

(19)



(11)

EP 3 821 045 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

24.05.2023 Patentblatt 2023/21

(21) Anmeldenummer: **19735305.5**

(22) Anmeldetag: **01.07.2019**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B22F 5/10 ^(2006.01) **B22F 7/06** ^(2006.01)
C22C 1/04 ^(2023.01) **C22C 32/00** ^(2006.01)
C22C 47/08 ^(2006.01) **C22C 47/14** ^(2006.01)
C22C 49/02 ^(2006.01) **C22C 49/14** ^(2006.01)
C22C 26/00 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

C22C 47/14; B22F 5/106; B22F 7/062;
C22C 1/0425; C22C 9/00; C22C 32/0084;
C22C 47/08; C22C 49/02; C22C 49/14;
B22F 2007/066; C22C 2026/002; F28F 2255/20

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2019/067593

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2020/011583 (16.01.2020 Gazette 2020/03)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES WERSTOFFVERBUNDES, EINEN WERKSTOFFVERBUND SOWIE EINE VERWENDUNG DES WERKSTOFFVERBUNDES ALS WÄRMELEITER SOWIE -ÜBERTRÄGER**

METHOD OF MANUFACTURING A COMPOSITE, COMPOSITE AND USE OF SAID COMPOSITE AS HEAT CONDUCTOR OR HEAT EXCHANGER

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN COMPOSITE, COMPOSITE ET UTILISATION UDIT COMPOSITE EN TANT QUE CONDUCTEUR OU ÉCHANGEUR THERMIQUE

(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: **09.07.2018 DE 102018116559**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

19.05.2021 Patentblatt 2021/20

(73) Patentinhaber:

- **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)
- **Technische Universität Berlin**
10623 Berlin (DE)

(72) Erfinder:

- **RIESSELMANN, Jens**
13351 Berlin (DE)
- **HUTSCH, Thomas**
01219 Dresden (DE)
- **WEISSGÄRBER, Thomas**
01328 Dresden (DE)

(74) Vertreter: **Gulde & Partner**

Patent- und Rechtsanwaltskanzlei mbB
Wallstraße 58/59
10179 Berlin (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 1 806 417

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).

EP 3 821 045 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes, einen Werkstoffverbund sowie eine Verwendung des Werkstoffverbundes als Wärmeleiter sowie Wärmeüberträger.

[0002] Überall dort, wo bei elektronischen Bauteilen Wärme in der Folge einer Verlustleistung anfällt, muss diese auch abgeführt werden, um ein Überhitzen der Bauteile zu vermeiden. Im Stand der Technik existiert eine Vielzahl an Anwendungen, die von einem gesteigerten Wärmefluss zwischen zwei Oberflächen profitieren. Speziell in Raumfahrzeugen, in denen aufgrund der Umweltbedingungen keine Konvektion stattfinden kann, ist der leitungsgebundene Wärmetransport speziell zwischen zwei Oberflächen entscheidend. Durch eine erhöhte thermale Anbindung der Komponenten an den restlichen Satellitenbus und insbesondere an Radiatoren lässt sich die Temperatur in den Komponenten besser regeln. Werden Oberflächen miteinander verbunden, so entsteht ein Wärmefluss zwischen diesen in Abhängigkeit unter anderem der Kontaktfläche, der Rauigkeit, der Anpresskraft und der Materialeigenschaften. Die effektive Kontaktfläche reduziert sich dabei deutlich, da die Oberflächen mikroskopisch gesehen nicht flach sind. Dies ist in den Figuren 1 und 2 anhand zweier verschiedener Kontaktschichten 1 und 2 dargestellt. Eine Möglichkeit, diese Fläche zu vergrößern, ist das Polieren bzw. Läppen der Oberfläche, jedoch bleibt auch dann eine mikroskopische Reustraigkeit erhalten.

[0003] Der Wärmefluss zwischen den Oberflächen findet jedoch nicht nur über die Kontaktflächen, sondern auch über die Lücken zwischen den Oberflächen über Strahlung bzw. thermale Leitung oder Konvektion des dazwischen befindlichen Mediums statt. Allerdings gibt es im Vakuum jedoch keine konvektive Wärmeleitung.

[0004] Um die Wärmeleitung zwischen zwei Oberflächen zu erhöhen wurden bis jetzt verschiedene "Thermal Interface Materials (TIMs)" entwickelt, welche in die Lücken gefüllt werden. Standardmäßig werden hierfür wärmeleitfähige Gele, Pasten oder andere teils auf Kohlenstoff basierende Materialien verwendet, welche in der Regel jedoch nicht wiederverwendbar sind, sondern beim erneuten Kontaktieren ausgetauscht werden müssen.

[0005] Der Einsatz von Kohlenstoffnanostruktur-Arrays als Thermal Interface Materials bietet sich an, da die Kohlenstoffnanostrukturen, bevorzugt Kohlenstoffnanoröhren (CNT), entlang ihrer Wachstumsrichtung eine Wärmeleitfähigkeit von bis zu 3500 W/m K aufweisen. Eine solche Option für eine Schnittstelle auf Basis von Kohlenstoffnanoröhren als "Thermal Interface Materials" bietet das Patent US 7,416,019. Bei diesem werden die Kohlenstoffnanoröhren auf der Oberfläche befestigt bzw. auf der Oberfläche eines Metalls gewachsen. Die EP 1 806 417 A1 offenbart einen Verbundwerkstoff zweier Metalle mit eingebetteten Nanostrukturen.

[0006] Die Aufgabe besteht darin, eine wiederver-

wendbare und effektive Schnittstelle zur Wärmeleitung sowie -übertragung zwischen zwei Oberflächen zur Verfügung zu stellen.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes zur Wärmeleitung umfasst grundsätzlich folgende Schritte: Herstellen eines Verbundwerkstoffes, der sich entlang einer Ausdehnungsachse erstreckt, aus in einer Matrix eines ersten Metalls verankerten Kohlenstoffnanostrukturen; Unterteilen des Verbundwerkstoffes in Segmente, insbesondere durch Sägen, z.B. entlang oder senkrecht der Ausdehnungsachse des Verbundwerkstoffes; Anordnen der Segmente in einer Ebene einer Matrice; Auffüllen von Freiräumen in der Matrice mit einem Auffüllmaterial, Sintern in der Matrice zu einem Werkstoffverbund, Freilegen der Kohlenstoffnanostrukturen des Verbundwerkstoffes aus mindestens einer Oberfläche des Werkstoffverbundes, so dass die Kohlenstoffnanostrukturen aus dieser Oberfläche herausragen und teilweise noch im Grundwerkstoff verankert bleiben.

[0008] Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass zum Einen infolge der herausragenden Kohlenstoffnanostrukturen die Kontaktfläche zwischen zwei Oberflächen vergrößert wird und zum Anderen durch stabil in der Metallmatrix eingebundenen Kohlenstoffnanostrukturen eine Schnittstelle aus einem solchen Werkstoffverbund wiederlösbar ausgebildet ist.

[0009] Unter Kohlenstoffnanostrukturen werden im Folgenden Strukturen wie runde Kohlenstoffnanopartikel, wie z.B. Fullerene und amorphe Kohlenstoffe, oder schichtförmige Kohlenstoffnanopartikel, wie z.B. Graphen und Nanoplatelets, oder faserförmige Kohlenstoffnanopartikel, wie z.B. Kohlenstoffnanoröhren und Kohlenstoffnanofasern, verstanden. Bevorzugt sind die Kohlenstoffnanostrukturen Kohlenstoffnanoröhren.

[0010] Die Erfindung ermöglicht somit eine Vergrößerung der Schnittstellenfläche und/oder Kontaktfläche einer wiederlösbaren und wiederverwendbaren thermalen Schnittstelle, wodurch der Wärmefluss zwischen zwei Oberflächen vergrößert wird.

[0011] Die Kohlenstoffnanostrukturen können sich zufällig verteilt in dem Metall erstrecken. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erstrecken sich die Kohlenstoffnanostrukturen entlang der Ausdehnungsachse des Verbundwerkstoffes. Nach dem Freilegen der Kohlenstoffnanostrukturen ragen diese somit bevorzugt in eine Richtung orientiert aus der Oberfläche des Verbundwerkstoffes heraus. Dies ermöglicht einen verbesserten Kontakt, einen verbesserten Wärmetransport und eine verbesserte Wiederverwendbarkeit der Schnittstelle.

[0012] Der Verbundwerkstoff kann insbesondere ein stabförmiger Verbundwerkstoff sein und die Querschnittsfläche des stabförmigen Verbundwerkstoffes kann eine beliebige geometrische Grundform aufweisen, insbesondere eine kreisförmige, trapezförmige, rechteckige oder quadratische Grundform oder aus Kreissegmenten gebildet sein.

[0013] Bevorzugt umfasst das Verfahren folgende

Schritte, die sich an das Sintern in der Matrize anschließen: Die Formgebung des gesinterten Körpers durch Umformen, z.B. durch Strangpressen, ECAP (Equal Channel Angular Pressing) oder Rundhämmern, spanende Bearbeitung, und das Schleifen der Oberfläche des Verbundwerkstoffes, aus der die Kohlenstoffnanosstrukturen freizulegen sind.

[0014] Das Herstellen des Verbundwerkstoffes erfolgt bevorzugt pulvermetallurgisch und umfasst folgende Schritte: Herstellen einer homogenen Pulvermischung aus einem ersten Metall und aus Kohlenstoffnanosstrukturen, Sintern der Pulvermischung zu einem Verbundwerkstoff, und Strangpressendes Verbundwerkstoffes. Auch ein direktes Strangpressen des homogenen Pulvergemisches ist möglich.

[0015] Die Kohlenstoffnanosstrukturen sind bevorzugt auf einer Länge von 5-30 µm, noch bevorzugter 10-20 µm freigelegt.

[0016] Das erste Metall ist bevorzugt Kupfer. Es kann aber auch jedes andere Metall verwendet werden.

[0017] Es wird demnach erfindungsgemäß eine Vergrößerung der Schnittstellenfläche und/oder Kontaktfläche einer wiederlösaren und wiederverwendbaren thermalen Schnittstelle zur Vergrößerung des Wärmeflusses zwischen zwei Oberflächen aus Metall-Kohlenstoff-Verbundwerkstoffen insbesondere von Kupfer - Kohlenstoffnanosstrukturen durch die Bildung eines Werkstoffverbundes vorgeschlagen, insbesondere durch Kupfer oder Kupfer - Kohlenstoffverbundwerkstoffe für verschiedene Atmosphären, bevorzugt im Vakuum im Druckbereich kleiner $1 \cdot 10^{-2}$ mbar.

[0018] Das Auffüllmaterial weist bevorzugt eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der Verbundwerkstoff auf. Dadurch kann die Wärmeleitfähigkeit insgesamt verbessert werden. Das Auffüllmaterial kann durch pulvermetallurgische und/oder schmelzmetallurgische Methoden eingebracht werden.

[0019] Das Auffüllmaterial umfasst insbesondere ein zweites Metall. Dieses kann Kupfer sein. Das Auffüllmaterial kann ein Metall-Kohlenstoff Verbundwerkstoff sein. Möglich sind Metall-Diamant Verbundwerkstoff, bevorzugt Kupfer-Diamant, oder ein Metall-Graphit Verbundwerkstoff, bevorzugt Kupfer-Graphit. Diese Materialien eignen sich besonders für die Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit.

[0020] In einem Ausführungsbeispiel kann in der Ebene des Verbundwerkstoffes mindestens eine erste Schicht aus mindestens einem anderen Material in die Matrize eingebracht werden. Alternativ oder zudem kann vor dem Schritt des Einbringens der Segmente in die Matrize die Matrize bereits mit mindestens einer zweiten Schicht aus mindestens einem anderen Material gefüllt sein und darauf die Segmente angeordnet werden. Die ersten und zweiten Schichten weisen bevorzugt eine gegenüber dem Verbundwerkstoff höhere Wärmeleitfähigkeit auf.

[0021] Hierdurch kann eine Schnittstelle aus dem Werkstoffverbund speziell an Dimensionen von Kompo-

nenten und Anforderungen an die Wärmeleitfähigkeit angepasst werden.

[0022] Ferner umfasst die Erfindung einen Werkstoffverbund, der nach der Erfindung wie oben beschrieben hergestellt wurde.

[0023] Des Weiteren wird eine Verwendung eines Werkstoffverbundes gemäß der Erfindung als Wärmeleit- und Wärmeüberträgermaterial vorgeschlagen.

[0024] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 zeigt schematisch eine nicht kontaktierte thermale Schnittstelle des Standes der Technik, welche aus zwei Kontaktschichten besteht,

Fig. 2 zeigt schematisch eine kontaktierte thermale Schnittstelle des Standes der Technik der Figur 1,

Fig. 3 zeigt den erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff nach einem Strangpressen mit freigelegten Kohlenstoffnanosstrukturen,

Fig. 4 zeigt schematisch eine nicht kontaktierte thermale Schnittstelle mit einem erfindungsgemäßen Verbundwerkstoff in einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 5 zeigt schematisch eine kontaktierte thermale Schnittstelle der Figur 4,

Fig. 6 zeigt schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel einer nicht kontaktierten thermalen Schnittstelle gemäß der Erfindung,

Fig. 7 zeigt schematisch eine weitere mögliche Anordnung einer thermalen Schnittstelle gemäß der Erfindung,

Fig. 8 zeigt beispielhaft einen möglichen Stab des Verbundwerkstoffes nach dem Strangpressen,

Fig. 9 zeigt ein zugeschnittenes Segment des stranggepressten Verbundwerkstoffes,

Fig. 10 zeigt beispielhaft die Anordnung mehrerer Segmente in der Matrize in Vorbereitung auf das Sintern,

Fig. 11 zeigt einen durch das Sintern mechanisch und thermische verbundene Werkstoffverbund gemäß der Erfindung,

- Fig. 12 zeigt eine beispielhafte/schematische Darstellung eines spanend bearbeiteten, geschliffenen und geätzten erfindungsgemäßen Werkstoffverbundes,
- Fig. 13 zeigt ein Foto eines hergestellten und geschliffenen Werkstoffverbundes,
- Fig. 14 zeigt ein Foto eines zum Verifizieren des Verfahrens hergestellten, geschliffenen und geätzten Werkstoffverbundes,
- Fig. 15 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Ausführung einer thermalen Schnittstelle verbunden zu einem Körper mit einem Material mit geringerer, gleicher oder höherer thermaler Leitfähigkeit,
- Fig. 16 zeigt schematisch eine erfindungsgemäße Ausführung einer thermalen Schnittstelle (21) verbunden zu einem Körper mit einem Material mit geringerer thermaler Leitfähigkeit und gleicher oder höherer Wärmeleitfähigkeit an mehreren Stellen zur Bildung von gezielten Wärmeleitpfaden,
- Fig. 17 zeigt schematisch das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes.

[0025] In der Figur 1 ist eine nicht kontaktierte thermale Schnittstelle des Standes der Technik gezeigt. Die thermale Schnittstelle besteht hier beispielsweise und nicht beschränkend aus je einer metallischen Kontaktschicht 1 und 2, die jeweils sich zugewandte mikroskopisch angeraute Oberflächen aufweisen. Bringt man diese beiden Oberflächen zur Kontaktierung zusammen, wie in Figur 2 gezeigt, ergibt sich eine effektive Fläche zur kontaktgebundenen Wärmeübertragung aus der Summe der Kontaktpunkte 3 zwischen den Kontaktschichten 1 und 2. Über die Lücken 4 zwischen den Kontaktpunkten 3 lässt sich die Wärme nur mittels Strahlung oder Konvektion des eingeschlossenen Mediums übertragen. Im Vakuum kann aber Konvektion nicht erfolgen.

[0026] Daher wird erfindungsgemäß ein Werkstoffverbund aus Metall-Kohlenstoff Verbundwerkstoffen vorgeschlagen, insbesondere aus Kupfer und Kohlenstoffnanoröhren. In dem Verbundwerkstoff sind die Kohlenstoffnanoröhren in der Matrix eines Metalls verankert. Sie ragen dabei aus einer Oberfläche heraus und sind somit als "Thermal Interface Materials (TIM)" für eine thermale Schnittstelle einsetzbar.

[0027] Der Metall-Kohlenstoff Verbundwerkstoff wird dabei pulvermetallurgisch hergestellt. Ein erstes Metall dient als Matrix und der Kohlenstoff vornehmlich als Verstärkungskomponente. Vorteilhafterweise ergeben sich in Folge verschiedene Möglichkeiten der anschließen-

den Formgebung des Verbundwerkstoffes. Beispielhafterweise aber nicht beschränkend kann nach der Herstellung einer homogenen Pulvermischung dem Metall-Kohlenstoffnanoröhren-Verbundwerkstoff insbesondere mit Strangpressen eine Form gegeben werden. Dabei werden die Kohlenstoffnanoröhren, bevorzugt Kohlenstoffnanoröhren, nahezu parallel zur Strangpressrichtung eindimensional ausgerichtet. Nach dem Strangpressen lassen sich die Verbundwerkstoffe ganz normal spanend bearbeiten. Die Oberfläche kann also auf die für die thermale Schnittstelle geeignete Form und durch Verfahren wie Lappen auf eine Rautiefe von bis 10 μm , bevorzugt bis zu 1 μm und niedriger gebracht werden.

[0028] Durch ein Wegätzen der obersten Metallschicht an der Stirnfläche können die ehemals eingebetteten Kohlenstoffnanoröhren freigelegt werden, bevorzugt auf einer Länge bis zu 10 μm , noch bevorzugter bis zu 20-30 μm . Die so aus der Oberfläche herausragenden Kohlenstoffnanoröhren sind immer noch fest in der Metallmatrix verankert. Ein solcher Verbundwerkstoff 20 nach dem Strangpressen ist in Figur 3 gezeigt. Die Kohlenstoffnanoröhren 22 sind nach dem Strangpressen durch Wegätzen eines ersten Metalls 24 an der Oberfläche freigelegt. Durch die Verankerung der Kohlenstoffnanoröhren 22 in dem ersten Metall 24, bevorzugt Kupfer, lassen sich die Kohlenstoffnanoröhren 22 nicht so leicht bei Trennung von entsprechenden Kontaktschichten 1 und 2 ablösen. Infolgedessen eignet sich der Verbundwerkstoff 20 besser für eine Wiederlösbarkeit und Wiederverwendbarkeit der Schnittstelle. Die Oberfläche des Verbundwerkstoffs 20 weist Bereiche aus dem ersten Metall 24 auf, durch welche die Kohlenstoffnanoröhren 22 hindurchstoßen bzw. aus der Oberfläche herausragen. In Figur 3 erstreckt sich der Verbundwerkstoff 20 entlang einer Ausdehnungsachse in z-Richtung. Die Seitenfläche(n) des Verbundwerkstoffs 20 sind aus dem ersten Metall 24 gebildet. Dieses kann aber auch an den Seiten weggeätzt werden.

[0029] Figur 4 zeigt nun schematisch eine nicht kontaktierte thermale Schnittstelle, welche beispielhaft eine metallische Kontaktschicht 1 auf der einen Seite besitzt und auf der anderen Seite eine Kontaktschicht 2 aus einem wie oben beschrieben hergestellten Metall-Kohlenstoffnanoröhren-Verbundwerkstoff 20 besteht. Die Kohlenstoffnanoröhren 22 der Stirnfläche des Verbundwerkstoffes 20 wurden hier beispielhaft durch Ätzen freigelegt. Figur 5 zeigt schematisch nun die kontaktierte thermale Schnittstelle der Figur 4. Die Anzahl der Kontaktpunkte 3 wird dabei im Vergleich zu der Anzahl an Kontaktpunkten 3 in Figur 2 durch die Kohlenstoffnanoröhren 22, eingebettet in dem ersten Metall 24 deutlich erhöht.

[0030] Figur 6 zeigt schematisch ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen nicht kontaktierten Schnittstelle. Diese besteht nun aus je zwei wie beschriebenen Metall-Kohlenstoffnanoröhren-Verbundwerkstoffen 20 mit freigelegten Kohlenstoffnanos-

strukturen 22. Im kontaktierten Zustand berühren die Kohlenstoffnanostrukturen 22 jeweils die Oberfläche aus dem ersten Metall 24 bzw. die Kohlenstoffnanostrukturen 22 der anderen Kontaktschicht. Somit wird die Wärmeleitfähigkeit noch weiter erhöht. In Figur 6 sind rein beispielhaft Kohlenstoffnanoröhren 22 gezeigt. Jedoch kann es sich auch um jede andere Kohlenstoffnanostruktur 22 handeln, wie runde Kohlenstoffnanopartikel, z.B. Fullerene und amorphe Kohlenstoffe, oder schichtförmige Kohlenstoffnanopartikel, z.B. Graphen und Nanoplatelets, oder faserförmige Kohlenstoffnanopartikel, z.B. Kohlenstoffnanofasern. Bevorzugt aber nicht beschränkend sind die Kohlenstoffnanostrukturen Kohlenstoffnanoröhren.

[0031] Figur 7 zeigt schematisch eine weitere mögliche Anordnung der thermalen Schnittstelle. Neben den bisher gezeigten Varianten sind hier die Flächen mit und ohne Kohlenstoffnanostrukturen 22 auf beiden Seiten der thermalen Schnittstelle jeweils versetzt zueinander angeordnet. Durch das versetzte Anordnen der Bereiche mit und ohne Kohlenstoffnanostrukturen auf den beiden Kontaktschichten 1 und 2 kann die Wiederlösbarkeit der Schnittstelle verbessert werden.

[0032] Die herstellbaren Kontaktflächen und eine mögliche Formgebung der thermalen Schnittstelle sind bei dem Verfahren, welches zum Verbundwerkstoff 20 führt, limitiert. Um diese zu vergrößern und eine adaptive Formgebung zu ermöglichen, wird ein Herstellungsverfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes vorgeschlagen, welches es ermöglicht, Schnittstellenelemente, die durch das eben beschriebene Verfahren hergestellt wurden, miteinander mechanisch und thermisch zu verbinden.

[0033] Infolgedessen lässt sich die Kontaktfläche eines Schnittstellenelements vergrößern und in beliebige Formen bringen. Somit können insbesondere auch Schnittstellenringe aus Kreissegmenten hergestellt werden.

[0034] Hierfür wird erfindungsgemäß im Folgenden ein pulvermetallurgisches Verfahren vorgestellt.

[0035] Figur 8 zeigt beispielhaft und nicht beschränkend einen stabförmigen Verbundwerkstoff 20 mit einer Querschnittsfläche 26 aus einem Kreissegment nach einem Strangpressschritt. Die Querschnittsfläche 26 des stabförmigen Verbundwerkstoffes 20 kann allerdings eine beliebige geometrische Grundform aufweisen, insbesondere eine kreisförmige, trapezförmige, rechteckige oder quadratische Grundform. Dieser Stab erstreckt sich entlang einer Ausdehnungsachse z und dient in dem gezeigten Beispiel zur Fertigung von Kreissegmenten in Figur 9. Die Kohlenstoffnanostrukturen 22 erstrecken sich ebenfalls entlang der Ausdehnungsachse z aus einer Oberfläche des Verbundwerkstoffes 20 heraus. Der Verbundwerkstoff 20 ist bevorzugt stabförmig ausgebildet, damit er leicht, z.B. durch Sägen, partitioniert werden kann. Der aus dem Strangpressen entstehende Stab wird in Segmente 30 mit entsprechender Dicke unterteilt, bevorzugt aber nicht beschränkend gesägt. Diese Seg-

mente 30 sind in Figur 9 gezeigt. Die Form und Grundfläche des Verbundwerkstoffes 20 ist nicht auf das gezeigte Ausführungsbeispiel beschränkt. Die Grundfläche kann jede beliebige Form annehmen, z.B. quadratisch, rechteckig, kreisförmig, ellipsenförmig etc. Um den Verbundwerkstoff 20 herum kann fertigungsbedingt eine Hülle aus erstem Metall 24 existieren, welche sich bei Bedarf spanend entfernen lassen kann. Diese Hülle kann aber auch zum weiteren Fügen (z.B. durch Löten) genutzt werden.

[0036] Die Segmente 30 werden in einer Matrize 100 einer gewählten Form angeordnet. In Figur 10 ist beispielsweise und nicht beschränkend eine Kreisform als Matrize 100 gewählt worden. Die Segmente 30 werden in der Matrize angeordnet, so dass sie einen Kreisring 110 ausbilden und die dazwischen befindlichen Freiräume 120 werden dann mit einem Auffüllmaterial 130, wie in Figur 11 gezeigt aufgefüllt. Das Auffüllmaterial 130 ist bevorzugt ein Metallpulver, noch bevorzugter Kupferpulver. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel wird im Inneren der Matrize 100 um den Kreismittelpunkt kein Verbundwerkstoff 20, sondern allein das Auffüllmaterial 130 angeordnet. Das Auffüllmaterial 130 und die Segmente 30 werden zu einem gemeinsamen Körper 200, beispielsweise durch Sintern verbunden.

[0037] Insbesondere bei Kreisingen kann der innere Bereich mit dem Auffüllmaterial 130 aufgefüllt werden um als Einspannfläche für spätere spanende Bearbeitung eingesetzt zu werden. Nach dem Sintern kann eine spanende Bearbeitung des Werkstoffverbundes zur endgültigen Formgebung erfolgen.

[0038] In einem Ausführungsbeispiel können in einer Ebene Segmente des Verbundwerkstoffes in einer Matrize, die als Schmelzinfiltrationswerkzeug genutzt werden kann, angeordnet werden. Die Matrize wird anschließend auf Temperaturen zwischen 400 bis 600°C, bevorzugt im Vakuum vorgewärmt. Die Hohlräume zwischen den Segmenten werden dann beispielsweise mit schmelzflüssigem Metall oder einer Metalllegierung, z.B. Kupfer mit einer Temperatur zw. 1200 und 1300°C, beispielsweise unter Vakuum (< 20 mbar) und mit einem vorbestimmten Druck infiltriert. Der vorbestimmte Druck kann zwischen 50 MPa und 100 MPa liegen und beträgt beispielsweise ca. 80 MPa. Die Infiltrationszeit kann dabei zwischen 35 und 50 Sekunden liegen. Anschließend erfolgt das Erstarren unter Druck. Der Werkstoffverbund kann dann aus der Matrize ausgestoßen werden und an Luft weiter abkühlen.

[0039] Figur 12 zeigt eine Darstellung eines spanend bearbeiteten, geschliffenen und geätzten Werkstoffverbundes 200, welcher aus den vorherigen Schritten hergestellt wurde. Der Werkstoffverbund 200 ist beispielhaft als Ring ausgebildet und weist einzelne Löcher im Ring auf, die der Befestigung dienen können. Die letzten Prozessschritte sind das Schleifen der Werkstoffverbundoberfläche, dessen Ergebnis in Figur 13 gezeigt ist, sowie das Ätzen zum Freilegen der Kohlenstoffnanostrukturen (Fig. 14).

[0040] Die Schnittstelle ist sowohl einsetzbar wenn die Kohlenstoffnanostrukturen 22 auf einer oder auch auf beiden Seiten der Kontaktflächen freigelegt sind. Ebenso ist auch ein Einsatz gegen einen anderen Feststoff möglich.

[0041] Die Wärmeleitfähigkeit des Werkstoffverbundes 200 kann dabei gewünscht angepasst werden. Metall-Diamant bzw. Metall-Graphit Verbundwerkstoffe besitzen eine höhere Wärmeleitfähigkeit als das reine Metall bzw. als der Metall- Kohlenstoffnanostrukturen-Verbundwerkstoff 20. Die Wärmeleitfähigkeit von Kupfer-Diamant liegt bei bis zu 700 W/m K und die von Kupfer-Graphit bei bis zu 600 W/m K, während die Wärmeleitfähigkeit von reinem Kupfer bei ca. 400 W/m K liegt. Daher lassen sich diese auch zur passiven Kühlung einsetzen. Dieses ist im speziellen auch für diese Erfindung einsetzbar. Zur Vergrößerung der Wärmeleitfähigkeit kann insbesondere das Auffüllmaterial 130 zum Verbinden des Werkstoffverbundes durch einen Metall-Diamant Verbundwerkstoff substituiert werden. Metall-Diamant Verbundwerkstoffe zeichnen sich in allen Raumrichtungen durch ein im Vergleich zum reinen Metall erhöhten Wärmeleitfähigkeit aus, wodurch sich die gesamt zu übertragene Wärmemenge noch einmal erhöhen lässt.

[0042] Der Werkstoffverbund 200 kann dabei vielfältig geformt und angepasst werden. Figur 15 zeigt schematisch einen Werkstoffverbund 200 mit einem ersten Teilbereich 210 aus dem Verbundwerkstoff 20, verbunden zu einem Körper mit einem zweiten Teilbereich 220, welcher aus einem Material mit geringerer, gleicher oder höherer thermaler Leitfähigkeit gebildet ist. Die Verbindung kann ebenfalls durch Sintern oder Schmelzinfiltration hergestellt werden. Das Material des zweiten Teilstücks 220 kann zusammen mit den Segmenten 30 des Verbundwerkstoffes 20 in der Matrize 100 angeordnet werden. Durch die Wahl des Materials des zweiten Teilbereichs 220 mit einer höheren oder kleineren thermalen Leitfähigkeit können gezielte Wärmeleitpfade gebildet werden. Auch kann die Steifigkeit und Festigkeit dadurch erhöht werden.

[0043] Ein komplexeres Ausführungsbeispiel eines Werkstoffverbundes 200 ist in Figur 16 gezeigt. Der Werkstoffverbund 200 besteht hier aus zwei Lagen aus verschiedenen Materialien. So kann z.B. ein drittes Teilstück 230 unterhalb des Verbundwerkstoffes 20 angeordnet sein und eine geringere thermale Leitfähigkeit als der Verbundwerkstoff 20 des ersten Teilstücks 210 aufweisen. Das vierte Teilstück 240 kann eine gleiche oder bevorzugt höhere Wärmeleitfähigkeit aufweisen, wodurch die Wärme lateral abgeleitet wird.

[0044] Figur 17 zeigt ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes. Im Schritt S100 wird zunächst ein Verbundwerkstoff 20 hergestellt aus in einer Matrix eines ersten Metalls 24 verankerten Kohlenstoffnanostrukturen 22. Der Verbundwerkstoff 20 erstreckt sich dabei entlang einer Ausdehnungsachse z. Die Kohlenstoffnanostrukturen 22 erstrecken sich eben-

falls entlang der Ausdehnungsachse z des Verbundwerkstoffes 20. Im Schritt S200 wird der Verbundwerkstoff 20 in Segmente 30, bevorzugt Schnittsegmente 30 unterteilt. Darauf werden die Segmente 30 in mindestens einer Ebene in einer Matrize 100 angeordnet S300. Im Schritt S400 wird dann ein Werkstoffverbund 200 gebildet. Dies kann durch ein Auffüllen S410 von Freiräumen in der Matrize 120 mit einem Auffüllmaterial 130 und anschließend Sintern S420 in der Matrize 100 erfolgen. Alternativ kann dies auch durch Schmelzinfiltration S430 in der Matrize 100 erfolgen. Im Schritt S500 werden dann die Kohlenstoffnanostrukturen 22 aus mindestens einer Oberfläche des Werkstoffverbundes 200 freigelegt, so dass die Kohlenstoffnanostrukturen 22 aus dieser Oberfläche herausragen.

[0045] Zusammenfassend wurden in einer Metallmatrix verankerte Kohlenstoffnanostrukturen als Wärmeleitmaterialien (TIM) und Wärmeüberträgermaterialien vorgeschlagen. Diese sind für eine wiederlösbare und wiederverwendbare thermale Schnittstelle vorteilhafterweise einsetzbar. Ein Werkstoffverbund kann erfindungsgemäß durch Sintern zur lokalen Integration der thermal aktiven Schnittstellenfläche in ein Metall, eine Metalllegierung und/ oder einen Verbundwerkstoff (Metall/Diamant, Metall/Graphit) hergestellt werden.

[0046] Auch können gezielt thermal aktive Schnittstellenflächen aus Metall/Kohlenstoffnanostrukturen Verbundwerkstoff zur Wärmeübertragung und einem Material mit geringerer Wärmeleitfähigkeit (Keramik, Metall, Metalllegierungen und Verbundwerkstoffe) als der Verbundwerkstoff zur Bildung von gezielten thermischen Leitpfaden (thermische Partitionierung) ausgebildet werden.

[0047] Vorteilhafterweise ist die thermal aktive Schnittstellenfläche durch gezielte Ätzung regenerierbar und an Konturen anpassbar.

[0048] Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0049]

- | | |
|----|--------------------------------|
| 1 | erste Kontaktschicht |
| 2 | zweite Kontaktschicht |
| 3 | Kontaktstellen |
| 4 | Lücken zwischen Kontaktstellen |
| 20 | Verbundwerkstoff |
| 22 | Kohlenstoffnanostrukturen |
| 24 | erstes Metall |
| 26 | Querschnittsfläche |
| 30 | Segmente |

100 Matrice
 110 Matrizensegment
 120 Freiraum
 130 Auffüllmaterial

200 Werkstoffverbund
 210 erstes Teilstück
 220 zweites Teilstück
 230 drittes Teilstück
 240 viertes Teilstück

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) zur Wärmeleitung umfassend:

- Herstellen (S100) eines Verbundwerkstoffes (20), der sich entlang einer Ausdehnungsachse (z) erstreckt, aus in einer Matrix eines ersten Metalls (24) verankerten Kohlenstoffnanostrukturen (22),
- Unterteilen (S200) des Verbundwerkstoffes (20) in Segmente (30),
- Anordnen (S300) der Segmente (30) in mindestens einer Ebene in einer Matrice (100),
- Bilden (S400) eines Werkstoffverbundes (200) durch

- Auffüllen (S410) von Freiräumen in der Matrice (120) mit einem Auffüllmaterial (130) und anschließendem Sintern (S420) in der Matrice (100), oder
- Schmelzinfiltration (S430) in der Matrice (100),

- Freilegen (S500) der Kohlenstoffnanostrukturen (22) aus mindestens einer Oberfläche des Werkstoffverbundes (200), so dass die Kohlenstoffnanostrukturen (22) aus dieser Oberfläche herausragen.

2. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach Anspruch 1, wobei die Kohlenstoffnanostrukturen (22) runde, schichtförmige oder faserförmige Kohlenstoffnanopartikel sind.

3. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Verbundwerkstoff (20) ein stabförmiger Verbundwerkstoff (20) ist und die Querschnittsfläche (26) des stabförmigen Verbundwerkstoffes (20) eine beliebige geometrische Grundform aufweist, insbesondere eine kreisförmige, trapezförmige, rechteckige oder quadratische Grundform oder Teilbereiche einer solchen Grundform.

4. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbun-

des (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner umfassend folgende Schritte, die sich an das Sintern der Matrice (100) anschließen:

- Formgebung durch spanende Bearbeitung, und
- Schleifen der Oberfläche des Verbundwerkstoffes (20), aus der die Kohlenstoffnanostrukturen (22) freizulegen sind.

5. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Herstellen des Verbundwerkstoffes pulvermetallurgisch erfolgt und folgende Schritte umfasst:

- Herstellen einer homogenen Pulvermischung aus einem ersten Metall (24) und aus Kohlenstoffnanostrukturen (22), und
- Sintern der Pulvermischung zu einem Verbundwerkstoff (20), und/oder
- Strangpressen des Verbundwerkstoffes (20).

6. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kohlenstoffnanostrukturen (22) auf einer Länge von 5-50 µm, bevorzugt 10-30 µm an der Werkstoffverbundoberfläche freigelegt sind.

7. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Metall (24) Kupfer ist.

8. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Auffüllmaterial (130) eine höhere Wärmeleitfähigkeit als der Verbundwerkstoff (20) aufweist.

9. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach Anspruch 8, wobei das Auffüllmaterial (130):

- ein zweites Metall umfasst,
- Kupfer ist,
- ein Metall-Diamant Verbundwerkstoff ist, bevorzugt Kupfer-Diamant, oder
- ein Metall-Graphit Verbundwerkstoff, bevorzugt Kupfer-Graphit ist.

10. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in der Ebene des Verbundwerkstoffes (20) mindestens eine erste Schicht (210) aus mindestens einem anderen Material in die Matrice (100) eingebracht wird.

11. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbun-

des (200) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei vor dem Schritt des Einbringens der Segmente (30) in die Matrize (100), die Matrize (100) bereits mit mindestens einer zweiten Schicht (220, 230) aus mindestens einem anderen Material gefüllt ist und darauf die Segmente (100) angeordnet werden.

12. Verfahren zur Herstellung eines Werkstoffverbundes (200) nach Anspruch 10 oder 11, wobei die ersten und zweiten Schichten zur Ausbildung von Wärmeleitpfaden eine gegenüber dem Verbundwerkstoff (20) geringere oder höhere Wärmeleitfähigkeit aufweisen.

13. Werkstoffverbund (200), der nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 12 hergestellt wurde.

14. Verwendung eines Werkstoffverbundes nach Anspruch 13 als Wärmeleiter und/oder Wärmeüberträger.

Claims

1. Method of manufacturing a material composite (200) comprising:

- manufacturing (S100) a composite material (20) extending along an axis of elongation (z) from carbon nanostructures (22) anchored in a matrix of a first metal (24),
- dividing (S200) the composite material (20) into segments (30),
- arranging (S300) the segments (30) in at least one plane in a die (100),
- forming (S400) a material composite (200) by

- filling (S410) of voids in the die (120) with a filling material (130) and subsequent sintering (S420) in the die (100), or
- melt infiltration (S430) in the die (100),

- exposing (S500) the carbon nanostructures (22) from at least one surface of the material composite (200) so that the carbon nanostructures (22) protrude from this surface.

2. Method of manufacturing a material composite (200) according to claim 1, wherein the carbon nanostructures (22) are round, layered or fibrous carbon nanoparticles.

3. Method of manufacturing a material composite (200) according to claim 1 or 2, wherein the composite material (20) is a rod-shaped composite material (20) and the cross-sectional area (26) of the rod-shaped composite material (20) has any geometric basic

shape, in particular a circular, trapezoidal, rectangular or square basic shape or partial areas of such a basic shape.

4. Method of manufacturing a composite material (200) according to any one of the preceding claims, further comprising the following steps subsequent to sintering the die (100):

- shaping by machining, and
- grinding the surface of the composite material (20) from which the carbon nanostructures (22) are to be exposed.

5. Method of manufacturing a material composite (200) according to any one of the preceding claims, wherein the manufacturing of the composite material is performed by powder metallurgy and comprises the steps of:

- producing a homogeneous powder mixture of a first metal (24) and carbon nanostructures (22), and
- sintering the powder mixture to a composite material (20), and/or
- extruding the composite material (20).

6. Method of manufacturing a material composite (200) according to any one of the preceding claims, wherein the carbon nanostructures (22) -are exposed over a length of $\sim 550\mu\text{m}$, preferably $10\text{-}30\mu\text{m}$ at the material composite surface.

7. Method of manufacturing a material composite (200) according to any one of the preceding claims, wherein the first metal (24) is copper.

8. Method of manufacturing a material composite (200) according to any one of the preceding claims, wherein filler material (130) has a higher thermal conductivity than the composite material (20).

9. Method of forming a material composite (200) according to claim 8, wherein the filler material (130):

- comprises a second metal,
- is copper,
- is a metal-diamond composite material, preferably copper-diamond, or
- is a metal-graphite composite material, preferably copper-graphite.

10. Method of manufacturing a material composite (200) according to any one of the preceding claims, wherein at least a first layer (210) of at least one other material is introduced into the die (100) in the plane of the composite material (20).

11. Method of manufacturing a material composite (200) according to any one of the preceding claims, wherein prior to the step of introducing the segments (30) into the die (100), the die (100) is already filled with at least one second layer (220, 230) of at least one other material and the segments (100) are arranged thereon. 5
12. Method of manufacturing a material composite (200) according to claim 10 or 11, wherein the first and second layers for forming thermal paths have a lower or higher thermal conductivity compared to the composite material (20). 10
13. Material composite (200) manufactured according to any one of the preceding claims 1 to 12. 15
14. Use of a material composite according to claim 13 as a heat conductor and/or heat exchanger. 20

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) pour la conduction thermique comprenant : 25
- fabriquer (S100) un matériau composite (20) s'étendant selon un axe d'expansion (z), à partir de nanostructures de carbone (22) ancrées dans une matrice d'un premier métal (24), 30
 - diviser (S200) le matériau composite (20) en segments (30),
 - agencer (S300) les segments (30) dans au moins un plan dans une matrice (100), 35
 - former (S400) un composite de matériaux (200) par
 - le remplissage (S410) des espaces libres dans la matrice (120) avec un matériau de remplissage (130), suivi d'un frittage (S420) dans la matrice (100), ou 40
 - l'infiltration à l'état fondu (S430) dans la matrice (100),
 - exposer (S500) les nanostructures de carbone (22) à partir d'au moins une surface du composite de matériaux (200), de sorte que les nanostructures de carbone (22) font saillie de cette surface. 45
2. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon la revendication 1, dans lequel les nanostructures de carbone (22) sont des nanoparticules de carbone rondes, en forme de couches ou de fibres. 50
3. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le matériau composite (20) est un matériau composite (20) en forme de barre et la surface de section transversale (26) du matériau composite (20) en forme de barre présente une forme de base géométrique quelconque, notamment une forme de base circulaire, trapézoïdale, rectangulaire ou carrée ou des zones partielles d'une telle forme de base. 5
4. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre les étapes suivantes, qui font suite au frittage de la matrice (100) : 10
- la mise en forme par usinage par enlèvement, et
 - le meulage de la surface du matériau composite (20) à partir de laquelle les nanostructures de carbone (22) doivent être exposées. 15
5. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la fabrication du matériau composite est réalisée par métallurgie des poudres et comprend les étapes suivantes : 20
- la fabrication d'un mélange homogène de poudres d'un premier métal (24) et de nanostructures de carbone (22), et
 - le frittage du mélange de poudres en un matériau composite (20), et/ou
 - l'extrusion du matériau composite (20). 25
6. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les nanostructures de carbone (22) sont exposées sur une longueur de 550 μm , de préférence de 10 à 30 μm , à la surface du composite de matériaux. 30
7. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier métal (24) est le cuivre. 35
8. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau de remplissage (130) présente une conductivité thermique supérieure à celle du matériau composite (20). 40
9. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon la revendication 8, dans lequel le matériau de remplissage (130) : 45
- comprend un deuxième métal,
 - est le cuivre,
 - est un composite métal-diamant, de préférence cuivre-diamant, ou 50

- est un composite métal-graphite, de préférence cuivre-graphite.

10. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins une première couche (210) d'au moins un autre matériau est introduite dans la matrice (100) dans le plan du matériau composite (20). 5
- 10 10
11. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, avant l'étape de l'introduction des segments (30) dans la matrice (100), la matrice (100) est déjà remplie d'au moins une deuxième couche (220, 230) d'au moins un autre matériau et les segments (100) sont disposés sur celle-ci. 15
12. Procédé de fabrication d'un composite de matériaux (200) selon la revendication 10 ou 11, dans lequel les première et deuxième couches destinées à former des chemins de conduction thermique présentent une conductivité thermique inférieure ou supérieure à celle du matériau composite (20). 20
- 25
13. Composite de matériaux (200) fabriqué selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 12.
14. Utilisation d'un composite de matériaux selon la revendication 13 en tant que conducteur thermique et/ou échangeur thermique. 30

35

40

45

50

55

Fig. 1

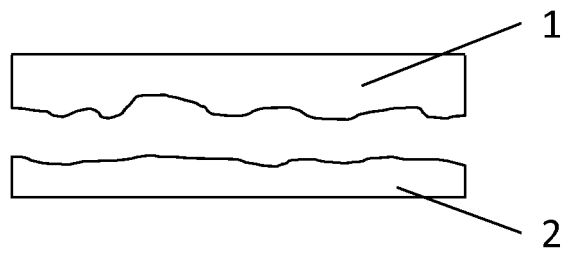


Fig. 2

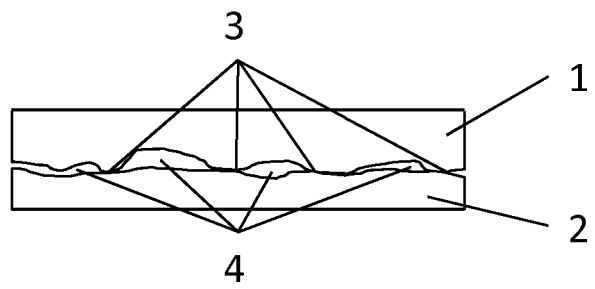


Fig. 3:

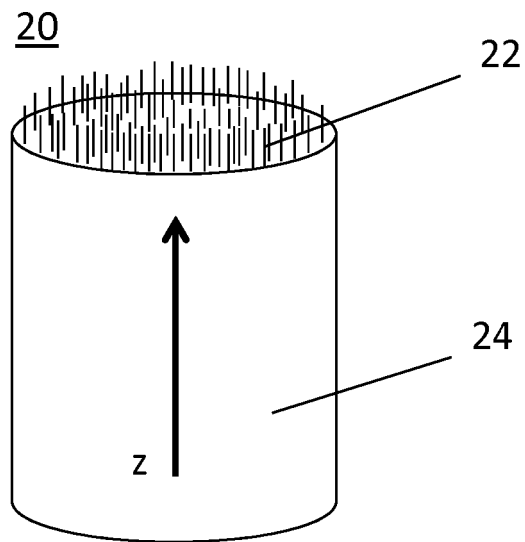


Fig. 4

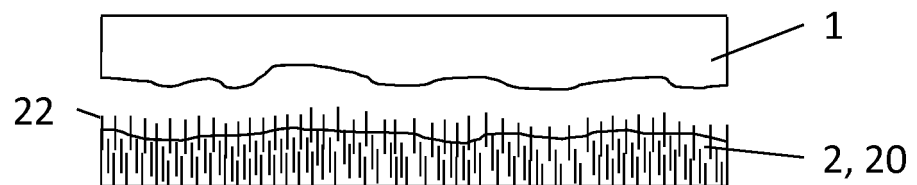


Fig. 5

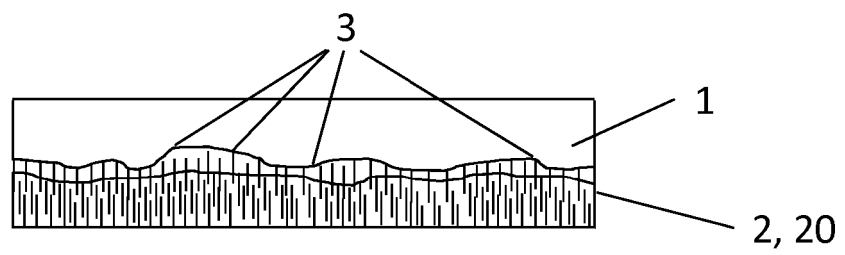


Fig. 6

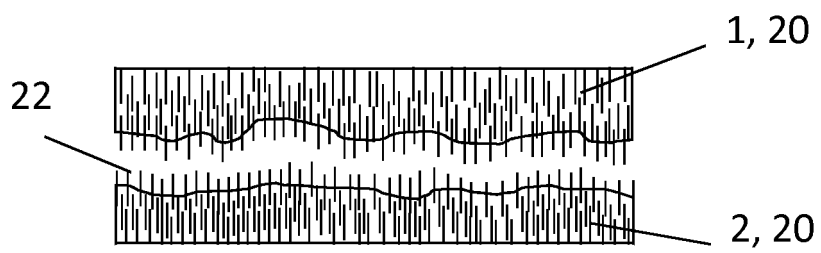


Fig. 7

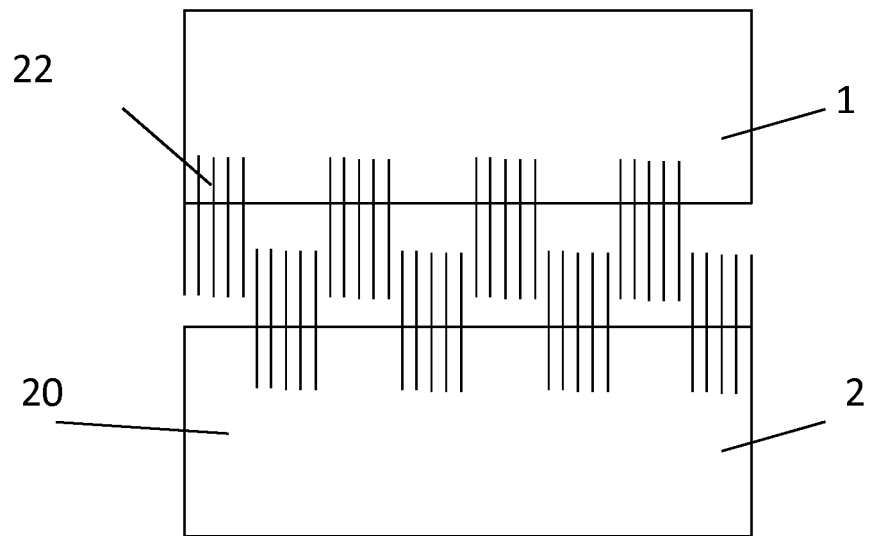


Fig. 8

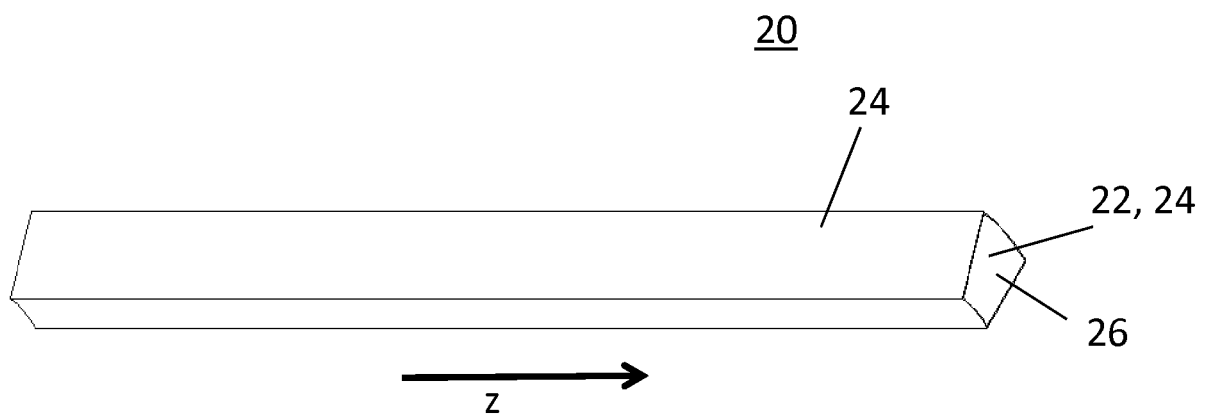


Fig. 9

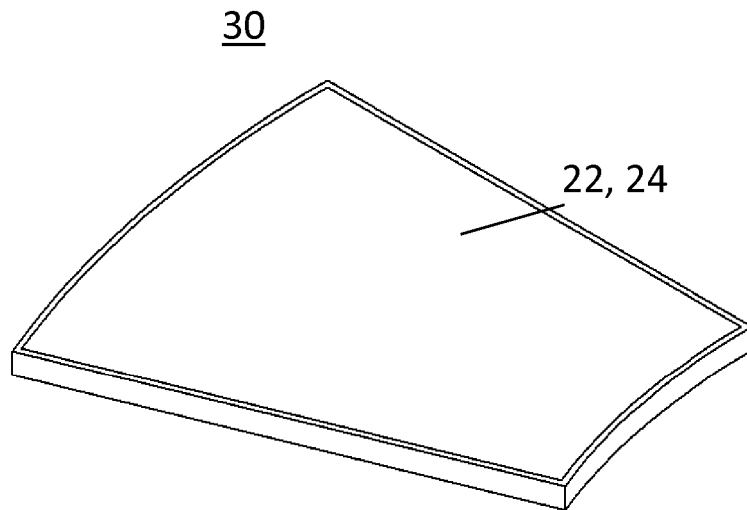


Fig. 10

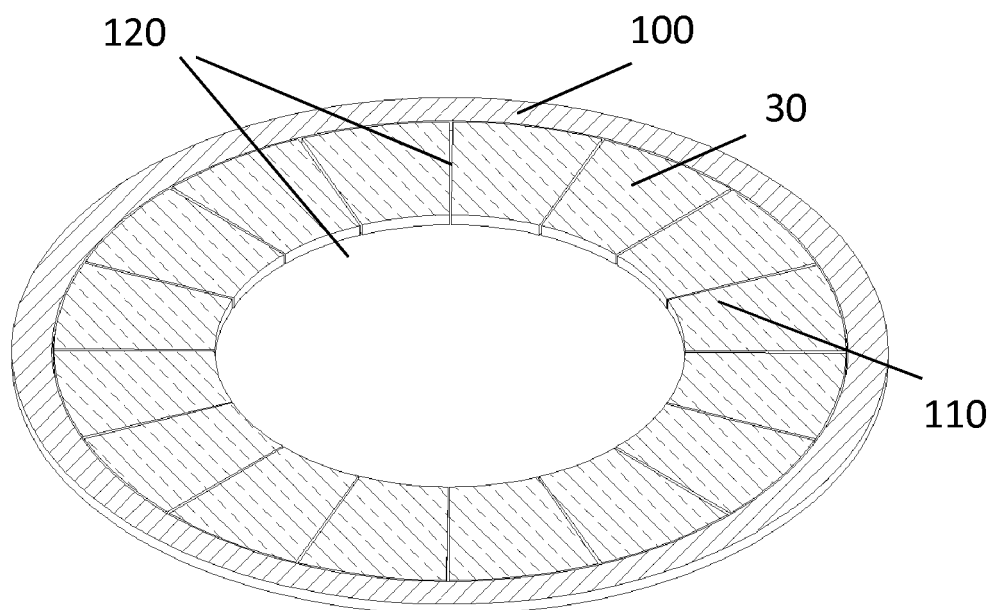


Fig. 11

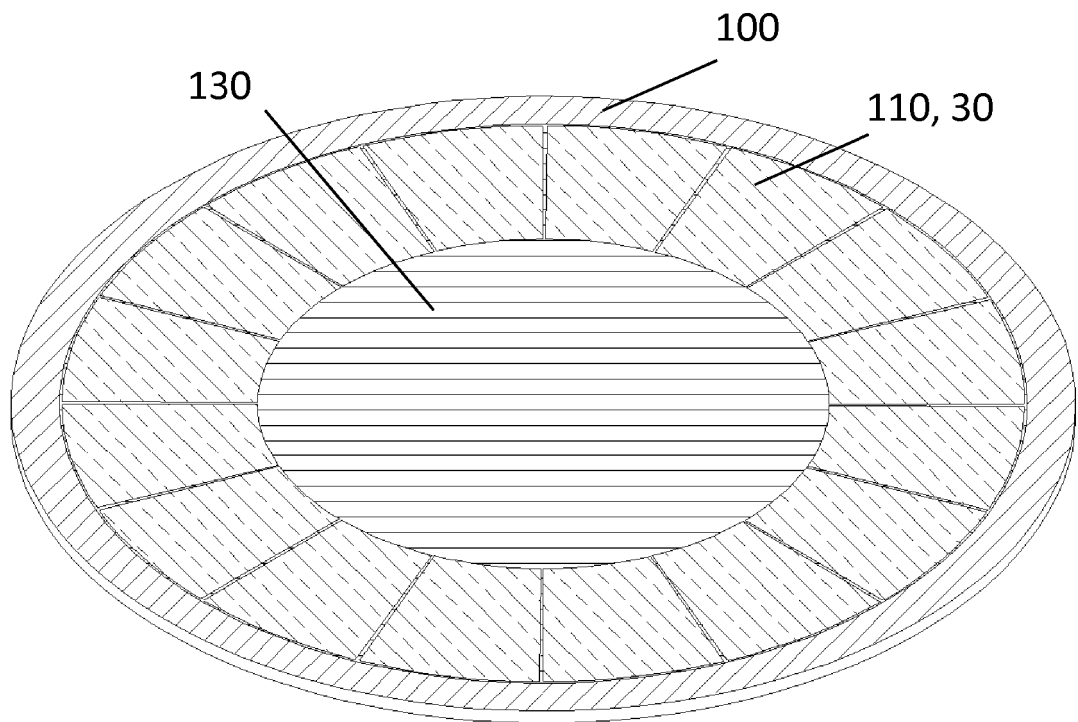


Fig. 12

200

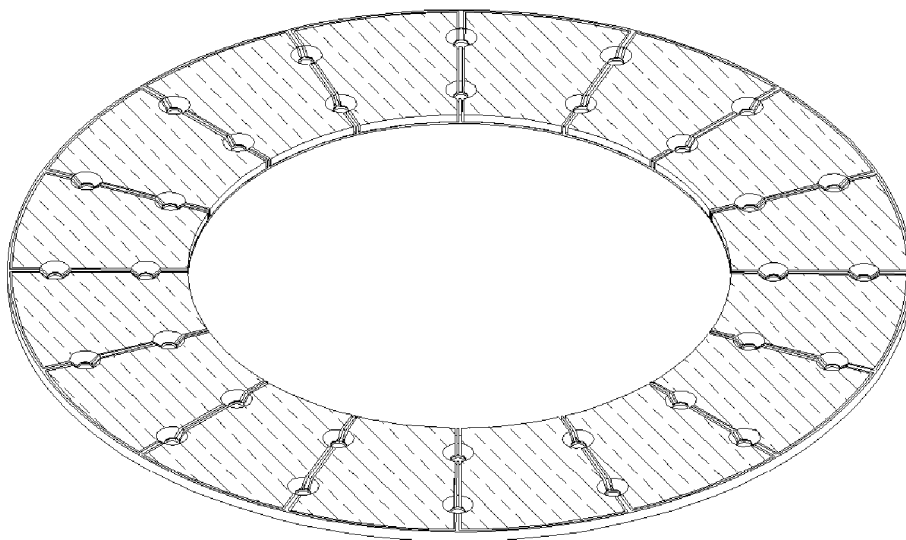


Fig. 13

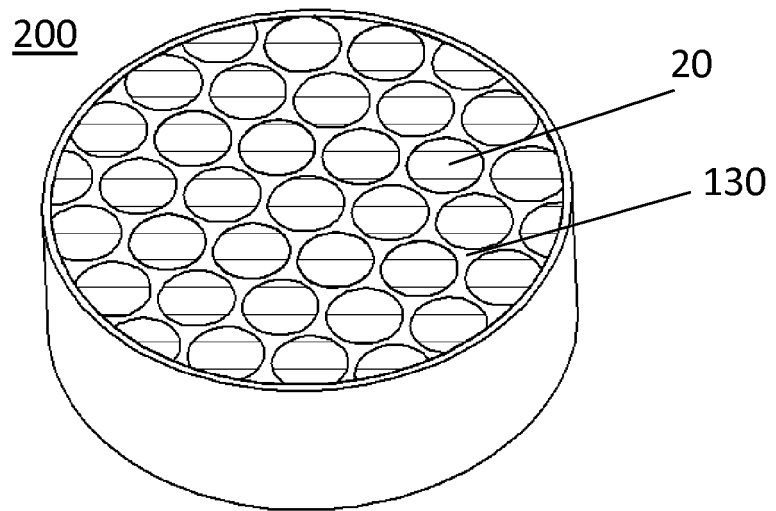


Fig. 14

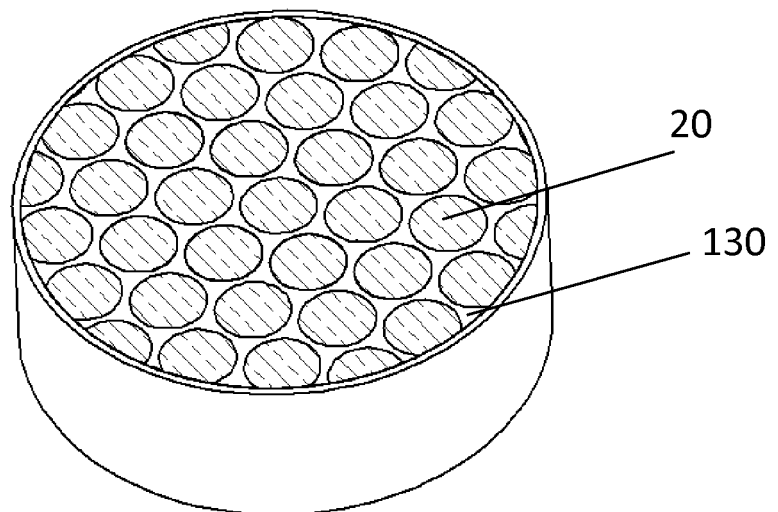


Fig. 15

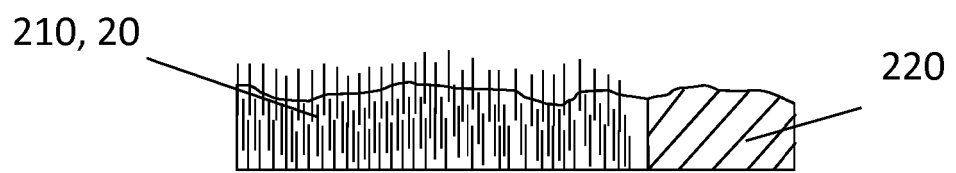


Fig. 16

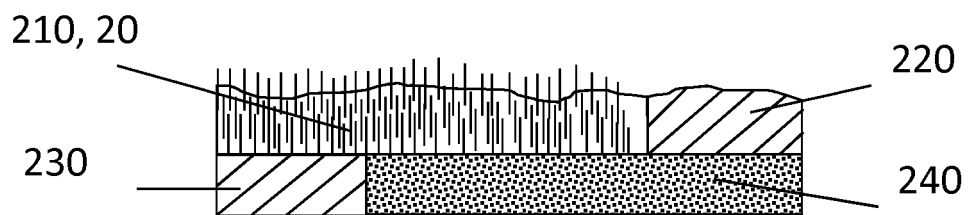
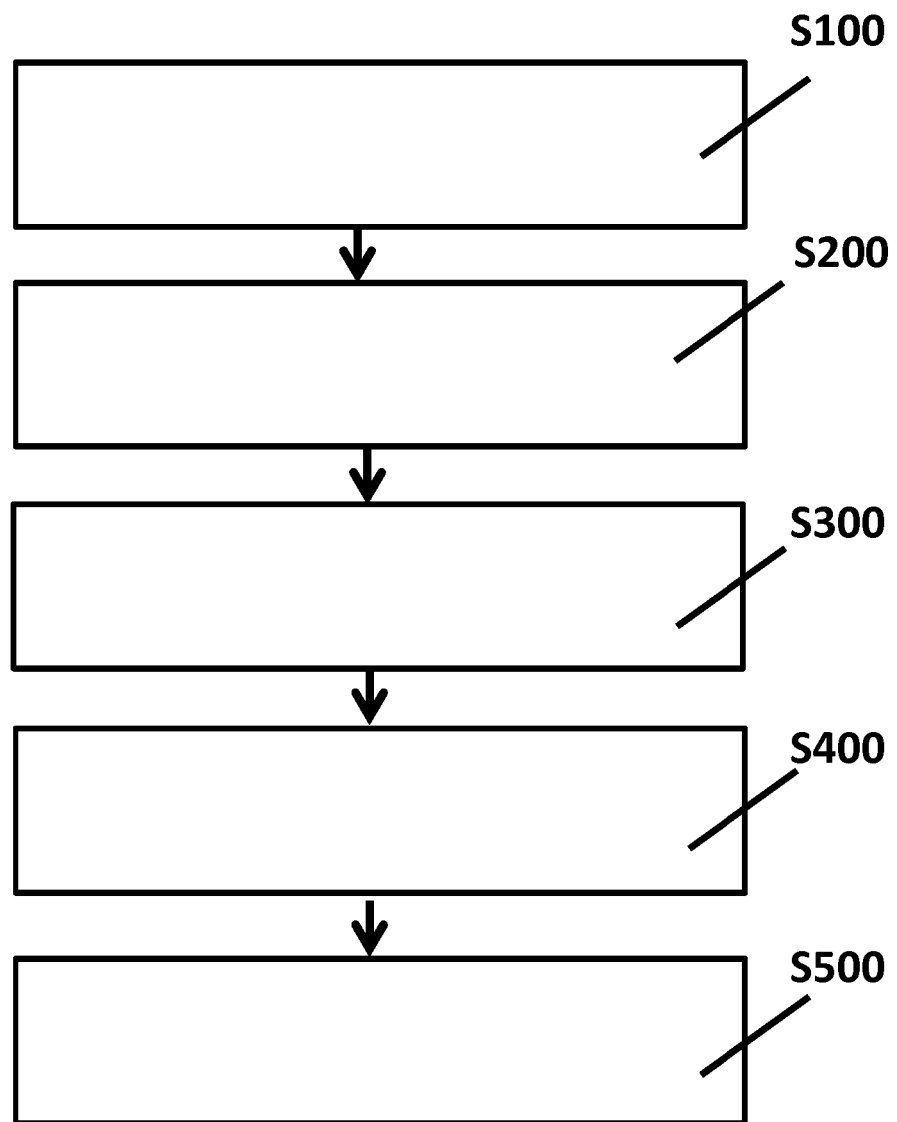


Fig. 17



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

- US 7416019 B [0005]
- EP 1806417 A1 [0005]