



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Patentschrift
10 DE 44 24 157 C 2

51 Int. Cl.⁶:
C 22 C 1/08
B 22 F 3/11

21 Aktenzeichen: P 44 24 157.7-24
22 Anmeldetag: 8. 7. 94
43 Offenlegungstag: 2. 2. 95
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 14. 8. 96

DE 44 24 157 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

30 Innere Priorität: 32 33 31
29.07.93 DE 43 25 538.8 21.01.94 DE 44 01 740.5

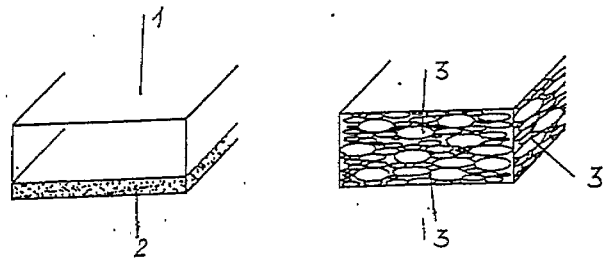
73 Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

72 Erfinder:
Baumeister, Joachim, Dipl.-Phys., 28777 Bremen,
DE; Banhart, John, Dr.rer.nat., 28201 Bremen, DE;
Weber, Markus, Dipl.-Ing., 28717 Bremen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 41 01 630 C2
DE 40 18 360 C1
STEMPEL, Günter: Hochporöse Sinterwerkstoffe, in:
VDI-Z, 1960, Nr. 27, S. 1302-1306, S. 1305 mittlere
Spalte, letzter Absatz bis rechte Spalte, 1. Absatz;

54 Verfahren zur Herstellung poröser metallischer Werkstoffe mit anisotropen thermischen und elektrischen Leitfähigkeiten

57 Verfahren zur Herstellung poröser, metallischer Werkstoffe mit anisotropen thermischen und elektrischen Leitfähigkeiten durch Aufschäumen von aufschäumbaren Materialien dadurch gekennzeichnet, daß der durch Temperatureinwirkung stattfindende Schäumvorgang abgebrochen wird.



DE 44 24 157 C 2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung poröser metallischer Werkstoffe mit anisotropen thermischen und elektrischen Leitfähigkeiten gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruches.

Hochporöse Metallschaumwerkstoffe besitzen als heterogene Gas-Metall-Verbundwerkstoffe gegenüber Massivmetallen stark reduzierte thermische und elektrische Leitfähigkeiten. Die Leitfähigkeiten sind von der relativen Dichte (Anteil der Poren im Werkstoff) und von den Leitfähigkeiten der metallischen Komponente abhängig. Die elektrischen und thermischen Leitfähigkeiten hängen grundsätzlich von den Leitfähigkeiten des Matrixmaterials und des in den Poren befindlichen Gases ab. Die Wärmeleitung kann zusätzlich durch Konvektion und Wärmestrahlung innerhalb des Metallschaumstoffes beeinflusst werden. Bei den metallischen Schaumwerkstoffen ist die Wärmeleitfähigkeit durch das in den Poren befindliche Gas vernachlässigbar klein gegenüber der Wärmeleitung über die metallischen Zellstege. Auch die Wärmeleitung durch Konvektion und Wärmestrahlung erreicht Werte, die im Vergleich zur Wärmeleitung durch das metallische Gerüst vernachlässigbar klein sind. Bei der Betrachtung der elektrischen Leitfähigkeit ist der Leitungseinfluß des Gases in den Poren um viele Größenordnungen kleiner als der des metallischen Gerüsts und kann daher vernachlässigt werden.

Aus der DE-PS 40 18 360 und der DE-PS 41 01 630 sind Verfahren bekannt, nach denen die Herstellung eines porösen Metallkörpers auf der Basis von Mischungen von Metallpulvern und gasabspaltenden Treibmitteln möglich ist. Bei diesen Verfahren liegt nach einem Heißkompaktierungsschritt der Pulvermischung ein aufschäumbares Material vor. Dieses Material kann in einem anschließenden Aufschäumvorgang durch Temperatureinwirkung zu einem hochporösen Metallschaumkörper aufgeschäumt werden. Die Porengröße und Form der Poren der so hergestellten porösen Materialien ist weitgehend isotrop und einheitlich. Nach dem in der DE 41 01 630 beschriebenen Verfahren werden während des Aufschäumvorgangs die äußeren Schichten, d. h. die Körperoberfläche gekühlt, um eine erhöhte Dichte des Werkstoffes zu erhalten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines leichtgewichtigen metallischen Werkstoffes anzugeben, der anisotrope, thermische und elektrische Leitfähigkeiten bei ausgezeichneter Wärmebeständigkeit sowie guten Festigkeits- und schalldämmenden Eigenschaften aufweist.

Es hat sich herausgestellt, daß die in den Ansprüchen 1 bis 3 angegebenen Verfahren diese Aufgabe lösen. Die nach diesen Verfahren hergestellten Werkstoffe weisen gegenüber Werkstoffen mit isotropen Leitfähigkeiten, d. h. gegenüber Werkstoffen mit einer gleichmäßigen Porengröße in Richtung der Längsachse der Poren eine erhöhte Leitfähigkeit und stark reduzierte Leitfähigkeit in Richtung der Querachse der elongierten Poren auf.

Gemäß Anspruch 1 ist ein Verfahren angegeben, nach dem ein poröser metallischer Werkstoff mit stark elongierten Poren dadurch hergestellt werden kann, daß der durch Temperatureinwirkung stattfindende Aufschäumvorgang eines aufschäumbaren Materials oder einer schäumenden Schmelze abgebrochen wird. Dies führt zu flachen, stark elongierten Poren mit hohem L/D-Verhältnis. Dabei liegt die längere Hauptachse der Poren während der Expansion des aufschäumbaren Ma-

terials stets senkrecht zur Kompaktierungsrichtung. Bei Flachmaterial liegt sie dann stets in der Blechebene. Insbesondere bei der Herstellung von Flachmaterial ordnen sich die Gefügebestandteile zeilig an. Diese Gefügestruktur führt dazu, daß bei einer unvollständigen Expansion des aufschäumbaren Materials, d. h. bei einem frühen Abbruch des Schäumvorganges keine isotrope Porenstruktur entsteht, sondern sich stark elongierte Porenstrukturen ausbilden.

Im Anspruch 2 ist ein Verfahren angegeben, nach dem das Aufschäumen des aufschäumbaren Materials unterhalb der Solidustemperatur stattfindet, d. h. die Schäumtemperatur ist sehr niedrig. Bei diesem Verfahren sind die gleichen Vorgänge maßgebend wie beim oben angegebenen Verfahren mit dem frühen Abbruch des Schäumvorganges.

Das im Anspruch 3 angegebene Verfahren wird so durchgeführt, daß die Werkstoffe aus hochporösen Metallschäumen mit isotropen Eigenschaften in einem Formgebungsprozeß, in dem der Werkstoff plastisch verformt wird, hergestellt werden können. Der Formgebungsprozeß kann ein Walz-, Preß-, Stauch- oder ein Schmiedevorgang sein, d. h. es sind alle herkömmlichen Formgebungsverfahren in denen der Werkstoff plastisch verformt wird geeignet. Bei diesen Vorgängen wird der zelluläre Körper so verformt, daß die Hauptverformungsrichtung parallel zur Werkstoffausdehnung mit der gewünschten niedrigeren Leitfähigkeit liegt. Senkrecht zur Umformrichtung tritt eine erhöhte Leitfähigkeit auf, da die Zahl der leitfähigen Membrane oder Zellstege pro Flächeneinheit durch den Umformvorgang erhöht wird. Dagegen bleibt die Leitfähigkeit parallel zur Umformrichtung im Vergleich zu dem porösen Ausgangswerkstoff mit isotropen Eigenschaften nahezu unverändert. Während des Umformvorganges werden die ursprünglich parallel zur Verformungsrichtung orientierten Zellwände der Poren aufgrund ihrer geringen Dicke nicht gestaucht, sondern sie knicken, bzw. falten sich senkrecht zur Leitrichtung ein. Die ursprüngliche effektive Leitstrecke parallel zur Verformungsrichtung bleibt trotz der erhöhten Dichte annähernd erhalten. Ein maximaler Verformungsgrad, der sowohl von der Ausgangsdichte und der Porenmorphologie als auch von Matrixmaterial des zu verformenden metallischen Schaumwerkstoffes abhängig ist, darf jedoch nicht überschritten werden, um zu gewährleisten, daß sich die Zellwände nach der Verformung nicht berühren und keine leitenden Brücken bilden. Daneben können die ursprünglich parallel zur Stauchrichtung orientierten Zellstege bei der Verformung brechen oder reißen. Dies führt dazu, daß die Anzahl der für die Leitung durchgängig zur Verfügung stehenden Stege reduziert wird und die Leitfähigkeit weiter abnimmt. Als verstärkend für diesen Effekt wirkt die Integration von Komponenten (z. B. Keramik- oder Hartmetallpartikeln, Kurzfasern etc.), die als Rißstarter während der Deformation dienen können. Nichtleitende, in das metallische Gerüst integrierte Partikel bieten weiterhin den Vorteil, daß der spezifische Widerstand der Stege noch erhöht und somit die Gesamtleitfähigkeit des Werkstoffes weiter reduziert wird.

Der erfindungsgemäße Werkstoff ist in verschiedenen Verwendungsbereichen einsetzbar:

Er kann z. B. im Automobilbereich als Hitzeschutzschild eingesetzt werden, um temperaturempfindliche Teile vor der Hitzeeinwirkung zu schützen. Solche Hitzeschutzschilder können mit einem gezielt einstellbaren Wärmedurchgang in Dickenrichtung hergestellt wer-

den. Generell finden die erfindungsgemäßen Werkstoffe auch dort Anwendung, wo eine gleichmäßige Temperaturverteilung an der Oberfläche von Gegenständen oder Wandungen erwünscht ist. Wird das Material beispielsweise in Kochgeräten verwendet, so führt die stark unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit dazu, daß die zugeführte Wärmemenge schnell und gleichmäßig im Kochgerät verteilt wird, wodurch ein Anbrennen des Gargutes verhindert wird.

Die Verfahren zur Herstellung des erfindungsgemäßen Werkstoffes werden anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Schäumvorganges in einer Form und Einförmung der Poren unter Formzwang;

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Porenstruktur nach Abbruch des Schäumvorganges eines aufschäumbaren Materials;

Fig. 3 eine Darstellung einer expandierten Porenstruktur nach dem Stauchen von schematisierten kubischen Einheitszellen.

In **Fig. 1** ist schematisch ein Schäumvorgang in einer Form **1** dargestellt, wobei die freie Expansion des Schaumes **2** durch die Formwandungen, insbesondere in vertikaler Richtung behindert wird. Durch den sich dadurch aufbauenden Druck werden die Poren **3** oval eingeformt.

In **Fig. 2** ist eine ovale Struktur der Poren **4** dargestellt, welche durch einen frühen Abbruch des Schäumvorganges eines aufschäumbaren Materials **5** zustande gekommen ist.

In **Fig. 3** ist schematisch eine expandierte Porenstruktur eines geschäumten Materials nach dem Stauchen anhand von schematisierten kubischen Einheitszellen dargestellt. Eine ellipsoidartige Einförmung der Zellen **6** verläuft so, daß die kürzere Hauptachse parallel zur geringeren Leitfähigkeitsrichtung liegt. Einige der Zellen **7** können auch gerissene oder gebrochene Zellstege **8** aufweisen, wodurch die Leitfähigkeit in diese Richtung weiter abnimmt.

daß die Poren elongiert sind.

6. Verwendung des Werkstoffes nach Anspruch 5 als Hitzeschutzschild in Automobilen.

7. Verwendung des Werkstoffes nach Anspruch 5 in Wandungen von Geräten mit einer gleichmäßigen Temperaturverteilung an deren Oberfläche.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung poröser, metallischer Werkstoffe mit anisotropen thermischen und elektrischen Leitfähigkeiten durch Aufschäumen von aufschäumbaren Materialien **dadurch gekennzeichnet**, daß der durch Temperatureinwirkung stattfindende Schäumvorgang abgebrochen wird.
2. Verfahren zur Herstellung poröser, metallischer Werkstoffe mit anisotropen thermischen und elektrischen Leitfähigkeiten durch Aufschäumen von aufschäumbaren Materialien dadurch gekennzeichnet, daß der Schäumvorgang unterhalb der Solidustemperatur stattfindet.
3. Verfahren zur Herstellung poröser, metallischer Werkstoffe mit anisotropen thermischen und elektrischen Leitfähigkeiten durch Aufschäumen von aufschäumbaren Materialien dadurch gekennzeichnet, daß das bereits geschäumte, poröse Material in einem Formgebungsprozeß plastisch verformt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Umformung durch Walzen, Pressen oder Schmieden erfolgt.
5. Poröser, metallischer Werkstoff mit anisotropen Eigenschaften hergestellt im Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

- Leerseite -

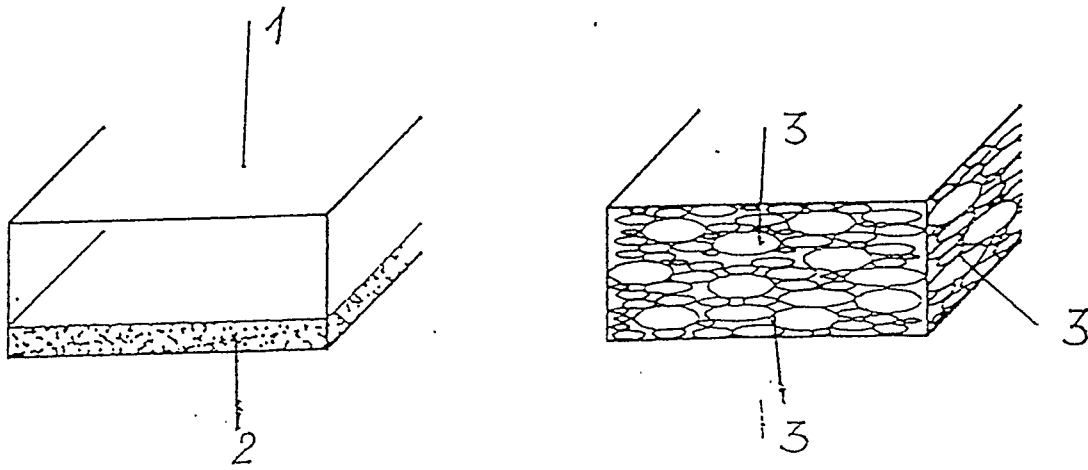


Fig. 1

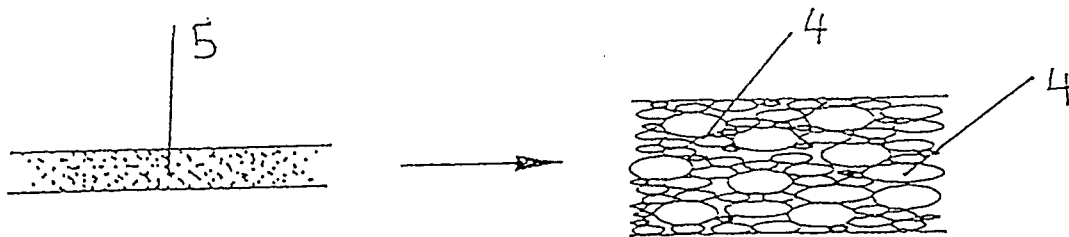


Fig. 2

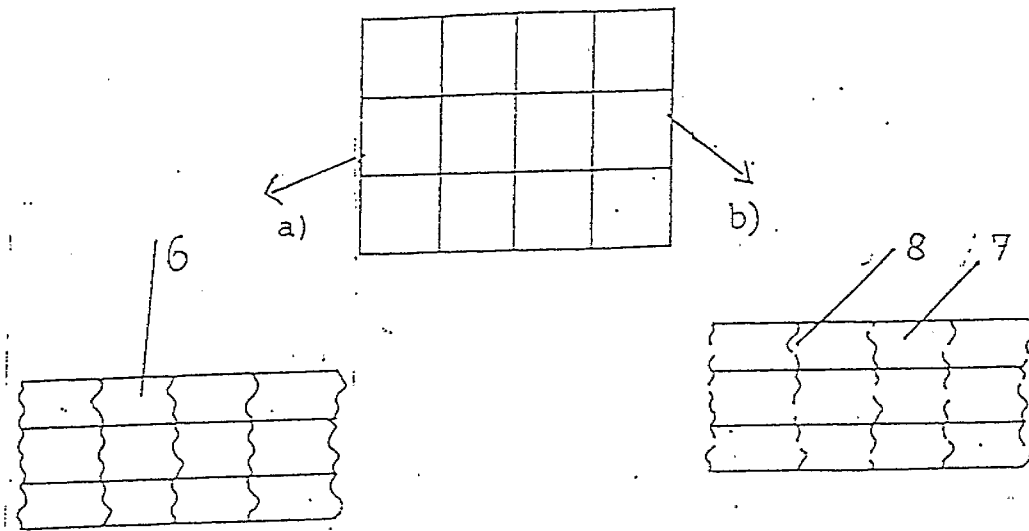


Fig. 3