



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 059 461 B4** 2007.04.05

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 059 461.1**
(22) Anmeldetag: **13.12.2005**
(43) Offenlegungstag: **02.11.2006**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **05.04.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B22F 3/11** (2006.01)
B22F 3/10 (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:
10 2005 017 889.8 19.04.2005

(73) Patentinhaber:
Glatt Systemtechnik GmbH, 01277 Dresden, DE

(74) Vertreter:
**Patentanwälte Pätzelt - Seltmann - Hofmann,
01257 Dresden**

(72) Erfinder:
Cornelius, Hans-Dieter, 01217 Dresden, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 196 38 927 C2
DE 31 06 917 C2
DE 103 55 298 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Herstellung eines offenzelligen Schaumes aus einem sinterfähigen Material**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines offenzelligen Schaumes aus einem sinterfähigen Material mit nachfolgenden Verfahrensschritten:

- ein Granulat eines pyrolysierbaren Platzhaltermaterials wird in eine Form gefüllt, die der Geometrie des herzustellenden Gegenstandes entspricht,
- das Granulat wird vor oder nach dem Einfüllen in die Form mit einem Klebstoff ummantelt und
- der Klebstoff wird derart aktiviert, dass die einzelnen Elemente des Granulates in der Form untereinander verklebt werden,
- danach wird in die freien Räume zwischen dem Granulat ein Pulver des sinterfähigen Materials, aus dem der Gegenstand aus offenzelligem Schaum hergestellt werden soll, eingebracht und stabilisiert,
- das Granulat wird pyrolysiert und
- das Pulver des sinterfähigen Materials wird gesintert.

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines offenzelligen Schaumes aus einem sinterfähigen Material. Dabei werden unter sinterfähigem Material alle Pulver aus Metall und Metalllegierungen sowie Keramik verstanden.

Stand der Technik

[0002] Nach dem Stand der Technik sind verschiedene Verfahren zur Herstellung geschlossen- und offenzelliger Metallschäume bekannt. Die DE 196 38 927 C2 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung hochporöser, metallischer Formkörper. Dabei wird ein Metallpulver mit einem Platzhaltermaterial vermischt, daraus wird ein Grünkörper der herzustellenden Form gepresst und der Grünkörper wird zum Formkörper gesintert. Als Platzhaltermaterial wird Carbamid, Biuret, Melamin oder Melaminharz eingesetzt, welches vor dem Sintern des Metallpulvers unter Vakuum oder Schutzgas thermisch aus dem Grünkörper ausgetrieben und der entstehende Dampf abgezogen wird.

[0003] Die DE 103 55 298 A1 gibt ein Verfahren zur Herstellung von Grünkörpern für gesinterte Leichtbauteile an, bei dem unmittelbar auf einem Kern eine erste Schicht aus einem sinterbaren Pulver und einem ersten organischen Binder ausgebildet wird. Auf dieser ersten Schicht wird eine Überbeschichtung aus sinterbarem Pulver und einem zweiten organischen Binder ausgebildet. Mit dem zweiten Binder kann durch Energieeintrag eine zumindest temporäre stoffschlüssige Verbindung von Vorprodukten miteinander aktiviert werden.

[0004] Nachteilig bei den bekannten Lösungen des Standes der Technik ist, dass die Platzhalter geschlossene Elemente darstellen und deshalb daraus im Wesentlichen auch nur geschlossenzellige Schaumstrukturen hergestellt werden können.

[0005] Zur Herstellung offenzelliger Formkörper ist beispielsweise die DE 31 06 917 C2 bekannt, die ein Verfahren zur Herstellung eines Implantates als Knochenersatz aus körperverträglichen Metall angibt. Ein offenzelliger Natur- oder Kunstschwamm wird als Positivmodell verwendet, in dessen Hohlräume eine keramische Einbettmasse gefüllt wird. Durch Anwendung von Hitze wird der offenzellige Natur- oder Kunstschwamm entfernt und in die verbleibenden Räume werden durch Gießen oder Schleudern mit Metall gefüllt, bevor die Einbettmasse, z.B. durch Lösungsmittel, entfernt wird.

Aufgabenstellung

[0006] Der Erfindung liegt als Aufgabe zugrunde, ein einfaches Verfahren zur Herstellung eines offen-

zelligen Schaumes aus einem sinterfähigen Material unter Verwendung pyrolysierbarer Platzhalter anzugeben.

[0007] Die Erfindung löst die Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet und werden nachstehend zusammen mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführung der Erfindung näher dargestellt.

[0008] Der Kern der Erfindung besteht darin, dass ein als solches bekanntes Granulat eines pyrolysierbaren Platzhaltermaterials außerhalb oder innerhalb der Form, die der Geometrie des herzustellenden Gegenstandes entspricht, mit einem Klebstoff ummantelt wird und der Klebstoff derart aktiviert wird, dass die einzelnen Elemente des Granulates untereinander verklebt werden. Erst danach wird in die freien Räume zwischen dem Granulat ein Pulver des sinterfähigen Materials, aus dem der offenzellige Schaum hergestellt werden soll, eingebracht und stabilisiert. Dabei kann das Pulver, ein Granulateilchen nie vollständig umhüllen, da das einzelne Granulateilchen über Klebstoff-Brücken mit einer Vielzahl benachbarter Granulateilchen verbunden ist. Das Pulver kann somit nur in der offenzelligen Struktur innerhalb der Granulatschüttung angesiedelt werden. Wenn in der Folge das Granulat und der Klebstoff pyrolysiert und das Pulver gesintert wird, entsteht in entsprechender Weise ein offenzelliger Schaum des sinterfähigen Materials.

[0009] Zur Ummantelung des Granulates mit Klebstoff wird bevorzugt ein fließfähiger Klebstoff ausgewählt, der durch das Granulat geleitet und getrocknet wird.

[0010] Das Pulver des sinterfähigen Materials wird nach dem Einbringen in die freien Räume zwischen dem Platzhalter-Granulat und vor der Pyrolyse des Granulates stabilisiert, so dass mit Beginn der Pyrolyse des Granulates die ausgebildete offenzellige Struktur bis zum Sintern erhalten bleibt. Dazu kann der Klebstoff genutzt werden, der nach dem Einbringen des Pulvers derart aktiviert und teilweise angelöst wird, dass er in das Pulver eindringt und die einzelnen Teilchen des Pulvers untereinander verklebt. Dazu kann ein Dispersionsklebstoff ausgewählt werden, der aus Wasser, Polyvinylacetat und einem Vernetzer besteht, wobei der Vernetzer die Löslichkeit des getrockneten Klebstoffes gegenüber Wasser verringert.

[0011] Das Pulver des sinterfähigen Materials kann auch als Bestandteil einer Suspension in die freien Räume zwischen dem Granulat eingebracht werden, wobei die Flüssigkeit der Suspension mindestens teilweise wieder aus der Form entfernt wird.

[0012] Dabei kann in vorteilhafter Weise eine derartige Flüssigkeit der Suspension ausgewählt werden, die geeignet ist, nach der Trocknung die einzelnen Teilchen des Pulvers untereinander zu stabilisieren.

[0013] Es kann auch eine Flüssigkeit der Suspension ausgewählt werden, die geeignet ist, den Klebstoff, mit dem das Granulat ummantelt ist, mindestens teilweise anzulösen, damit dieser danach in das Pulver eindringt und dieses stabilisiert. Eine derartige Flüssigkeit kann aus einer Mischung von Wasser, Methylcellulose, Stärkeether und Polyvinylacetat ausgewählt werden.

[0014] Das Verfahren kann in sehr vorteilhafter Weise zur Herstellung von Gegenständen aus offenzelligem Schaum sinterfähiger Materialien eingesetzt werden, deren Schmelzpunkt über 200 °C liegt und deren Teilchengröße zwischen 0,0001 mm und 0,2 mm beträgt.

[0015] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens kann als Granulat ein vorgeschäumtes Polystyrol ausgewählt werden, welches bei Wärmebehandlung weiter expandiert. Im Falle einer mindestens teilweisen Wärmebehandlung der Füllung aus Granulat und Pulver in der Form, wird das Pulver des sinterfähigen Materials in der Zone der Wärmebehandlung durch das expandierende Granulat verdichtet.

Ausführungsbeispiel

[0016] Die Erfindung wird nachstehend an zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Ausführungsbeispiel I

[0017] Im Ausführungsbeispiel soll die Herstellung eines medizinischen Implantates aus einem gesinteren, offenzelligen Metallschaum beschrieben werden. Bei derartigen Implantaten muss der Metallschaum, zum Zwecke einer optimalen Verbindung mit dem biologischen Material, eine ausgeprägt homogene Gerüst- und Zellstruktur mit einer hohen Anzahl der Poren pro Volumeneinheit besitzen. Weiterhin dürfen die Implantate keine geschlossenen bzw. quasi geschlossene Poren, d.h. auch Poren mit mikroskopisch kleinen Verbindungskanälen oder hohlen Stegen aufweisen, damit in solchen Toträumen keine unkontrollierbare Bakterienentwicklung stattfinden kann.

[0018] Verfahrensgemäß werden zuerst Teilchen aus einem Polymer, im Beispiel Kugeln mit einem Durchmesser von 2 mm aus einem mit Pentan vorgeschäumten Polystyrol (auch Schaumpolystyrol genannt) ausgewählt und mit einem Dispersionsklebstoff, vermischt. Die Klebstoffmenge von 5 Vol-% bezogen auf das Volumen der eingesetzten Kugeln aus Polystyrol ist so bemessen, dass nur die Oberflächen

der Kugeln vollständig benetzt werden.

[0019] Der wasserhaltige Dispersionsklebstoff mit einer Viskosität von ca. 600 mPas besteht aus Polyvinylacetat und einen zusätzlichen Vernetzer. Letzterer dient dazu, dass das nach dem Abtrocknen entstandene Polymerisat eine möglichst geringere Löslichkeit gegenüber Wasser aufweist.

[0020] Die mit dem flüssigen Dispersionsklebstoff ummantelten Schaumpolystyrol-Kugeln werden danach in eine verschleißbare Form eingebracht, welche die Außenmaße des herzustellenden Implantates aus Metallschaum aufweist. Dabei kann die Form während des Einbringens zur Erreichung einer möglichst dichten Packung gerüttelt werden.

[0021] Die in die Form eingebrachte Schüttung aus mit flüssigem Dispersionsklebstoff ummantelten Schaumpolystyrol-Kugeln bildet in den Zwischenräumen eine offene luftgefüllte Struktur aus und es bilden sich, bedingt durch die Oberflächenspannung des Klebstoffes, an den Berührungspunkten zwischen den Kugeln meniskulare Klebstoffbrücken aus.

[0022] Die Kugelschüttung oder -packung wird nachfolgend im Luftstrom bei 80 °C getrocknet. Dabei wird dem Dispersionsklebstoff das Wasser entzogen und das Polyvinylacetat polymerisiert, so dass die Schaumpolystyrol-Kugeln über die Klebstoffbrücken untereinander verklebt werden.

[0023] In einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahrensschritt wird in die innerhalb der verschleißbaren Form befindliche Kugelschüttung eine Metallpulver-Suspension eingebracht, welche aus einem Pulver einer CoCrMo-Legierung und einer Trägerflüssigkeit aus Wasser mit aufgelösten Anteilen aus Methylcellulose, Stärkeether und Polyvinylacetat im Volumenverhältnis 80:15:5 besteht.

[0024] Vor dem Einfüllen wurde die Einfüllöffnung der Form sowie eine untere Auslauföffnung mit einer Metallgaze verschlossen und die Form auf einem Rütteltisch fixiert. Die Maschenweite der Metallgaze ist kleiner als der Durchmesser der Schaumpolystyrol-Kugeln.

[0025] Die Metallpulver-Suspension wird durch die Metallgaze hindurch in die Einfüllöffnung der Form eingefüllt. Durch die Schwerkraft und den Rüttelprozess wird die Metallpulver-Suspension innerhalb der offenen luftgefüllten Struktur gleichmäßig verteilt. Die Metallgaze verhindert während des Rüttelprozesses auch unerwünschte Bewegungen der Schaumpolystyrol-Kugeln.

[0026] Damit die vorher offene luftgefüllte Struktur auch vollständig mit der Metallpulver-Suspension gefüllt wird, muss eine überschüssige Menge in die

Form eingebracht werden, die durch die untere Auslauföffnung wieder aus der Form austreten kann.

[0027] Die Metallpulver-Suspension ist dabei so eingestellt worden, dass ausreichend Metallpulverpartikel für die später zu sinternde Zellstruktur auf den Kugeloberflächen verbleiben.

[0028] Nach der Beschichtung der Kugeloberflächen wird die Form sechs Stunden lang mit der Einfüllöffnung linear in einen Luftstrom von ca. 20° C gebracht. Dabei wird die Metallpulver-Suspension vortrocknet.

[0029] Nachfolgend werden die Metallgazen entfernt und die Öffnungen mit Deckeln verschlossen, die Entlüftungsbohrungen aufweisen. Die Form wird in einen Trockenofen gebracht, in dem eine Temperatur von 110°C eingestellt wurde. Dabei verdampft das in der bereits teilweise getrockneten Metallpulver-Suspension noch vorhandene Wasser und heizt die Schaumpolystyrol-Kugeln mit dem darin noch enthaltenen Pentan auf. Weiterhin wird der Dispersionsklebstoff, der die Kugeln miteinander verklebt hat, angelöst bzw. aufgequollen, so dass die Dehnbarkeit des Klebstoffes zunimmt. Mit Erreichen des thermoplastischen Bereiches bewirkt der zunehmende Dampfdruck des Pentans, dass die Schaumpolystyrol-Kugeln expandieren. Dabei drücken die expandierenden Kugeln den angelösten Dispersionsklebstoff und die noch plastisch verformbare Metallpulver-Suspension in die noch offene Porosität der Schüttung, wobei auch die Schaumpolystyrol-Kugeln zu Polyedern verformt werden.

[0030] Die Entlüftungsbohrungen in den Deckeln verhindern, dass in der Form ein Überdruck entsteht. Andererseits soll der entstehende Dampf mit einer definierten Zeit auf den Klebstoff einwirken.

[0031] Nach ca. 4 Std. ist die Rest-Feuchtigkeit verdampft und der Klebstoff in der Metallpulver-Suspension ist abgebunden. Abschließend kann das verfestigte Vorprodukt des Implantates aus der Form entfernt werden.

[0032] Dieses Vorprodukt des Implantates wird nachfolgend bei einer Temperatur von ca. 200°C zwei Stunden lang ausgeheizt, so dass der überwiegende Teil des aufgeblähten Styropors und des Dispersionsklebstoffs, mit denen die Styroporkugeln anfangs verklebt wurden, pyrolysiert werden. Dabei schmilzt mit Beginn der Pyrolyse das Polymer, das Pentan gas entweicht aus den aufgeblähten Styroporkugeln und es kommt zu einem erheblichen Materialschwund bis das Polymer verdampft ist. Zurück bleibt Metallpulver mit einer homogenen Zellstruktur, das mit der Methylcellulose lagestabil verklebt ist.

[0033] Abschließend wird das Vorprodukt des Imp-

lantates in einer wasserhaltigen, reduzierenden Atmosphäre oder im Vakuum bei einer Temperatur von ca. $0,7 \times T_s$ (T_s = Schmelztemperatur der Metallpulverlegierung) entbindert, d.h. die restlichen Klebstoffteile pyrolysieren vollständig und die Metallpulverpartikel werden miteinander versintert. Im Ergebnis liegt ein offenzelliges Implantat aus gesintertem Metallschaum vor, welches alle Anforderungen für ein medizinisches Human-Implantat erfüllt.

Ausführungsbeispiel II

[0034] Beim Ausführungsbeispiel II soll ein Bauelement aus Leichtbauschäum hergestellt werden. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel I ist für den genannten Einsatz keine absolut offenzellige Struktur zwingend. Es besteht jedoch die Forderung, dass das Bauelement einfach und wirtschaftlich hergestellt werden kann.

[0035] Zunächst werden Teilchen aus einem Polymer, vorzugsweise sind es Kugeln mit einem mittleren Durchmesser von 3 mm aus geschäumtem Polystyrol (auch Schaumpolystyrol genannt), mit einem Dispersionsklebstoff, vermischt. Das in den Styroporkugeln noch vorhandene Pentan wurde vorher mittels Tempern entfernt.

[0036] Die Klebstoffmenge wird mit 5 Vol.-% bezogen auf das Volumen der eingesetzten Kugeln aus Polystyrol bemessen. Der wasserhaltige Dispersionsklebstoff weist eine Viskosität von ca. 600 mPas auf und besteht aus Polyvinylacetat und einen zusätzlichen Vernetzer. Letzter dient dazu, dass das nach dem Abtrocknen entstandene Polymerisat keine Löslichkeit gegenüber Wasser aufweist.

[0037] Die Schaumpolystyrol-Kugeln werden mit dem flüssigen Dispersionsklebstoff beschichtet und in eine Form, welche die Außenmaße des herzustellenden Metallschaumkörpers bestimmt, eingefüllt.

[0038] Die Schaumpolystyrol-Kugeln werden zur Gewährleistung einer möglichst dichten Packung in der Form gerüttelt. Zwischen den Kugeln bilden sich, bedingt durch die Oberflächenspannung des Klebstoffes Klebstoffbrücken aus, die die Kugeln miteinander verbinden. Die offene Porosität in der Kugelpackung bleibt erhalten.

[0039] Danach wird die Kugelpackung in einem Luftstrom bei 80 °C getrocknet, wobei durch Wasserentzug aus der Dispersion das Polyvinylacetat polymerisiert und die Kugeln untereinander verklebt werden.

[0040] In die Form wird entsprechend Ausführungsbeispiel I eine Metallpulver-Suspension aus Carboneisenpulver und einer Trägerflüssigkeit aus Wasser mit aufgelösten Anteilen aus Methylcellulose,

Stärkeether und Polyvinylacetat im Volumenverhältnis 80:15:5 eingebracht und gerüttelt.

[0041] Überschüssige Metallpulver-Suspension kann aus der Kugelpackung und Form frei ablaufen. Die Viskosität der Metallpulver-Suspension wurde so eingestellt, dass einerseits eine ausreichende Menge von Metallpulverpartikeln für die später zu sinternde Zellstruktur auf den Kugeloberflächen verbleibt und andererseits überschüssige Metallpulvermengen, welche die Dichte des fertigen Bauteiles zusätzlich erhöhen, vermieden werden.

[0042] Die gelösten Anteile aus den genannten Klebstoffkomponenten sollen nach dem Trocknen und bei einer nachfolgenden thermischen Behandlung Metallpulverteile mit einer Partikelgröße von kleiner 0,01 mm in ihrer Lage stabilisieren. Nach drei Stunden Trocknung im Luftstrom bei ca. 100°C ist die Metallpulver-Suspension auf den Kugeloberflächen getrocknet, die Klebstoffanteile aus der Suspension sind abgebunden und die beschichtete Kugelpackung wird aus der Form entnommen.

[0043] Nachfolgend wird die Kugelpackung bei einer Temperatur von ca. 200°C zwei Stunden ausgeheizt, wobei der überwiegende Teil des Styropors und des Dispersionsklebstoffs, mit denen die Styroporkugeln anfangs verklebt wurden, pyrolysieren. Zuerst schmilzt das Polymer, die eingeschlossene Luft und Pentangasreste entweichen aus dem aufgeblähten Styroporkugeln. Danach kommt es zu einem erheblichen Materialschwund und das Polymer verdampft. Im Ergebnis bleibt eine homogene, kugelförmige Zellstruktur aus Metallpulverteilchen zurück, die durch die Methylcellulose lagestabil miteinander verklebt sind.

[0044] Abschließend werden in einem sintermetallurgischen Prozess unter reduzierender CO-Gas-Atmosphäre und bei einer Temperatur von ca. $0,7 \times T_s$ (T_s = Schmelztemperatur der Metallpulverpartikel) die restlichen organischen Klebstoffanteile entbindert und die Struktur aus Pulverpartikeln zum fertigen Bauelement aus offenzelligem Leichtbauschäum ver-sintert.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines offenzelligen Schaumes aus einem sinterfähigen Material mit nachfolgenden Verfahrensschritten:

- ein Granulat eines pyrolysierbaren Platzhaltermaterials wird in eine Form gefüllt, die der Geometrie des herzustellenden Gegenstandes entspricht,
- das Granulat wird vor oder nach dem Einfüllen in die Form mit einem Klebstoff ummantelt und
- der Klebstoff wird derart aktiviert, dass die einzelnen Elemente des Granulates in der Form untereinander verklebt werden,

- danach wird in die freien Räume zwischen dem Granulat ein Pulver des sinterfähigen Materials, aus dem der Gegenstand aus offenzelligem Schaum hergestellt werden soll, eingebracht und stabilisiert,
- das Granulat wird pyrolysiert und
- das Pulver des sinterfähigen Materials wird gesintert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ummantelung des Granulates mit Klebstoff derart erfolgt, dass ein fließfähiger Klebstoff ausgewählt und durch das Granulat geleitet wird, und dass danach die mit Klebstoff ummantelte Granulat-Packung getrocknet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Stabilisierung des Pulvers des sinterfähigen Materials als Klebstoff ein Dispersionsklebstoff ausgewählt wird, der aus Wasser, Polyvinylacetat und einem Vernetzer besteht, wobei der Vernetzer die Beständigkeit des getrockneten Klebstoffes gegen Wasserlöslichkeit erhöht, und dass der Dispersionsklebstoff nach dem Einbringen des Pulvers des sinterfähigen Materials derart angelöst wird, dass er mindestens teilweise in das Pulver eindringt und die einzelnen Teilchen des Pulvers untereinander verklebt.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulver des sinterfähigen Materials als Bestandteil einer Suspension in die freien Räume zwischen dem Granulat eingebracht wird und die Flüssigkeit der Suspension mindestens teilweise aus der Form entfernt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine derartige Flüssigkeit der Suspension ausgewählt wird, die geeignet ist, nach der Trocknung die einzelnen Teilchen des Pulvers untereinander zu stabilisieren.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine derartige Flüssigkeit der Suspension ausgewählt wird, die geeignet ist, den Klebstoff, mit dem das Granulat ummantelt ist, mindestens teilweise anzulösen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass als Flüssigkeit der Suspension eine Mischung aus Wasser, Methylcellulose, Stärkeether und Polyvinylacetat ausgewählt wird.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Pulver des sinterfähigen Materials ein solches ausgewählt wird, deren Schmelzpunkt über 200 °C liegt und deren Teilchengröße zwischen 0,0001 mm und 0,2 mm beträgt.

9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Granulat ein Polystyrol ausgewählt wird, welches bei Wärmebehandlung expandiert, und dass vor dem Pyrolysieren des Granulates die Füllung in der Form mindestens teilweise einer Wärmebehandlung ausgesetzt wird, derart dass Pulver des sinterfähigen Materials in der Zone der Wärmebehandlung durch das expandierende Granulat verdichtet wird.

Es folgt kein Blatt Zeichnungen