



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 557 819 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
27.07.2005 Patentblatt 2005/30

(51) Int Cl.7: **G10K 11/168**

(21) Anmeldenummer: **05400004.7**

(22) Anmeldetag: **14.01.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(30) Priorität: **16.01.2004 DE 102004003507**

(71) Anmelder:
• **Glatt Systemtechnik GmbH**
01277 Dresden (DE)
• **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Schneider, Lothar**
01640 Coswig (DE)

- **Waag, Ulf**
01187 Dresden (DE)
- **Stephani, Günter**
01454 Grosserkmannsdorf (DE)
- **Hungerbach, Wolfgang**
79379 Müllheim (DE)
- **Schneidereit, Hans**
01833 Stolpen (DE)
- **Kretzschmar, Ralf**
01309 Dresden (DE)

(74) Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner GbR**
Gostritzer Strasse 61-63
01217 Dresden (DE)

(54) **Schallabsorbierende Struktur**

(57) Die Erfindung betrifft schallabsorbierende Strukturen und ein Verfahren zur Herstellung von Strukturelementen, die hierfür eingesetzt werden können. Solche Strukturen können insbesondere bei Applikationen eingesetzt werden, bei denen eine Körperschall-dämpfung erreicht werden soll. Gleichzeitig soll neben der Möglichkeit einer Schalldämpfung auch der Leicht-

bauaspekt berücksichtigt werden. Die erfindungsgemäßen schallabsorbierenden Strukturelemente sind aus hohlen Strukturelementen gebildet, in denen innerhalb einer äußeren Schale frei bewegliche lose Festpartikel oder ein freibeweglicher Hohlkörper eingeschlossen sein sollen.

EP 1 557 819 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft schallabsorbierende Strukturen sowie ein Verfahren zur Herstellung von Strukturelementen, die bei den erfindungsgemäßen Strukturen eingesetzt werden. Die insbesondere für Applikationen, bei denen Körperschall auftritt und einer Dämpfung bedarf, angewendet werden kann.

[0002] Die Erfindung kann günstigerweise auch im mobilen Einsatz Anwendung finden, da neben schalldämpfenden Eigenschaften auch der Leichtbauaspekt berücksichtigt werden kann.

[0003] Für die Schalldämmung werden üblicherweise zusätzliche Dämmstoffe eingesetzt, die auf, unter oder auch zwischen tragende mechanische Elemente angeordnet bzw. angebracht werden. An sich geeignete und häufig genutzte Stoffe sind dabei geschäumte Kunststoffe oder Faserstrukturen.

[0004] In Fällen, bei denen solche Stoffe für die Schalldämmung eingesetzt werden, sind aber generell tragende mechanische Elemente erforderlich, die die wirkenden statischen und dynamischen Kräfte bzw. Momente mit ausreichender Festigkeit aufnehmen können.

[0005] Des Weiteren ist es bekannt, für die Schalldämmung hohle Elemente, wie beispielsweise Hohlkugeln einzusetzen. Dabei können solche Hohlkugeln als lose Schüttung, analog wie Faserstrukturen aber auch als stoffschlüssig miteinander verbundene Hohlkugeln schalldämmende Elemente bilden.

[0006] Solche Hohlkugeln oder auch Hohlkugelstrukturen können relativ gut Luftschall dämpfen und den Schallpegel reduzieren.

[0007] Im Falle von Körperschall ist deren schalldämmende Wirkung aber begrenzt.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, eine schalldämmende Struktur vorzuschlagen, mit der unter Berücksichtigung des Leichtbauaspektes auch eine verbesserte Schalldämmung erreichbar ist.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe mit schallabsorbierenden Strukturen, wie sie mit den Merkmalen des Anspruchs 1 definiert sind, gelöst. Die Patentansprüche 18 und 21 betreffen Verfahren zur Herstellung von hohlen Strukturelementen, mit denen erfindungsgemäße schallabsorbierende Strukturen ausgebildet werden können.

[0010] Zur Lösung dieser Aufgabe wird daher vorgeschlagen, schalldämmende Strukturen aus bzw. mit einzelnen Strukturelementen zu bilden, wobei diese einzelnen Strukturelemente einen von einer Schale umschlossenen Hohlraum aufweisen und innerhalb dieses Hohlraumes ein bestimmter Anteil an festen, nicht miteinander verbundenen Partikeln eingeschlossen ist. Die eingeschlossenen Partikel können sich innerhalb des Hohlraumes in den Strukturelementen bewegen, da sie quasi eine lose Schüttung bilden. In einer erfindungsgemäßen Alternative können aber auch Hohlkörper in Hohlräumen von Strukturelementen eingeschlossen sein.

[0011] Die Schalen solcher Strukturelemente können dabei vollständig geschlossen und dicht sein. Sie können aber auch eine bestimmte Porosität aufweisen, wobei lediglich gewährleistet sein soll, dass die im inneren Hohlraum eingeschlossenen festen Partikel nicht durch solche Schalen hindurchtreten können.

[0012] Die erfindungsgemäß einzusetzenden hohlen Strukturelemente gegebenenfalls auch die eingeschlossenen Hohlkörper können dabei die Form von sphärischen Hohlkugeln aufweisen. Sie können aber auch andere geometrische Konturen bilden. Für die Hohlkörper ist eine sphärische Gestaltung zu bevorzugen.

[0013] Der Einsatz der hohlen Strukturelemente kann, wie aus dem Stand der Technik bereits bekannt, ebenfalls als lose Schüttung, aber auch in Form eines stoffschlüssig erhaltenen festen Verbundes erfolgen, wobei im letztgenannten Fall leichte, selbsttragende schalldämmende Strukturen zur Verfügung gestellt werden können, die auch über ein gewisses Maß an mechanischer Festigkeit verfügen und in gewissen Grenzen tragende Eigenschaften erreichen.

[0014] So können beispielsweise Trennwände, Türelemente oder auch Fußböden von Fahrzeugen in dieser Form mit erfindungsgemäßen Strukturen hergestellt werden.

[0015] Die Wirkung der erfindungsgemäßen schallabsorbierenden Strukturen kann in relativ weiten Grenzen beeinflusst werden. Dabei sind beispielsweise der Füllgrad mit losen, festen Partikeln innerhalb der Hohlräume, die jeweilige Partikelgröße bzw. eine Partikelgrößenverteilung sowie die physikalische Dichte der Partikel geeignete Parameter.

[0016] Die Hohlräume der Strukturelemente sollten dabei möglichst mit losen festen Partikeln gefüllt sein, die mindestens ein Volumen von 5 % des von einer Schale umschlossenen Hohlraumes ausfüllen.

[0017] Die erfindungsgemäß für alle absorbierenden Strukturen einzusetzenden hohlen Strukturelemente können vorteilhaft in Form von Hohlkugeln ausgebildet sein, zumindest jedoch sollten Sie eine sphärische Oberfläche aufweisen. Solche Gestaltungsformen sind aber auch für die gegebenenfalls allein oder zusätzlich zu den festen losen Partikeln in hohlen Strukturelementen eingeschlossenen Hohlkörper geeignet.

[0018] Sphärische Strukturelemente können aber auch später verformt werden, wenn beispielsweise ein fester Verbund von Strukturelementen zu einem schallabsorbierenden Leichtbauteil gewünscht ist.

[0019] Die Strukturelemente können äußere Abmessungen/Durchmesser im Bereich 0,5 bis 30 mm und Schalendicken im Bereich 10 bis 3000 µm aufweisen.

[0020] Die hohlen Strukturelemente können, wie bereits angesprochen, in Form einer losen Schüttung eine schallabsorbierende Struktur ausbilden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, hohle Strukturelemente stoffschlüssig miteinander zu verbinden, was durch Kleben, Löten oder Versintern, erreichbar ist. Hohle Strukturele-

mente nach der Erfindung können aber auch innerhalb einer Matrix vergossen sein, was beispielsweise mit einem geeigneten aushärtbaren Kunststoff oder einem relativ niedrig schmelzenden Metall möglich wird.

[0021] Bei der Herstellung hohler Strukturelemente, in denen lose frei bewegliche Partikel enthalten sind, sollten die festen Partikel, die in einer Schicht, die unmittelbar auf der Oberfläche des polymeren Kerns ausgebildet ist, möglichst im Anschluss an das Austreiben der organischen Komponenten (z.B. Pyrolyse) zerfallen. Dadurch werden die losen frei beweglichen Partikel vor dem zur Ausbildung der Schale von hohlen Strukturelementen führenden Sintern frei gegeben. Dementsprechend soll eine Auswahl eines hierfür geeigneten Werkstoffes für die pulverförmigen Partikel, die in der unmittelbar auf der Oberfläche des polymeren Kerns ausgebildeten Schicht enthalten sind, die jeweiligen Sintertemperaturen berücksichtigen. So kann ein Werkstoff für die pulverförmigen Partikel in dieser Schicht ausgewählt werden, der eine deutlich höhere Sinteremperatur aufweist, als die pulverförmigen Partikel die zur Ausbildung der Schale hohler Strukturelemente durch Sintern führen. Hierfür sollten Werkstoffe von pulverförmigen Partikeln eingesetzt werden, deren Sinteremperatur um mindestens 100 K, bevorzugt um mindestens 200 K abweicht.

[0022] Die Freisetzung der Partikel aus der unmittelbar auf der Oberfläche des polymeren Kerns ausgebildeten Schicht bei einer Wärmebehandlung kann auch dadurch unterstützt werden, indem ein hoher Anteil platzhaltender, bevorzugt organischer Binderkomponenten gemeinsam mit pulverförmigen Partikeln diese Schicht bilden.

[0023] In dieser Phase der Herstellung von hohlen Strukturelementen sollte auch berücksichtigt werden, dass üblicherweise beim Sintern eine Schrumpfung/Schwindung auftritt, die zu einer Reduzierung des Volumens und dementsprechend auch der Größe/des Durchmessers der Schale hohler Strukturelemente führt. Dementsprechend sollte die innere Schicht, die unmittelbar auf dem polymeren Kern aufgebracht worden war, möglichst vorab zerfallen sein und keine eigene innere Schale gebildet haben, die in unmittelbarem Kontakt mit der die äußere Schale durch Versintern bildenden äußeren Schicht während des eigentlichen Sintervorganges stehen, so dass keine Eigenspannungen an solchen Schalen ausgebildet werden und auch eine Rissbildung an Schalen von hohlen Strukturelementen vermieden werden kann.

[0024] Die in hohlen Strukturelementen enthaltenen frei beweglichen festen Partikel oder Hohlkörper, sollten aus einem für den Werkstoff, der letztendlich die Schale hohler Strukturelemente ausbildet, inerten Werkstoffen gebildet sein und auch keinerlei andere Affinitäten zu diesem Werkstoff aufweisen.

[0025] Geeignete Werkstoffe sind beispielsweise Carbide, Nitride, Oxide, Silizide oder Aluminide, die auch als Mischung in Strukturelementen enthalten sein

können. Sie sollten jedoch die erwähnten erhöhten Sinter- und Schmelztemperaturen einhalten.

[0026] Die Partikel können bevorzugt aus geeigneten Oxiden, wie beispielsweise Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 oder Y_2O_3 gebildet sein, wobei hier die jeweiligen Sintertemperaturen über vielen geeigneten Metallen oder Metalllegierungen, die für die Ausbildung von Schalen hohler Strukturelemente auf pulvermetallurgischem Wege geeignet sind, liegen.

[0027] Solche Partikel, die in hohlen Strukturelementen lose und frei beweglich enthalten sein können, können aber auch geeignete Silikate, wie beispielsweise Kaolin sein.

[0028] Die eingesetzten pulverförmigen Ausgangspartikel für die unmittelbar auf dem polymeren Kern ausgebildete Schicht, können mit Partikelgrößen im Bereich von 5 nm bis hin zu 500 μm eingesetzt werden. Partikel mit Größen oberhalb 100 μm können bevorzugt in Kerne eingebettet werden, die durch Extrusion, Pulvergranulation oder Pelletierung hergestellt worden sind, wobei für Möglichkeiten hierzu noch weitere Erklärungen nachfolgend gegeben werden.

[0029] Bei erfindungsgemäßen schalldämmenden Strukturen können aber auch vollständig hohle Strukturelemente in Verbindung mit den erfindungsgemäß feste Partikel und/oder Hohlkörper enthaltenden hohlen Strukturelemente eingesetzt werden, so dass in gewissen Grenzen eine Massereduzierung erreicht werden kann.

[0030] Die physikalische Dichte von erfindungsgemäßen schallabsorbierenden Strukturen kann $\leq 1 \text{ g/cm}^3$ gehalten werden.

[0031] Es bestehen mehrere Möglichkeiten solche hohlen, feste Partikel enthaltenden Strukturelemente herzustellen.

[0032] So kann beispielsweise so vorgegangen werden, dass auf einen Kern, aus einem organischen bevorzugt polymeren Stoff, beispielsweise Polystyren eine mehrschichtige Beschichtung aufgebracht wird, wobei dann nachfolgend zumindest mittels der obersten Schicht die letztendliche äußere Schale der hohlen Strukturelemente gebildet werden kann.

[0033] In einzelnen Schichten einer solchen Beschichtung sind dann pulverförmige Partikel enthalten. Dabei sind die pulverförmigen Partikel, die die Schalen der hohlen Strukturelemente bilden sollen, aus einem sinterbaren Werkstoff (Metall, Keramik) gebildet. Die pulverförmigen Partikel, die zumindest in der unmittelbar auf dem Kern ausgebildeten Schicht enthalten sind, sind im Gegensatz dazu aber aus einem Werkstoff, der schlechter bzw. bei deutlich höheren Temperaturen, als der eigentliche Schalenwerkstoff gesintert werden kann, gebildet.

[0034] Die entsprechend beschichteten Kerne werden dann nachfolgend in an sich bekannter Form einer thermischen Behandlung unterzogen, wobei in einem ersten Schritt, gegebenenfalls nach einer vorab Trocknung, die organischen Komponenten ausgetrieben wer-

den (z.B. Pyrolyse). Nachfolgend wird dann die Temperatur erhöht und es erfolgt zur Ausbildung der geschlossenen Schalen eine Sinterung, die dann zum Einschließen der nicht miteinander versinterten festen Partikel innerhalb der von Schalen umschlossenen Hohlräume führt.

[0035] Für die Herstellung von hohlen Strukturelementen, in denen Hohlkörper frei beweglich enthalten sind, können in der unmittelbar auf dem polymeren Kern ausgebildeten Schicht pulverförmige Partikel mit hoher Sinteraktivität enthalten sein, die auch eine kleinere Partikelgröße aufweisen können, als die pulverförmigen Partikel, die durch Sintern zur Ausbildung der Schale der hohlen Strukturelemente eingesetzt worden sind.

[0036] So können die in hohlen Strukturelementen frei beweglich angeordneten Hohlkörper aus sinteraktiven Metallverbindungen, bevorzugt Oxiden ausgewählt aus Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CuO , NiO , MoO_3 , WO_3 und CoO ausgebildet werden, wobei die jeweilige Partikelgröße kleiner als $30\text{ }\mu\text{m}$, bevorzugt kleiner als $1\text{ }\mu\text{m}$ gewählt werden kann.

[0037] In der auf einer Schicht, die unmittelbar auf dem Kern ausgebildeten Schicht ausgebildet ist, enthaltenden pulverförmigen Partikel, die beim Sintern die Schale der hohlen Strukturelemente bilden, können bevorzugt Metallpulver sein, wie beispielsweise Eisen mit Kupfer, wobei das Kupfer in eine Eisenschale infiltriert werden kann. Die Partikelgröße dieser Metallpulver sollte mindestens bei $30\text{ }\mu\text{m}$ gehalten werden.

[0038] Im Anschluss an die Ausbildung der aus mindestens zwei Schichten gebildeten Beschichtung durchzuführenden Wärmebehandlung werden dann wieder, wie bereits angesprochen, zuerst organische Komponenten ausgetrieben und es erfolgt im Anschluss daran die Ausbildung eines Hohlkörpers durch Sintern der pulverförmigen Partikel, die in der unmittelbar auf dem polymeren Kern ausgebildeten Schicht enthalten waren. Unterstützt durch die kleinere Partikelgröße, der in dieser Schicht enthaltenden Partikel reduzieren sich das Volumen und dementsprechend auch die äußeren Abmessungen des Hohlkörpers deutlich mehr, als dies bei der nachfolgenden Sinterung der pulverförmigen Partikel, die in der äußeren Schicht enthalten sind und die Schale der hohlen Strukturelemente bilden. Nach dem Sintern sind dementsprechend die äußeren Abmessungen des jeweiligen Hohlkörpers innerhalb der Schale hohler Strukturelemente kleiner als deren inneres Volumen, so dass eine freie Beweglichkeit der jeweiligen Hohlkörper innerhalb der hohlen Strukturelemente gegeben ist.

[0039] Durch die Auswahl geeigneter Pulver und die Einstellung einer gezielten Konsistenz für die Schichten, die die Beschichtung auf dem polymeren Kern bilden, kann Einfluss auf die Schalendicke und die bereits eingangs erwähnten Parameter sowie den Füllgrad innerhalb der Hohlräume mit festen, losen Partikeln genommen werden. Selbstverständlich können auch die Schalendicke der hohlen Strukturelemente und deren

äußere und innere Abmessungen entsprechend beeinflusst werden, so dass auch die Gesamtmasse der hohlen Strukturen und das Masseverhältnis Partikel: Schale einstellbar sind.

[0040] Vorteilhaft sollte die Masse von in hohlen Strukturelementen enthaltenen Partikeln oder Hohlkörpern s der Masse der jeweiligen Schale eines Strukturelementes sein.

[0041] Die erfindungsgemäß zu verwendenden hohlen Strukturelemente können aber auch so hergestellt werden, dass die Kerne, die nachfolgend beschichtet werden sollen, aus einer Mischung von festen Partikeln und einem organischen Stoff bzw. Stoffgemisch hergestellt werden. Als organische Stoffe oder Stoffgemische können an sich bekannte und geeignete organische Binder/Kunststoffe eingesetzt werden. Die Herstellung solcher Kerne kann beispielsweise mit Hilfe eines Extruders erfolgen. Dabei kann das Extrudat durch eine entsprechend gestaltete Matrize gepresst werden und eine gewünschte geometrische Gestalt annehmen. Der aus der Matrize austretende Strang kann dann in einzelne Teile auf entsprechende Länge geschnitten werden.

[0042] Kerne, die Partikel enthalten, können aber auch durch Pulvergranulation und anderen Pelletierverfahren hergestellt werden.

[0043] In bestimmten Fällen können die so hergestellten und gegebenenfalls auf eine bestimmte Länge geschnittenen Kerne auch in an sich bekannter Form verroundet werden, so dass sie eine nahezu vollständige sphärische Gestalt annehmen können.

[0044] Die so hergestellten Kerne werden dann mit mindestens einer Schicht überzogen, in der ein sinterbarer pulverförmiger Werkstoff enthalten ist.

[0045] Nachfolgend kann dann eine Temperaturbehandlung, die wie bereits beschrieben durchgeführt wird, erfolgen. Durch einen ersten Prozessschritt (z.B. Pyrolyse) werden dabei die organischen Komponenten aus dem Kern und gegebenenfalls auch aus der Deckschicht ausgetrieben und nachfolgend erfolgt dann wiederum zur Ausbildung der Schalen der hohlen Strukturelemente das Sintern.

[0046] Neben den angesprochenen schallabsorbierenden Eigenschaften können mit erfindungsgemäßen Strukturen auch mechanische Schwingungen gedämpft werden.

[0047] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Beispielen erläutert werden.

Beispiel 1:

[0048] 3 Liter sphärische Kerne aus vorgeschäumtem expandierbaren Polystyren (EPS), deren mittlerer Durchmesser $5,7\text{ mm}$ betrug, wurden mit einer ersten Schicht beschichtet. Diese Beschichtung bestand aus 70 Vol.-% Aluminiumoxidpulver mit einer Partikelgröße im Bereich von $2\text{ bis }40\text{ }\mu\text{m}$ und 30 Vol.-% Zinkstearatpulver in einer wässrigen PVA-(Polyvinylalkohol)Bin-

derlösung. Es wurden insgesamt 870 g Aluminiumoxidpulver aufgetragen. Im Anschluss an die Ausbildung dieser ersten Schicht unmittelbar auf der Oberfläche der Kerne wurde eine weitere Schicht aufgebracht, die aus einer wässrigen PVA (Polyvinylalkohol)-Binderlösung sowie Carbonyl-Eisenpulver mit einer mittleren Partikelgröße von 6 µm gebildet ist. Dabei wurden insgesamt 430 g Carbonyl-Eisenpulver auf die bereits mit Aluminiumoxidpulver beschichteten Kerne aufgetragen.

[0049] Im Anschluss erfolgte eine Wärmebehandlung zum Austreiben der organischen Komponenten und durch Sinterung der Ausbildung einer äußeren geschlossenen Schale von hohlen Strukturelementen in einer Schutzgasatmosphäre bei einer Maximaltemperatur von 1120 °C.

[0050] Im Anschluss an die Wärmebehandlung wurden hohle Eisenstrukturelemente, in denen frei bewegliche lose feste Partikel aus Aluminiumoxid eingeschlossen waren, erhalten. Die Schüttdichte der befüllten Kugeln betrug 0,44 g/cm³ und der Füllgrad der gesinterten Hohlkugeln mit Aluminiumoxid betrug dabei ca. 20 bis 25 % bei einem mittleren Kugeldurchmesser von 5,4 mm.

Beispiel 2:

[0051] 2 Liter vorgeschäumte Polystyrenkerne mit einem Durchmesser von 2,9 mm wurden mit einer Mischung, bestehend aus 75 Vol.-% Magnesiumoxidpulver mit einer Partikelgröße im Bereich von 1 bis 15 µm und 30 Vol.-% Polyethylenglykol mit einer Schmelztemperatur oberhalb 80 °C in einer wässrigen Binderlösung beschichtet. Es wurden insgesamt 280 g Magnesiumoxidpulver aufgetragen.

[0052] Auf dieser unmittelbar auf die Kerne aufgetragenen Schicht wurde eine Trennschicht aus Polyethylenglykol mit einer Schmelztemperatur oberhalb 80 °C, die frei von Partikeln gehalten ist, mit einer Dicke von ca. 80 µm aufgebracht.

[0053] Auf diese Trennschicht wurde wiederum eine für die Ausbildung einer Schale der Strukturelemente geeignete äußere Schicht aufgebracht. Auf die bereits mit Magnesiumoxid beschichteten Kerne wurden 680 g Carbonyl-Eisen in einer wässrigen PVA-Suspension aufgetragen.

[0054] Nach der Ausbildung dieser aus drei einzelnen Schichten bestehenden Beschichtung erfolgte wiederum eine Wärmebehandlung zum Austreiben der organischen Komponenten und dem Sintern der äußeren Schale aus legiertem Eisen in einer Schutzgasatmosphäre bei einer Temperatur von maximal 1250 °C.

[0055] Die so hergestellten hohlen Strukturelemente bildeten dann Magnesiumoxidpartikel in loser frei beweglicher Form enthaltene Hohlkugeln. Der mittlere Durchmesser der gesinterten Kugeln betrug 2,8 mm bei einer Schüttdichte von 0,5 g/cm³. Der Füllgrad der Hohlkugeln mit Magnesiumoxid betrug ca. 20 bis 25 % des Innenvolumens.

Patentansprüche

1. Schallabsorbierende Struktur, die mit hohlen Strukturelementen gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** in hohlen Strukturelementen innerhalb einer äußeren Schale frei bewegliche lose feste Partikel oder ein frei beweglicher Hohlkörper eingeschlossen sind/ist.

1. Struktur nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur vollständig aus feste Partikel und/oder Hohlkörper enthaltenden hohlen Strukturelementen gebildet ist.

2. Struktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hohlen Strukturelemente eine lose Schüttung bilden.

3. Struktur nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hohlen Strukturelemente stoffschlüssig miteinander verbunden sind.

4. Struktur nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hohlen Strukturelemente durch Kleben, Löten oder Sintern miteinander verbunden bzw. innerhalb einer Matrix vergossen sind.

5. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die hohlen Strukturelemente als Hohlkugeln ausgebildet sind.

6. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strukturelemente äußere Abmessungen zwischen 0,5 und 30 mm aufweisen.

7. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schalendicke zwischen 10 und 3000 µm eingehalten ist.

8. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikelgröße zwischen 5 nm und 500 µm liegt.

9. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die eingeschlossenen Hohlkörper als Hohlkugeln ausgebildet sind.

10. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schale von hohlen Strukturelementen aus einem Metall, einer Metalllegierung oder einer Keramik gebildet ist.

11. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** feste lose Partikel innerhalb hohler Strukturelemente aus einem Werkstoff mit höherer Sinter Temperatur, als der Werkstoff, aus dem die Schale der hohlen Strukturelemente gebildet ist, gebildet sind. 5

12. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innerhalb einer Schale von hohlen Strukturelementen enthaltenen Partikel aus einem gegenüber dem Schalenwerkstoff inerten Werkstoff gebildet sind. 10

13. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikel aus einem Carbide, Nitrid, Oxid, Silizid und/oder Aluminid gebildet sind. 15

14. Struktur nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Oxid ausgewählt aus Al_2O_3 , ZrO_2 , Y_2O_3 und MgO ist. 20

15. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb hohler Strukturelemente aus einem Silikat gebildete Partikel enthalten sind. 25

16. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innerhalb hohler Strukturelemente enthaltenen Partikel mindestens 5 % des Innenvolumens eines jeweiligen hohlen Strukturelementes ausfüllen. 30

17. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein innerhalb eines hohlen Strukturelementes enthaltener Hohlkörper aus einem Oxid, ausgewählt aus Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , CoO , NiO , MoO_3 , WO_3 und CuO gebildet ist. 35

18. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur eine physikalische Dichte $\leq 1 \text{ g/cm}^3$ aufweist. 40

19. Verfahren zur Herstellung von hohlen Strukturelementen für schallabsorbierende Strukturen nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einen Kern aus einem organischen Stoff eine aus mindestens zwei übereinander ausgebildeten Einzelschichten gebildete Beschichtung aufgebracht wird, dabei in der unmittelbar auf der Oberfläche des Kerns aufgetragenen Schicht feste Partikel eines Stoffes enthalten sind, die aus einem Werkstoff mit höherer Sinter Temperatur gebildet sind, als Partikel eines Werkstoffes, die in einer weiteren aufgetragenen Schicht enthalten sind, 45

im Anschluss an die Beschichtung eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, bei der zuerst die organischen Bestandteile ausgetrieben, die pulverförmigen Partikel der vorab unmittelbar auf dem Kern ausgebildeten Schicht freigegeben und die pulverförmigen Partikel der äußeren Schicht zu einer Schale versintert werden.

20. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sinter Temperatur der pulverförmigen Partikel, die in der unmittelbar auf dem Kern ausgebildeten Schicht enthalten sind, mindestens 100 °K höher, als die Sinter Temperatur von pulverförmigen Partikeln, in der die äußere Schale bildenden Schicht ist.

21. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der unmittelbar auf dem Kern aufgetragenen Schicht pulverförmige Partikel aus unterschiedlichen Werkstoffen und/oder mit unterschiedlicher Partikelgröße enthalten sind.

22. Verfahren zur Herstellung von hohlen Strukturelementen für schallabsorbierende Strukturen nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf einen Kern aus einem organischen Stoff eine aus mindestens zwei übereinander ausgebildeten Einzelschichten gebildete Beschichtung ausgebildet wird, dabei die unmittelbar auf dem Kern ausgebildete Schicht sinterbare pulverförmige Partikel enthält, die bei einer Temperatur miteinander versintern, die $\leq$ die Sinter Temperatur von pulverförmigen Partikeln, die in einer äußeren Schicht enthalten sind, ist und/oder ein größeres Schwindmaß beim Sintern aufweisen, im Anschluss an die Beschichtung eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, bei der zuerst die organischen Bestandteile ausgetrieben, dann die pulverförmigen Partikel der Schichten miteinander versintern und dabei eine äußere Schale für ein hohles Strukturelement und innerhalb eines jeweiligen hohlen Strukturelementes ein darin eingeschlossener Hohlkörper ausgebildet werden. 40

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Beschichtung zwischen pulverförmige Partikel enthaltenden Schichten eine partikelfreie Trennschicht ausgebildet wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmebehandlung in einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** Partikel enthaltende Kerne, die durch Extrusion, Pulvergranulation oder Pelletierung hergestellt worden sind, eingesetzt werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 40 0004

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 777 947 A (AHUJA ET AL) 7. Juli 1998 (1998-07-07) * Spalte 2, Zeile 47 - Zeile 67 * * Spalte 4, Zeile 42 - Zeile 57 * * Spalte 5, Zeile 9 - Zeile 12 * * Spalte 6, Zeile 25 - Zeile 35 * * Spalte 8, Zeile 27 - Zeile 53 * * Spalte 9, Zeile 56 - Zeile 58 * * Abbildungen 1,2 *	1,9	G10K11/168
X	FR 2 727 189 A (PERIPHERIE) 24. Mai 1996 (1996-05-24) * Seite 7, Zeile 7 - Zeile 12 * * Seite 8, Zeile 27 - Seite 9, Zeile 1 * * Seite 11, Zeile 1 - Zeile 4 * * Abbildungen 1-4 *	1,3,10	
X	FR 2 660 787 A (TECHNOLOGIES SPECIALES INGENIERI) 11. Oktober 1991 (1991-10-11) * Seite 2, Zeile 3 - Zeile 12 * * Seite 4, Zeile 6 - Zeile 15 * * Seite 4, Zeile 34 - Seite 5, Zeile 1 * * Seite 5, Zeile 15 - Zeile 20 * * Abbildungen 1,2 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) G10K
A	US 4 667 768 A (WIRT ET AL) 26. Mai 1987 (1987-05-26) * Spalte 1, Zeile 51 - Zeile 64 * * Spalte 3, Zeile 22 - Zeile 44 * * Abbildungen 1,2 *	1-25	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. April 2005	Prüfer Schneiderbauer, K
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 : nichtschriftliche 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 40 0004

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 6 021 612 A (DUNN ET AL) 8. Februar 2000 (2000-02-08) * Spalte 3, Zeile 4 - Zeile 10 * * Spalte 3, Zeile 65 - Spalte 4, Zeile 12 * * * Spalte 10, Zeile 9 - Zeile 12 * * Spalte 10, Zeile 31 - Zeile 32 * * Abbildung 8 * -----	1-5	
A	DE 195 22 363 A1 (COMBICOM AG, WINTERTHUR, CH) 2. Januar 1997 (1997-01-02) * Spalte 1, Zeilen 7,8 * * Spalte 2, Zeile 8 - Zeile 15 * * Spalte 2, Zeile 51 - Zeile 56 * * Spalte 2, Zeile 68 - Spalte 3, Zeile 12 * * * Anspruch 5 * -----	1-25	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 25. April 2005	Prüfer Schneiderbauer, K
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 : nichtschriftliche 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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 40 0004

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.

25-04-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5777947 A	07-07-1998	KEINE	
FR 2727189 A	24-05-1996	FR 2727189 A1	24-05-1996
FR 2660787 A	11-10-1991	FR 2660787 A1	11-10-1991
US 4667768 A	26-05-1987	KEINE	
US 6021612 A	08-02-2000	KEINE	
DE 19522363 A1	02-01-1997	KEINE	

EPO FORM P0461

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