einem Backing-Material kraftschlüssig verbunden und/oder sie werden ganz oder teilweise von einem Backing-Material umgebend angeordnet.

[0021] Von Vorteil ist es, wenn dabei die kraftschlüssige Verbindung der Einzelkörper und/oder daraus zusammengesetzte Verbundkörper mit dem Backing-Material und/oder mit einem anderen flächigen Material durch Kleben, Löten, Pressen, Schweißen realisiert wird.

[0022] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn aus 5 Pyramiden und 4 Tetraedern ein Formenverbund hergestellt wird, der beliebig oft wiederholt und jeweils abwechselnd umgekehrt zusammengesetzt wird, und damit zum Backing-Material und/oder zur Auftreffseite hin jeweils eine ebene und/oder gebogene und/oder gewölbte Oberfläche ausbilden.

[0023] Mit der erfindungsgemäßen Lösung ist es möglich, eine verbesserte Panzerung zum endballistischen Schutz und/oder zum Verschleißschutz zu erreichen, deren Zerstörung durch Geschosseinwirkung oder Verschleiß nur im unmittelbaren Umfeld des Geschosskalibers oder der Verschleißeinwirkung auftritt und somit eine verbesserte Beständigkeit gegen Mehrfachbeschuss oder Dauerbeanspruchung durch Verschleiß aufweist. Dies gelingt erfindungsgemäß durch die Verkleinerung der Einzelkörper, was einerseits den Nachteil einer hohen Anzahl an Flächen gegenüber der Geschoss- oder Verschleißeinwirkung aufweist, erfindungsgemäß aber trotzdem eine verbesserte geschosshemmende oder verschleißhemmende Wirkung erreicht. Dieser Vorteil wird erreicht, indem die Schwachstellen einer derartigen Verbundfläche, die nach dem Stand der Technik bestanden, verringert und/oder nicht mehr unmittelbar in Einwirkungsrichtung der Geschosse oder des Verschleißes angeordnet worden sind.

[0024] Dieser Vorteil trifft auch für den Bereich des Verschleißschutzes zu, bei dem in erster Linie eine Prallbeanspruchung der Panzerung vorliegt.

[0025] Durch die erfindungsgemäße Lösung wird neben der verbesserten Anpassbarkeit des Flächengebildes an unregelmäßige Formen auch eine Verringerung des spezifischen Gewichtes erreicht, ohne die Schutzwirkung zu verschlechtern; im Gegenteil, es wird sogar in vielen Fällen eine verbesserte Schutzwirkung erreicht. Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird die kritische Kantenstabilität und Kantenhärte des Flächengebildes auf die Halteleistung zum Backing-Material und ggf. eines weiteren flächigen Materials und der Härte des Materials des Flächengebildes jeweils ganz oder teilweise reduziert.

[0026] Unter der im Rahmen dieser Erfindung verwendeten Bezeichnung "Backing-Material" wird ein

Material verstanden, auf das Einzelkörper und/oder ein oder mehrere Formenverbunde befestigt werden oder das die Einzelkörper und/oder ein oder mehrere Formenverbunde ganz oder teilweise umgibt. Im Falle des endballistischen Schutzes handelt es sich bei dem Backing-Material vorteilhafterweise um Fasergewebe-Formkörper und im Falle des Verschleißschutzes vorteilhafterweise um Metalle, beispielsweise in Form von Blechen. Die Verwendung von Metallblechen als Backing-Material für den endballistischen Schutz, als auch die Verwendung von Fasergewebe-Formkörpern als Backing-Material im Verschleißschutz ist ebenfalls denkbar.

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

[0028] Aus keramischen Platten aus flüssigphasengesintertem Siliciumcarbid werden mittels Trennschleifen 400 unregelmäßige Pentaeder mit den Abmessungen $30 \times 20 \times 20 \text{ mm}^3$ (jeweils größte $L \times B \times H$) hergestellt. Die Form entspricht der Kombination aus einer regelmäßigen Pyramide und einem Tetraeder, die so verbunden sind, dass eine Keilform entsteht, wobei zwei Seiten die Fläche eines Parallelogramms ergeben, zwei Flächen die Form eines gleichschenkligen Dreiecks ergeben und die Grundfläche ein Quadrat ist.

[0029] Diese Pentaeder werden so zusammengesetzt, dass gegenüber dem Backing-Material, welches ein Aramid(faser)-Formkörper mit den Abmessungen $400 \times 400 \text{ mm}$ ist, und der Außenseite des zukünftigen Flächengebildes jeweils ebene Oberflächen entstehen. Die zusammengesetzten 400 Pentaeder bedecken mit ihrer ebenen Flächengebildeseite zum Backing-Material das gesamte Backing-Material. Diese Flächengebildeseite wird mit dem Backing-Material durch Kleben mit einem Zweikomponenten-Kunstharzkleber kraftschlüssig verbunden.

[0030] Ein derart hergestelltes Flächengebilde wird in eine Schutzpanzerung für ein Militärfahrzeug eingearbeitet.

[0031] Bei einer senkrechten Geschosseinwirkung eines Hartkerngeschosses von 12,7 mm Kaliber werden je Geschoss maximal 6 Pentaeder, üblicherweise aber nur 2 bis 4 Pentaeder, jeweils nur in unmittelbarer Umgebung der Einschussstelle zerstört. Aufgrund der Überdeckung der Panzerplatten bleibt, im Gegensatz zu herkömmlichen keramischen Schutzpanzerungen, die Schutzwirkung unmittelbar neben der Einschussstelle erhalten. Die maximal zerstörte Fläche beträgt $40 \times 40 \text{ mm}$, üblicherweise aber nur $20 \times 40 \text{ mm}$.

[0032] Im Vergleich dazu werden bei einer herkömmlichen Plattenanordnung von Platten einer Größe von $75 \times 75 \times 20 \text{ mm}$ in Form eines Mauerwerkes maximal eine Fläche von $150 \times 150 \text{ mm}$, üblicherweise $75 \times 75 \text{ mm}$ zerstört.

[0033] Bei der erfindungsgemäßen Lösung wird der

Schuss auch gehalten, wenn das Geschoss auf die Kanten der sich berührenden Pentaeder trifft.

[0034] Dagegen wird bei der herkömmlichen Plattenanordnung der Schuss nicht gehalten, wenn das Geschoss auf die sich berührenden Plattenkanten trifft. Daher ist bei der herkömmlichen Anordnung eine höhere Plattendicke von mindestens 30 mm erforderlich, um den Schuss zuverlässig zu halten, was in einer 33 %-igen Gewichtserhöhung resultiert.

Beispiel 2

[0035] Ein stranggegossener hochfester Stahl (ST 52-3) mit einem dreieckigen Querschnitt wird durch schräges Abschneiden des Stranges zu Pyramiden mit einer Grundfläche von $40 \times 40 \text{ mm}$ und einer Höhe von 40 mm verarbeitet. Aus einem ebensolchen Stahlstrang und nachfolgendem schrägen Schneiden werden Tetraeder mit einer Länge der sich jeweils rechtwinklig gegenüberliegenden Kanten von 40 mm und einer Höhe von 40 mm hergestellt. Dabei werden 200 Pyramiden mit jeweils einem Tetraeder bereits durch Verlöten mit einem Weichlot kraftschlüssig zu einem Verbundkörper miteinander verbunden. Die Pyramiden und Tetraeder als Verbundkörper werden jeweils zu 200 Stück in einem Rahmen zu einem ebenen Flächengebilde angeordnet. Die dem Backing-Material zugewandte Seite wird mit dem Backing-Material aus einem Stahlblech der Qualität ST37 der Abmessungen $400 \times 400 \text{ mm}$ mit einem Weichlot und entsprechendem Flussmittel miteinander verbunden.

[0036] Ein derart hergestelltes Flächengebilde wird als Schutzpanzerung für die Prallplatte eines Hammerbrechers eingearbeitet.

[0037] Bei der Abrasionsbeanspruchung an der Prallplatte werden die sich berührenden Kanten der Panzerplatten stärker erodiert als die Platten selbst.

[0038] Bei der erfindungsgemäßen Lösung verläuft die Teilung aufgrund der Anordnung der Tetraeder und Pyramiden schräg zur Beanspruchungsrichtung, wodurch sich eine verringerte Abrasion an den sich berührenden Kanten ergibt, was eine um die $1 \frac{1}{2}$ -fache längere Einsatzdauer zur Folge hat. Aufgrund der Lötverbindung sind eine Auswechslung der Schutzplatten und eine Wiederverwendung der Sicherungseinrichtung möglich.

Patentansprüche

1. Hochfeste Flächengebilde für endballistischen Schutz und Verschleißschutz, bestehend aus Einzelkörpern, die, zusammengesetzt und auf einem Backing-Material befestigt und/oder ganz oder teilweise von einem Backing-Material umgeben, das hochfeste Flächengebilde ergeben, wobei die Einzelkörper die Form von regelmäßigen Pyramiden und Tetraedern oder unregelmäßigen Pentaedern und/oder Hexaedern aufweisen und/oder die Einzelkörper aus zusammengesetzten und miteinander verbundenen

Formen (Formenverbund) regelmäßiger Pyramiden und Tetraeder oder unregelmäßiger Pentaeder und/oder Hexaeder bestehen.

2. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem die Einzelkörper und/oder die daraus zusammengesetzten Verbundkörper ganz oder teilweise aus keramischen und/oder metallischen Materialien bestehen.

3. Flächegebilde nach Anspruch 2, bei dem als keramische Materialien SiC, Si₃N₄, Al₂O₃ eingesetzt sind.

4. Flächegebilde nach Anspruch 2, bei dem als metallische Materialien Hartmetalle oder höherfeste Stähle eingesetzt sind.

5. Flächegebilde nach Anspruch 2, bei dem die Einzelkörper und/oder die daraus zusammengesetzten Verbundkörper aus Keramik-Metall-Verbundwerkstoffen bestehen.

6. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem ein Formenverbund aus 5 Pyramiden und 4 Tetraedern besteht, der mehrfach wiederholt und jeweils als Formenverbund abwechselnd umgekehrt zusammengesetzt, das Flächegebilde bildet.

7. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem die Verbindung der Einzelkörper durch Verkleben, Verschweißen, Löten oder durch Klammern realisiert ist.

8. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem die Einzelkörper des Flächegebildes jeweils nur eine Verbindung zum Backing-Material und/oder zu einem anderen flächigen Material aufweisen und dann umgekehrt zusammengesetzt ein vollständiges Flächegebilde ergeben.

9. Flächegebilde nach Anspruch 8, bei dem die Berührungsflächen der Einzelkörper zueinander kraftschlüssig miteinander verbunden sind.

10. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem die Einzelkörper und/oder die daraus zusammengesetzten Verbundkörper Abmessungen von 5 bis 200 mm Kantenlänge aufweisen.

11. Flächegebilde nach Anspruch 10, bei dem die Einzelkörper und/oder die daraus zusammengesetzten Verbundkörper Abmessungen von 10 bis 100 mm Kantenlänge aufweisen.

12. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem zwischen allen oder mehreren oder einzelnen Einzelkörpern des Flächegebildes ein teilweiser und/oder vollständiger formschlüssiger Kontakt ihrer Flächen und/oder Kanten besteht.

13. Flächegebilde nach Anspruch 1, bei dem im

Falle des Vorliegens von Spalten zwischen den Flächen und/oder Kanten der Einzelkörper und/oder der daraus zusammengesetzten Verbundkörper diese vollständig gefüllt sind.

14. Flächegebilde nach Anspruch 13, bei dem die Füllung der Spalte durch einen Kleber oder ein Lot oder ein Gewebe realisiert ist.

15. Flächegebilde nach Anspruch 13, bei dem die Spalte zwischen den Flächen und/oder Kanten der Einzelkörper und/oder der daraus zusammengesetzten Verbundkörper zwischen 0,1 und 10 mm breit sind, wobei bei geringeren Abmessungen der Einzelkörper und/oder der Verbundkörper auch geringere Spaltabmessungen vorliegen.

16. Verfahren zur Herstellung von hochfesten Flächegebilden für endballistischen Schutz und Verschleißschutz nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem Einzelkörper in Form von regelmäßigen Pyramiden und Tetraedern oder unregelmäßigen Pentaedern und/oder Hexaedern und/oder aus derartigen Einzelkörper zusammengesetzte und miteinander verbundene Formen (Formenverbund) regelmäßiger Pyramiden und Tetraeder oder unregelmäßiger Pentaeder und/oder Hexaeder, zu einem Flächegebilde zusammengesetzt und mindestens auf einer Seite mit einem Backing-Material kraftschlüssig verbunden und/oder ganz oder teilweise von einem Backing-Material umgeben werden.

17. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die kraftschlüssige Verbindung der Einzelkörper und/oder daraus zusammengesetzte Verbundkörper mit dem Backing-Material und/oder einem anderen flächigen Material durch Kleben, Löten, Pressen, Schweißen realisiert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem die aus 5 Pyramiden und 4 Tetraedern ein Formenverbund hergestellt wird, der beliebig oft wiederholt und die Formenverbunde jeweils abwechselnd umgekehrt zusammengesetzt wird, und damit zum Backing-Material und/oder zur Auftreffseite hin jeweils eine ebene und/oder gebogenen und/oder gewölbte Oberfläche ausbildet.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen