(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 557 819 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.01.2008 Patentblatt 2008/02

(51) Int Cl.:
G10K 11/168 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05400004.7**

(22) Anmeldetag: **14.01.2005**

(54) **Schallabsorbierende Struktur**

Sound absorbing structure

Structure isolante acoustique

(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

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.07.2005 Patentblatt 2005/30

(73) Patentinhaber:
- **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**
Patent- und Rechtsanwälte
Gostritzer Strasse 61-63
01217 Dresden (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 19 522 363
FR-A- 2 660 787
FR-A- 2 727 189
US-A- 4 667 768
US-A- 5 777 947
US-A- 6 021 612

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 557 819 B1

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, beispielsweise aus der Druckschrift US 5777947 A, 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. Im Falle von Körperschall ist deren schalldämmende Wirkung aber begrenzt.

[0007] Weitere schalldämmende Strukturen sind aus FR 2 727 189, FR 2 660 787 und US 4667768 bekannt.

[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. Der Patentanspruch 20 betrifft ein 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 Sintertemperatur aufweist, als die pulverförmigen Partikel die zur Ausbildung der Schale hohler Strukturelemente durch Sintern führen. Hierfür sollten Werkstoffe von pulverförmigen Partikeln eingesetzt werden, deren Sintertemperatur 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 unmittelbaren 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 ≤ 1 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 werden (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 μm, bevorzugt kleiner als 1 μm 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 μm 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 verrundet 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 mm betrug, wurden mit einer ersten Schicht beschichtet. Diese Beschichtung bestand aus 70 Vol.-% Aluminiumoxidpulver mit einer Partikelgröße im Bereich von 2 bis 40 μm und 30 Vol.-% Zinkstearatpulver in einer wässrigen PVA-(Polyvinylalkohol)Binderlösung. 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/cm^3 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 aufgebrachten 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/cm^3. Der Füllgrad der Hohlkugeln mit Magnesiumoxid betrug ca. 20 bis 25 % des Innenvolumens.

Patentansprüche

1. Schallabsorbierende Struktur, die mit einzelnen hohlen Strukturelementen gebildet ist, wobei die hohlen Strukturelemente jeweils eine äußere Schale und einen von der Schale umschlossenen Hohlraum aufweisen, **dadurch gekennzeichnet, dass** innerhalb dieses Hohlraums feste, nicht miteinander verbundene Partikel oder ein frei beweglicher Hohlkörper eingeschlossen sind/ist, wobei die Schale aus versinterten Partikeln eines sinterbaren Werkstoffs gebildet ist.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

12. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Partikel innerhalb der hohlen Strukturelemente aus einem

Werkstoff mit höherer Sintertemperatur, als der Werkstoff, aus dem die Schale der hohlen Strukturelemente gebildet ist, gebildet sind.

13. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innerhalb der Schale der hohlen Strukturelemente enthaltenen Partikel aus einem gegenüber dem Schalenwerkstoff inerten Werkstoff gebildet sind.

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

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

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

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

18. 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.

19. Struktur nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Struktur eine physikalische Dichte von höchstens 1 g/cm^3 aufweist.

20. Verfahren zur Herstellung von hohlen Strukturelementen für schallabsorbierende Strukturen nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 19,
dadurch gekennzeichnet,
dass auf einen Kern aus einem organischen Stoff eine aus mindestens zwei übereinander ausgebildeten Einzelschichten gebildete Beschichtung aufgebracht wird und im Anschluss an die Beschichtung eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, bei der zuerst die organischen Bestandteile ausgetrieben werden und dann in einer äußeren Schicht enthaltene pulverförmige Partikel zu einer Schale versintert werden,
wobei in der unmittelbar auf der Oberfläche des Kerns aufgebrachten Schicht pulverförmige Partikel enthalten sind, die
entweder
a) aus einem festen Werkstoff mit höherer Sintertemperatur als die in der äußeren Schicht enthaltenen Partikel gebildet sind und bei der Wärmebehandlung freigegeben werden oder
b) bei einer Temperatur miteinander versintern, die kleiner oder gleich der Sintertemperatur von den in der äußeren Schicht enthaltenen Partikeln ist, und/oder ein größeres Schwindmaß beim Sintern aufweisen, so dass die pulverförmigen Partikel der Schichten miteinander versintern und dabei die äußere Schale für ein hohles Strukturelement und innerhalb des jeweiligen hohlen Strukturelementes ein darin eingeschlossener Hohlkörper ausgebildet werden.

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

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet, dass in der unmittelbar auf dem Kern aufgebrachten Schicht pulverförmige Partikel aus unterschiedlichen Werkstoffen und/oder mit unterschiedlicher Partikelgröße enthalten sind, die eine höhere Sintertemperatur haben als die in der äußeren Schicht enthaltenen Partikel und die bei der Wärmebehandlung freigegeben werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22,
dadurch gekennzeichnet, dass bei der Beschichtung zwischen pulverförmige Partikel enthaltenden Schichten eine partikelfreie Trennschicht ausgebildet wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23,
dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmebehandlung in einer Schutzgasatmosphäre durchgeführt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 24,
dadurch gekennzeichnet, dass Partikel enthaltende Kerne, die durch Extrusion, Pulvergranulation oder Pelletierung hergestellt worden sind, eingesetzt werden.

Claims

1. Sound absorbing structure, constructed from individual structure elements, whereby the hollow structure elements each promise an outer shell and a hollow space enclosed by the shell, **characterised in that** particles that are not connected with each other or a freely moveable hollow object is/are enclosed in-

side this hollow space, whereby the shell consists of sintered particles of a sinterable material.

2. Structure according to claim 1, **characterised in that** the structure consists completely of structure elements comprising solid particles and/or hollow objects.

3. Structure according to claim 1 or 2, **characterised in that** the hollow structure elements form a loose heap.

4. Structure according to claim 1 or 2, **characterised in that** the hollow structure elements are connected with each other by means of an adhesive bond.

5. Structure according to claim 4, **characterised in that** the hollow structure elements are connected with each other by means of gluing, soldering, or sintering, or casted into a matrix.

6. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the hollow structure elements take the form of hollow spheres.

7. Structure according to one of the preceeding claims, **characterised in that** the structure elements are of an outer dimension of between 0.5 and 30 mm.

8. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** a shell thickness of 10 to 3000 μm is adhered to.

9. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the particle size is 5 nm to 500 μm.

10. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the enclosed hollow objects take the form of hollow spheres.

11. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the shell of the hollow structure elements is made from a metal, a metal alloy, or ceramic.

12. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the particles within the hollow structure elements consist of a material with a higher sinter temperature than that of the material from which the shell of the hollow structure is formed.

13. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the particles contained within the shell of the hollow structure elements are made from a material that is inert against the shell material.

14. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the particles consist of a carbide, a nitride, an oxide, a silicide and/or aluminide.

15. Structure according to claim 14, **characterised in that** the oxide is selected from Al_2O_3, ZrO_2, Y_2O_3, and MgO.

16. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** particles consisting of a silicate are contained within the hollow structure elements.

17. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the particles contained within the hollow structure elements fill at least 5% of the internal volume of the relevant hollow structure element.

18. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** a hollow object contained within a hollow structure element is made from an oxide selected from Fe_2O_3, Fe_3O_4, CoO, NiO, MoO_3, WO_3 and CuO.

19. Structure according to one of the preceding claims, **characterised in that** the structure comprises a physical density of 1 g/cm^3 maximum.

20. Method for producing hollow structure elements for sound absorbing structures according to at least one of the claims 1 to 19, **characterised in that** a coating made from at least two individual layers applied one over the other is applied to a core made from an organic material, and **in that** a heat treatment is carried out following this coating, during which the organic components are first driven out, and powder particles contained in an outer layer are then sintered to form a shell, whereby powder particles are contained in the layer applied directly over the surface of the core, which are either

    a) formed from a solid material with a higher sinter temperature than that of the particles contained in the outer layer, and which are released during the heat treatment,
    or
    b) sintered to each other at a temperature that is lower than or equal to the sinter temperature of the particles contained in the outer layer and/or have a greater fade measure during sintering, so that the powder particles sinter the layers to each other and thus form the outer shell of a hollow structure element and a hollow object enclosed within the relevant hollow structure elements.

21. Method according to claim 20, **characterised in that** the sinter temperature of the powder particles con-

tained in the layer applied directly to the core is at least 100°K higher than the sinter temperature of the powder particles in the layer forming the outer shell.

22. Method according to claim 20 or 21, **characterised in that** the powder particles made from different materials and/or of different particle sizes are contained in the layer applied directly to the core, which have a higher sinter temperature than the particles contained in the outer layer, and which are released during the heat treatment.

23. Method according to one of the claims 20 to 22, **characterised in that** a particle free separating layer is formed between the powder particle comprising layers during the coating process.

24. Method according to one of the claims 20 to 23, **characterised in that** the heat treatment is carried out in a protective gas atmosphere.

25. Method according to one of the claims 20 to 24, **characterised in that** cores comprising particles that have been produced by means of extrusion, powder granulation, or pelletisation, are used.

Revendications

1. Structure isolante acoustique formée à l'aide de différents éléments structuraux creux, les éléments structuraux creux présentant chacun une coque extérieure et une cavité entourée par la coque,
caractérisée en ce qu'à l'intérieur de cette cavité des particules solides non liées entre elles ou un corps creux librement mobile sont enfermées/est enfermé, la coque étant formée de particules frittées d'un matériau pouvant être fritté.

2. Structure selon la revendication 1,
caractérisée en ce que la structure est entièrement formée d'éléments structuraux qui comprennent des particules solides et/ou des corps creux.

3. Structure selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce que les éléments structuraux creux forment un matériau en vrac.

4. Structure selon la revendication 1 ou 2,
caractérisée en ce que les éléments structuraux creux sont liés entre eux par liaison de matière.

5. Structure selon la revendication 4,
caractérisée en ce que les éléments structuraux creux sont liés entre eux par collage, brasage ou frittage, ou respectivement sont coulés à l'intérieur d'une matrice.

6. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les éléments structuraux creux sont formés comme des sphères creuses.

7. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les éléments structuraux creux présentent des dimensions extérieures entre 0,5 et 30 mm.

8. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce qu'une épaisseur de coque est maintenue entre 10 et 3000 μm.

9. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que la taille des particules se situe entre 5 nm et 500 μm.

10. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les corps creux enfermés sont formés comme des sphères creuses.

11. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que la coque des éléments structuraux creux est formée d'un métal, d'un alliage de métal ou d'une céramique.

12. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les particules à l'intérieur des éléments structuraux creux sont formées dans un matériau avec une température de frittage plus élevée que le matériau dont la coque des éléments structuraux creux est formée.

13. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les particules contenues à l'intérieur de la coque des éléments structuraux creux sont formées d'un matériau inerte par rapport au matériau de la coque.

14. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les particules sont formées de carbure, de nitrure, d'oxyde, de siliciure et/ou d'aluminure.

15. Structure selon la revendication 14,
caractérisée en ce que l'oxyde est choisi parmi le Al_2O_3, ZrO_2, $Y2O_3$ et MgO.

16. Structure selon l'une quelconque des revendications

précédentes,
caractérisée en ce qu'à l'intérieur des éléments structuraux creux, des particules formées d'un silicate sont contenues.

17. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que les particules contenues à l'intérieur des éléments structuraux creux remplissent au moins 5 % du volume intérieur d'un élément structural creux respectif.

18. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce qu'un corps creux contenu à l'intérieur d'un élément structural creux est formé d'un oxyde choisi parmi le Fe_2O_3, le Fe_3O_4, le CoO, le NiO, le MoO_3, le WO_3 et le CuO.

19. Structure selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que la structure présente une densité physique d'au plus 1 g/cm^3.

20. Procédé destiné à fabriquer des éléments structuraux creux pour des structures isolantes acoustiques selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à N, 19
caractérisé en ce que sur un noyau d'une substance organique, un revêtement formé d'au moins deux couches formées l'une sur l'autre est appliqué et par la suite, un traitement thermique est réalisé sur le revêtement dans lequel les composantes organiques sont retirées puis des particules pulvérulentes contenues dans une couche extérieure sont frittées en une coque, dans la couche directement appliquée sur la surface du noyau, des particules pulvérulentes étant contenues qui, soit

a) sont formées d'un matériau solide avec une température de frittage plus élevée que les particules contenues dans la couche extérieure et qui sont libérées lors du traitement thermique, soit
b) sont frittées les unes avec les autres à une température inférieure ou égale à la température de frittage des particules contenues dans la couche extérieure, et/ou présentent un coefficient de retrait plus grand lors du frittage, de façon à ce que les particules pulvérulentes des couches se frittent entre elles et que la coque extérieure soit formée pour un élément structural creux et à l'intérieur de chaque élément structural creux un corps creux enfermé dans celui-ci soit formé.

21. Procédé selon la revendication 20,
caractérisé en ce que la température de frittage des particules pulvérulentes qui sont contenues dans la couche formée directement sur le noyau est au moins de 100 °K plus élevée que la température de frittage des particules pulvérulentes dans laquelle se situe la couche formant la coque extérieure.

22. Procédé selon la revendication 20 ou 21,
caractérisé en ce que dans la couche appliquée directement sur le noyau des particules pulvérulentes réalisées dans différents matériaux et/ou avec une taille de particule différente sont contenues, qui ont une température de frittage plus élevée que les particules contenues dans la couche extérieure et qui sont libérées lors du traitement thermique.

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 20 à 22,
caractérisé en ce que lors du revêtement entre les couches contenant les particules pulvérulentes, une couche de séparation exempte de particules est formée.

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications 20 à 23,
caractérisé en ce que le traitement thermique est effectué dans une atmosphère de gaz protecteur.

25. Procédé selon l'une quelconque des revendications 20 à 24,
caractérisé en ce que des noyaux contenant des particules qui ont été fabriquées par extrusion, granulation de poudre ou pastillage sont employés.

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 5777947 A **[0005]**
- FR 2727189 **[0007]**
- FR 2660787 **[0007]**
- US 4667768 A **[0007]**