



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG


Anmeldenummer: 91102429.7


Int. Cl.⁵: B22F 3/12, B22F 3/10, B22F 7/06, B22F 7/00


Anmeldetag: 20.02.91


**Priorität: 24.07.90 CH 2453/90
14.03.90 CH 816/90**


Anmelder: ASEA BROWN BOVERI AG

CH-5401 Baden(CH)


**Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.09.91 Patentblatt 91/38**

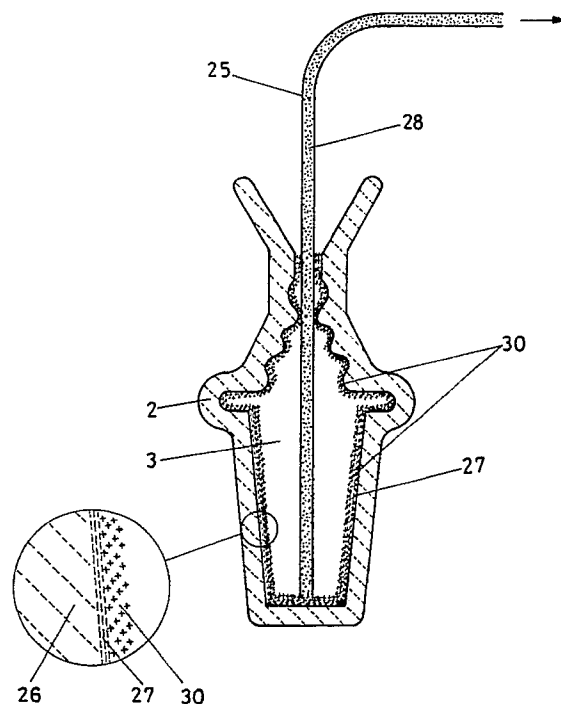

**Erfinder: Fried, Reinhard
Stockackerstrasse 1
CH-5415 Nussbaumen(CH)**


**Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI NL SE**


Verfahren zur Herstellung eines Sinterkörpers mit einer dichten Randzone und einer glatten Oberfläche.


Verfahren zur Herstellung eines Sinterkörpers mit einer Randzone (4) mit gezielten Oberflächeneigenschaften durch Aufbringen von feinkörnigem Pulver auf der Innenfläche einer hohlen Negativform (2), dessen mittlere Korngrösse höchstens 60 % der mittleren Korngrösse des gesamten, zur Herstellung des Sinterkörpers verwendeten Pulvers beträgt, Bildung einer feinkörnigen Oberflächenhaut, Einfüllen des restlichen Pulvers und Sintern des auf diese Weise erzeugten Grünlings mit oder ohne Form (2). Vorzugsweise Herstellung einer gasdichten Oberflächenhaut, die die Kapsel für nachfolgendes heiss-isostatisches Pressen ersetzt.

FIG.11



TECHNISCHES GEBIET

Herstellung von komplizierten Bauteilen aus metallischen oder keramischen Werkstoffen, wobei als Ausgangsmaterialien Pulver verwendet werden. Fragen des Sinterns und der Güte und Dichtigkeit der Oberfläche im Hinblick auf das Schwinden.

Die Erfindung bezieht sich auf die Weiterentwicklung, Vervollkommnung und Vereinfachung pulvermetallurgischer Fertigungsmethoden für die Herstellung von Werkstücken mit vergleichsweise komplizierten Formen, wo die Probleme der Schwindung beim Sintern sowie die Erzielung einer hohen Oberflächengüte eine wichtige Rolle spielen. Anwendungsgebiet ist vor allem der Bereich von Bauteilen des Turbinenbaus, wobei gradierte Schichten unterschiedlicher Materialzusammensetzung und/oder unterschiedlicher Dichte bzw. Porosität im Vordergrund stehen.

Im engeren Sinne betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Sinterkörpers mit einer Randzone mit gezielten Oberflächeneigenschaften.

STAND DER TECHNIK

Bei zahlreichen Fertigungsmethoden in der metallurgischen und keramischen Industrie wird von Pulvern ausgegangen. Pulvermetallurgische Verfahren haben den Vorteil, dass sich praktisch jede beliebige Form erzielen lässt. Es besteht die Absicht, Werkstücke pulvermetallurgisch als Fertigteile herzustellen, um teure Bearbeitungskosten teilweise oder ganz einsparen zu können. Dabei stellt sich unter anderem die Forderung, feinkörnige dichte und glatte Oberflächen mit niedrigem Rauigkeitsgrad zu erzielen. Die bekannten Verfahren zur Erzielung von Nettoformen (Net-Shape) oder Nahezu-Nettoformen (Near-Net-Shape) der Werkstücke gehen alle von Aufschlämmungen (Schlicker, Paste) von Pulvern in Lösungsmitteln unter Verwendung eines Binders aus. Als Zusätze zu Pulvermischungen werden verwendet:

- Wasser + Binder + Additive (Schlickergiessen, Gefriertrocknen: "Slip casting, Freeze Drying")
- Wasser + Zellulose (Metall-Pulver-Spritzgiessen nach Rivers: "MIM by Rivers Process")
- Thermoplaste (Metall-Pulver-Spritzgiessen)

Bei allen diesen nassmechanischen Methoden treten zahlreiche Schwierigkeiten bezüglich Qualität, Freiheit der Gestaltung, Reproduzierbarkeit und Wahl der Zusammensetzung auf:

- Blasenbildung beim Mischen von Pulver mit Binder und Lösungsmittel.
- Begrenzung der Wandstärke der Werkstücke (z.B. max. 5-10 mm für "MIM"), da anderer-

seits der Binder nicht mehr vollständig entfernt werden kann.

- Auftreten von Binderrückständen (z.B. Kohlenstoff), die auch nach dem "Ausbrennen" des Binders im Werkstück verbleiben und dessen Zusammensetzung unkontrolliert beeinträchtigen können.
- Notwendigkeit der Neuauswahl/Neuentwicklung des Binders bei Übergang auf andere Formen und/oder Zusammensetzungen der Werkstücke.

Zum Stand der Technik werden die nachfolgenden Druckschriften zitiert:

- GB Pat.Appl. 2088414
- EP Pat.Appl. 0191409
- R. Billet, "PLASTIC METALS: From Fiction to Reality with Injection Molded P/M Materials", Parmatech Corporation, San Rafael, California, P/M-82 in Europe Int.PM-Conf. Florence I 1982.
- Göran Sjöberg, "Powder Casting and Metal Injection Moulding", Manuscript submitted to Metal Powder Report September 1987
- EP Pat. Appl. 0354376
- DE-C 3812356

Die bekannten Verfahren lassen zu wünschen übrig. Es besteht daher ein Bedürfnis nach Verbesserung und Weiterentwicklung der pulvermetallurgischen/pulver-keramischen Fertigungsmethoden.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Sinterkörpers mit einer Randzone mit gezielten Oberflächeneigenschaften anzugeben, welches kostengünstig ist. Das Verfahren soll es ermöglichen, ausgehend von Metall- oder Keramikpulvern ein vergleichsweise kompliziert geformtes Werkstück beliebigen Querschnittes und unbegrenzter Wandstärke zu fertigen. Das Verfahren soll ein reproduzierbares Fertigerzeugnis liefern, das nicht mehr oder höchstens geringfügig zusätzlich bearbeitet werden muss. Bei der Pulververarbeitung sollen Blasen sowie unerwünschte schädliche Rückstände vermieden werden. Das Verfahren soll bezüglich Auswahl der Form und der Zusammensetzung des herzustellenden Werkstücks grösstmögliche Freizügigkeit und Universalität gewährleisten.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, dass im eingangs erwähnten Verfahren an der Innenfläche der hohlen, die Gestalt des Sinterkörpers bestimmenden Negativform zunächst durch Aufbringen von feinkörnigem Pulver, dessen mittlere Korngrösse höchstens 60 % der mittleren Korngrösse des zum Aufbau des Sinterkörpers verwendeten Pulvers beträgt, im Bereich der Randzone eine fein-

körnige Oberflächenhaut gebildet und anschliessend die Form zur Bildung eines grobkörnigen Kerns mit besagtem Pulver gefüllt und der auf diese Weise gebildete Grünling mit oder ohne Form einem Sinterprozess unterworfen wird.

WEG ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden, durch Figuren näher erläuterten Ausführungsbeispiele beschrieben.

Dabei zeigt:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines pulvermetallurgisch herzustellenden Bauteils,
- Fig. 2 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung eines Bauteils,
- Fig. 3 einen Querschnitt durch einen Sinterkörper nach dem Sintern bei 1000 °C,
- Fig. 4 einen Querschnitt durch einen Sinterkörper nach dem Sintern bei 1200 °C,
- Fig. 5 einen Querschnitt durch einen Sinterkörper nach dem Sintern bei 1350 °C,
- Fig. 6 einen Aufriss einer Turbinenschaufel,
- Fig. 7 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung einer Turbinenschaufel
- Fig. 8 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Einfüllvorrichtung für eine Pulversuspension für die Blattpartie einer Turbinenschaufel (Phase I),
- Fig. 9 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Absaugvorrichtung für eine Pulversuspension für die Blattpartie einer Turbinenschaufel (Phase II),
- Fig. 10 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Einfüllvorrichtung für eine Pulversuspension für die ganze Turbinenschaufel (Phase III),
- Fig. 11 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Absaugvorrichtung für eine Pulversuspension für die ganze Turbinenschaufel (Phase IV),
- Fig. 12 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Einfüllvorrichtung für Pulver für den grobkörnigen Kern einer Turbinenschaufel (Phase V),
- Fig. 13 einen Schnitt (schematischer metallographischer Schliff) durch das Gefüge eines mehrschichtigen gesinterter, heiss-isostatisch gepressten Körpers,

Fig. 14 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung einer Turbinenschaufel unter Verwendung unterschiedlicher Trägerflüssigkeiten und trockenen Pulvers,

Fig. 15 einen schematischen Aufriss/Schnitt durch einen Teil einer Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung einer Turbinenschaufel unter abwechselungsweiser Verwendung von Trägerflüssigkeiten und trockenen Pulvern (Folge der Herstellungsphasen),

Fig. 16 einen Aufriss/Schnitt durch eine hochporöse pulvermetallurgisch hergestellte Turbinenschaufel für Innenkühlung,

Fig. 17 einen Längsschnitt durch einen heterogenen pulvermetallurgisch hergestellten Biegebalken,

Fig. 18 einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform und ein pulvermetallurgisch herzustellendes mit eingebetteten Fasern armiertes Bauteil.

In Fig. 1 ist eine perspektivische Darstellung eines pulvermetallurgisch herzustellenden Bauteils wiedergegeben. Es handelt sich im vorliegenden Fall um ein Bauteil in Form eines Rotationskörpers (z.B. Welle mit verzahnten Scheiben).

Fig. 2 zeigt einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung eines Bauteils. Die Form entspricht derjenigen des Bauteils 1 in Fig. 1. 2 stellt die poröse Keramikform dar, deren Hohlraum 3 unter Berücksichtigung der Schwindung ein ähnliches Abbild des Bauteils ist.

Fig. 3 ist ein Querschnitt durch einen Sinterkörper nach dem Sintern bei einer Temperatur von 1000 °C. 4 stellt die feinkörnige Randzone, 5 den grobkörnigen Kern dar. In der rechten Bildhälfte der Figur ist ein Ausschnitt aus der Randpartie vergrössert dargestellt. Die Körner sind weiss, die Poren schwarz gehalten. 6 ist das Korn der Randzone (94 % Dichte) nach dem Sintern bei 1000 °C. 7 stellt den entsprechenden Porenraum der Randzone (6 %) dar. 8 ist das Korn des Kerns (90 % Dichte) nach dem Sintern bei 1000 °C. 9 ist der entsprechende Porenraum des Kerns (10 %).

Fig. 4 stellt einen Querschnitt durch einen Sinterkörper nach dem Sintern bei 1200 °C dar. 4 ist wieder die feinkörnige Randzone, 5 der grobkörnige Kern. Der vergrösserte Ausschnitt der rechten Bildhälfte zeigt das Korn 10 der Randzone (99 % Dichte) nach dem Sintern bei 1200 °C sowie das entsprechende Porenvolumen 11 der Randzone (1 %) und das Korn 12 des Kerns (94 % Dichte) sowie das entsprechende Porenvolumen 13 des Kerns (6 %).

In Fig. 5 ist ein Querschnitt durch einen Sinterkörper nach dem Sintern bei 1350 °C dargestellt. Die feinkörnige Randzone 4 und der grobkörnige Kern 5 sind in der rechten Bildhälfte vergrößert wiedergegeben. 14 ist das Korn der Randzone (100 % Dichte) nach dem Sintern bei 1350 °C, wobei kein Porenraum mehr vorhanden ist. 15 stellt das Korn des Kerns (95 % Dichte), 16 das entsprechende Porenvolumen (5 %) dar.

In Fig. 6 ist ein Aufriss einer Turbinenschaufel schematisch dargestellt. Die Schaufel ist derart gezeichnet, dass sich ihre Fusspartie 17 ("Tannenbaumfuss") oben, ihre Blattpartie 18 mit der Bohrung 19 für den Dämpferdraht unten befindet. Selbstverständlich kann die Schaufel jede beliebige andere Form aufweisen.

Fig. 7 bezieht sich auf einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung einer Turbinenschaufel. 2 ist die poröse Keramikform, 3 stellt den Hohlraum dar, welcher ein getreues, massstäbliches Abbild des zu fertigenden Werkstücks ist (Berücksichtigung des Schwindmasses). Der für die Blattpartie vorgesehene Raum befindet sich unten, der für den Fussteil vorgesehene mit dem Eingangstrichter im oberen Teil der Form 2.

Fig. 8 zeigt einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Einfüllvorrichtung für eine Pulversuspension für die Blattpartie einer Turbinenschaufel (Phase I). 2 ist eine poröse Keramikform (siehe Fig. 7). 20 stellt einen Vorratsbehälter für die Pulversuspension in einer Aufschlämmung dar. 21 ist das Zufuhrrohr für die Pulversuspension, das sich am unteren Ende des Vorratsbehälters 20 im Anschluss an den trichterförmigen unteren Teil 22 befindet. 23 stellt eine dünnflüssige Suspension von Pulver für die feinkörnige Randzone in der Blattpartie (Hülle) dar. 24 ist die besagte Pulverschüttung in Suspension für die feinkörnige Randzone (Antierosionsschicht für die Blattpartie) nach dem Einfüllen in die Keramikform 2.

In Fig. 9 ist ein Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Absaugvorrichtung für eine Pulversuspension für die Blattpartie einer Turbinenschaufel (Phase II) dargestellt. Die Bezugszeichen 2 und 3 entsprechen genau denjenigen von Fig. 8. 23 ist die dünnflüssige Suspension. 25 stellt das Absaugrohr für die Pulversuspension dar. In der linken Bildhälfte ist die Randpartie vergrößert dargestellt. 26 ist die Forminnenwand, 27 die an der Forminnenwand 26 adherierende dünne Schicht der Pulversuspension (Antierosionsschicht).

Fig. 10 zeigt einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Einfüllvorrichtung für eine Pulversuspension für die ganze Turbinenschaufel (Phase III). 2 ist die poröse Keramikform, 20 der Vorratsbehälter für eine Pulversuspension in Aufschlämmung und 27 die bereits an der Forminnenwand

adherierende dünne Schicht der ersten Pulversuspension (Antierosionsschicht). 28 ist eine dünnflüssige Suspension von Pulver (zweite Mischung) für die feinkörnige Randzone in der ganzen Schaufel (Hülle). 29 ist die entsprechende Pulverschüttung in Suspension für die feinkörnige Randzone (gasdichte Schicht für die ganze Schaufel) nach dem Einfüllen in die Keramikform 2.

In Fig. 11 ist ein Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Absaugvorrichtung für eine Pulversuspension für die ganze Turbinenschaufel (Phase IV) dargestellt. 2 und 3 entsprechen den Bezugszeichen in Fig. 8. 25 ist ein Absaugrohr für die Pulversuspension 28 gemäss Fig. 10. In der linken Bildhälfte ist die Randpartie vergrößert dargestellt. 26 stellt die Forminnenwand, 27 die an der Forminnenwand 26 adherierende dünne Schicht der ersten Pulversuspension (Antierosionsschicht) und 30 die an der letzteren an der Forminnenwand 26 adherierende dünne Schicht der zweiten Pulversuspension (gasdichte Schicht) dar.

In Fig. 12 ist ein Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform mit Einfüllvorrichtung für Pulver für den grobkörnigen Kern einer Turbinenschaufel (Phase V) dargestellt. Die Bezugszeichen 2 und 20 entsprechen genau denjenigen der Fig. 8. 31 ist ein Pulver für den grobkörnigen Kern der Turbinenschaufel, 32 die entsprechende trockene Pulverschüttung. In der linken Bildhälfte ist die Randpartie vergrößert dargestellt. 26 ist die Forminnenwand, 27 die an der Forminnenwand 26 adherierende dünne Schicht der ersten Pulversuspension (Antierosionsschicht), 30 die an der letzteren adherierende dünne Schicht der zweiten Pulversuspension (gasdichte Schicht) und 32 die trockene Pulverschüttung des grobkörnigen Kerns.

Fig. 13 bezieht sich auf einen Schnitt (schematischer metallographischer Schliff) durch das Gefüge eines mehrschichtigen gesinterten, heiss-isostatisch gepressten Körpers. 33 stellt die dichtgesinterte, heiss-isostatisch gepresste Antierosionsschicht mit 100 % Dichte der feinkörnigen Randzone dar (Aussenhaut). 34 ist die dichtgesinterte, heiss-isostatisch gepresste gasdichte Schicht mit 100 % Dichte der feinkörnigen Randzone. 35 ist der gesinterte, heiss-isostatisch gepresste grobkörnige Kern des Werkstücks.

In Fig. 14 ist ein Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform zur pulvermetallurgischen Herstellung einer Turbinenschaufel unter Verwendung unterschiedlicher Trägerflüssigkeiten und trockenen Pulvers dargestellt. 2 ist die poröse Keramikform, 3 deren Hohlraum. Der Pfeil 36 (mit Wellenlinien) deutet die Zufuhr von klebriger viskoser Flüssigkeit an. Der Pfeil 37 (mit Punkten) bedeutet die Zufuhr von an der Forminnenwand adherierenden Pulvers.

Fig. 15 zeigt einen schematischen Aufriss/Schnitt durch einen Teil einer Keramikform

zur pulvermetallurgischen Herstellung einer Turbinenschaufel unter abwechselungsweiser Verwendung von Trägerflüssigkeiten und trockenen Pulvern (Folge der Herstellungsphasen). 2 stellt die poröse Keramikform (Ausschnitt) dar. Die senkrechten nach unten gerichteten Pfeile stellen die abwechselungsweise Zufuhr von viskosen Flüssigkeiten (Wellenlinien) und Pulvern verschiedener Partikelgrösse (Punkte) dar. 38 bedeutet eine an der Forminnenwand klebende mässig viskose Flüssigkeit. 39 ist ein erstes, an der mässig viskosen Flüssigkeit 38 klebendes feinstkörniges Pulver. 40 wiederum ist eine an der feinstkörnigen Schicht klebende hochviskose Flüssigkeit. Darauf folgt mit 41 ein an der hochviskosen Flüssigkeit klebendes mittelfeinkörniges Pulver. Nach diesen, die Randzone aufbauenden Schichten folgt zum Schluss das grobkörnige Pulver 42 für den Kern. Alle Pulverschüttungen werden mit trockenen Pulvern ausgeführt.

Fig. 16 zeigt einen Aufriss/Schnitt durch eine hochporöse pulvermetallurgisch hergestellte Turbinenschaufel für Innenkühlung. 43 ist eine poröse hochdämpfende Turbinenschaufel für Innenkühlung bestehend aus Blatt und Fuss. 44 stellt die Zufuhr des gasförmigen Kühlmediums durch im Pulverkörper angelegte Kanäle dar. Die Pfeile 45 bedeuten die Abfuhr des gasförmigen Kühlmediums von der Oberfläche des Schaufelblatts. 46 ist die feinkörnige hochporöse Aussenhaut der Randzone, 47 die mittelfeinkörnige hochporöse Zwischenschicht der Randzone. 48 stellt den grobkörnigen hochporösen Kern dar. In der linken Bildhälfte ist die Schichtfolge in stärkerer Vergrösserung dargestellt. Es versteht sich von selbst, dass zur Ermöglichung des Durchtritts des Kühlmediums alle Schichten offenporig sein müssen.

In Fig. 17 ist ein Längsschnitt durch einen heterogenen pulvermetallurgisch hergestellten Biegebalken dargestellt. 49 ist ein heterogenes Bauteil (Biegebalken) als Beispiel der Leichtbausweise. 50 ist die dichte feinkörnige Randzone, die die glatte Aussenhaut bildet, 51 stellt den hochporösen grobkörnigen Kern als versteifendes Gerüst dar. 52 ist das sich dazwischen befindliche grosse Porenvolumen. Die senkrecht wirkende Last ist durch das Symbol P, die Reaktionskräfte durch das Symbol $\bar{P}$ angedeutet. σ zeigt den Verlauf der Hauptspannung im Schnitt des grössten Biegemoments.

Fig. 18 bezieht sich auf einen Aufriss/Schnitt durch eine Keramikform und ein pulvermetallurgisch herzustellendes mit eingebetteten Fasern armiertes Bauteil. 1 stellt das Bauteil in Form eines Rotationskörpers dar. 2 ist die poröse Keramikform. 53 bedeutet die feinkörnige Hülle (Randzone), 54 die der Kontur folgenden eingebetteten Armierungsfasern aus Keramik oder Metall. 55 stellt die die allgemeine Form bestimmende,

vorwiegend Druckkräfte aufnehmende grobkörnige Kernzone dar.

Ausführungsbeispiel 1:

Siehe Figuren 1, 2, 3, 4 und 5 !

Es wurde ein aus einer Welle und 2 Scheiben bestehender Rotationskörper als Bauteil pulvermetallurgisch hergestellt, wobei die Oberfläche möglichst glatt, feinkörnig und dicht sein sollte. Das Bauteil 1 hatte ein Stückgewicht von ca. 1,5 kg und bestand aus dem Werkstoff mit dem Handelsnamen Amdry 12 T (Nr. 1.4922 gemäss DIN 17243) mit der nachfolgenden Zusammensetzung:

Cr = 12,5 Gew.-%

Ni = 0,6 Gew.-%

Mo = 0,9 Gew.-%

V = 0,3 Gew.-%

Mn = 0,3 Gew.-%

Si = 0,05 Gew.-%

C = 0,19 Gew.-%

Fe = Rest

Der Werkstoff wurde als Pulver mit einer Partikelgrösse von 20 bis 500 μm angeliefert. Aus diesem Ausgangsmaterial wurde der Feinanteil mit einer Partikelgrösse von 20 bis 200 μm ausgesiebt. Aus diesem Feinanteil wurde mit Äthylalkohol eine vergleichsweise dünnflüssige Aufschlämmung hergestellt:

Festpartikel: 300 g

Flüssigkeit: 100 cm^3

Diese dünnflüssige Suspension wurde in den Hohlraum 3 einer vorgefertigten porösen Keramikform 2 gegossen und durch Schwenken an der ganzen Innenfläche verteilt, wo sie haften blieb. Dabei wirkte die poröse Keramikform 2 wie ein Schwamm, der den grössten Teil des Alkohols aufzog. Nun wurde in den Hohlraum 3 der noch eine feuchte Innenwand aufweisenden Keramikform 2 die verbleibende grobe Fraktion des Metallpulvers bis zum Rand des Einfülltrichters eingefüllt und durch Rütteln (periodisches Aufstossen auf eine Gummunterlage) vorverdichtet.

Auf die beschriebene Weise wurden mehrere Bauteile (Rotationskörper) hergestellt und nach einem vorgegebenen Programm gesintert. Dabei wurde das Werkstück jeweils im Zeitraum von ca. 3 h auf Sintertemperatur gebracht, während 4 h auf dieser gehalten und innerhalb von 3 h wieder auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Sintertemperaturen betrugen:

a). 1000 °C (Vergl. Fig. 3)

b). 1200 °C (Vergl. Fig. 4)

c). 1350 °C (Vergl. Fig. 5)

Weitere Werkstücke wurden nach dem Sintern zusätzlich bei einer Temperatur von 1200 °C unter einem Druck von 1500 bar ohne Verwendung von

Kapseln heiss-isostatisch gepresst.

Nach der Fertigung wurden aus den verschiedenen Querschnitten der Bauteile Prüfkörper herausgeschnitten und sowohl die mechanischen Eigenschaften wie das Gefüge, insbesondere der Verlauf der Dichte mittels metallographischer Schliffe untersucht. Dabei zeigte sich, dass die bei 1000 °C nach a). gesinterten Bauteile in ihrer Randzone nicht genügend dicht waren, um mit einem kapsellosen Verfahren heiss-isostatisch nachverdichtet werden zu können. Die Randzone der bei 1200 °C nach b). und bei 1350 °C nach c). gesinterten Bauteile war für das nachfolgende heiss-isostatische Pressen ohne Verwendung einer separaten zusätzlichen Kapsel genügend dicht. Die durch die Randzone gebildete zusammenhängende Hülle ersetzte somit die sonst beim konventionellen heiss-isostatischen Pressen notwendige Metallkapsel.

Die bei mindestens 1200 °C gesinterten Werkstücke zeigten eine glänzende glatte Oberfläche und eine Rauigkeit von weniger als 4 µm, sodass auf eine zusätzliche mechanische Bearbeitung der Wellenpartien der Bauteile verzichtet werden konnte (Vergl. Figuren 4 und 5).

Die Resultate der verschiedenen Verfahrensvarianten sind in den Figuren 3, 4 und 5 dargestellt. Die Werkstücke gemäss b). und c). waren porenfrei und zeigten ein dichtes Gefüge.

Ausführungsbeispiel 2:

Siehe Figuren 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 und 13 !

Aus einer hochwarmfesten Nickelbasislegierung wurde nach pulvermetallurgischen Methoden eine Turbinenschaufel bestehend aus Fuss- und Blattparite (17; 19) hergestellt. Der Fuss 17 hatte Tannenbaumform. Das Blatt 19 bestand aus einem Tragflügelprofil mit folgenden Abmessungen:

- Länge
= 220 mm
- Breite
= 65 mm
- Profilhöhe
= 11 mm
- Maximale Dicke
= 7 mm

Das Schaufelblatt 19 wies auf seiner Oberfläche eine erosions- und oxydationsbeständige Schicht aus einer hochchromhaltigen Speziallegierung auf. Darunter folgte eine dichte feinkörnige Randzone, die sich auch bis in die Fusspartie 17 fortsetzte und eine zusammenhängende gasdichte Hülle bildete, welche das Werkstück für das nachfolgende heiss-isostatische Pressen geeignet machte. Es wurde wie folgt vorgegangen: Zunächst wurde eine dünnflüssige Aufschlämmung 23 der erosions- und

oxydationsbeständigen Speziallegierung mit der Handelsbezeichnung SV 20 1473 der Firma Stark (Typ NiCrAlY) aus einem Vorratsbehälter 20 über einen trichterförmigen Teil 22 und ein Zufuhrrohr 21 in den Hohlraum der Blattpartie einer porösen Keramikform 2 eingefüllt. Die Partikelgrösse des Pulvers (23, 24) bewegte sich zwischen 1 und 45 µm, wobei ca. 10 % kleiner als 20 µm waren. Als Aufschlämmungsmittel wurde Äthylalkohol verwendet. Die Legierung Typ NiCrAlY hatte die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr = 25 Gew.-%
Ta = 1 Gew.-%
Al = 5 Gew.-%
Si = 2 Gew.-%
Y = 0,5 Gew.-%
Ni = Rest

Die überschüssige Pulversuspension (23, 24) wurde mittels eines Absaugrohres 25 wieder abgesaugt. Die an der Innenwand 26 des Hohlraumes der Blattpartie der Keramikform 2 hängengebliebene feuchte Pulverschicht (Pulversuspension 27) wies eine durchschnittliche Dicke von 1,2 mm auf.

In einem zweiten Arbeitsgang wurde eine Suspension 28 vom Pulver des Werkstoffs mit der Bezeichnung B 1914 (Nickelbasislegierung entsprechend G-Ni 110 von INCO) bis zum Trichterrand des Hohlraumes der Keramikform 2 eingefüllt. Zu diesem Zweck wurde aus einem Pulver von 5 bis 500 µm Partikeldurchmesser die unter 50 µm liegende feine Fraktion (Anteil ca. 12 %) ausgesiebt. Der Werkstoff hatte die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr = 10 Gew.-%
Co = 10 Gew.-%
Mo = 3 Gew.-%
Ti = 5,3 Gew.-%
Al = 5,5 Gew.-%
Fe = 0,5 Gew.-%
Si = 0,1 Gew.-%
Mn = 0,1 Gew.-%
B = 0,1 Gew.-%
C = 0,02 Gew.-%
Ni = Rest

Die nach Absaugen der überschüssigen Suspension hängengebliebene feuchte Pulverschicht (Pulversuspension 30) wies eine Dicke von durchschnittlich 1,5 mm auf.

In einem dritten Arbeitsgang wurde nun die übriggebliebene gröbere Fraktion des Pulvers 31 der Nickelbasislegierung B 1914 in trockenem Zustand als Kernmaterial in die Keramikform 2 eingefüllt und durch Rütteln vorverdichtet.

Das auf diese Weise vorbereitete Werkstück wurde zunächst bei 200 °C getrocknet, unter einem Vorvakuum entsprechend einem Restdruck von 10⁻⁵ bar während einer Zeitdauer von 3 h auf eine Temperatur von 800 °C gebracht und bei dieser

Temperatur unter Argonatmosphäre bei reduziertem Druck vorgesintert. Dann wurde der Ofen im Zeitraum von 2 1/2 h auf eine Temperatur von 1280 °C gebracht und bei dieser Temperatur während 4 h fertiggesintert. Hierauf wurde das Werkstück im Zeitraum von 3 h auf Raumtemperatur abgekühlt.

Anschließend wurde das Bauteil bei einer Temperatur von 1100 °C unter einem Druck von 1800 bar während 3 h heiss-isostatisch gepresst.

Die metallographische Untersuchung ergab eine einwandfreie fest haftende metallurgische Bindung zwischen AntierosionsSchutzschicht, feinkörniger Randzone und Kernmaterial. Alle Gefügezonen waren vollkommen dicht (vergl. Fig. 13). Als Folge davon waren auch die mechanischen Eigenschaften wie Ermüdungsfestigkeit und Kriechwiderstand ausgezeichnet. Auch die Korrosionsbeständigkeit war hervorragend.

Ausführungsbeispiel 3:

Siehe Figuren 14 und 15!

Es wurde eine Turbinenschaufel pulvermetallurgisch aus einer Titanlegierung hergestellt. Die Schaufel hatte einen schwalbenschwanzförmigen Fuss und ein Blatt mit Tragflügelprofil von folgenden Abmessungen:

- Länge
= 400 mm
- Grösste Breite
= 110 mm
- Profilhöhe
= 32 mm
- Maximale Dicke
= 22 mm

Der Werkstoff mit der Bezeichnung Ti6Al4V nach DIN 17860 hatte folgende Zusammensetzung:

- Al = 6,2 Gew.-%
- V = 4,0 Gew.-%
- Fe = 0,3 Gew.-%
- C = 0,08 Gew.-%
- Ti = Rest

Zunächst wurde eine poröse keramische Form 2 auf der Innenwand des Hohlraums 3 mit einer dünnflüssigen klebrigen Lösung 36 von Polyuräthanharz als organischem Binder in Aethylalkohol angefeuchtet durch Eingiessen, Schwenken und Ausgiessen des Überschusses. Dann wurde Ti6Al4V-Pulver (Zufuhr 37) mit einer Partikelgrösse von 5 bis 300 µm (Fraktion < 50 µm 5 % des Gewichts) in die Form 2 eingefüllt. Letztere wurde geschwenkt und geschüttelt und das überschüssige Pulver wieder ausgeschüttet. Dabei blieb ein Teil (Feinkörniges Pulver 39) der Feinstfraktion (< 50 µm) an der klebrigen Innenwand (mässig viskose Flüssigkeit 38) der Keramikform 2 hängen. Hier-

auf wurde durch Trocknen bei 50 °C während 1 h das Lösungsmittel des Binders ausgetrieben. Nun wurde eine Lösung höherer Viskosität (Flüssigkeit 40) eines organischen Binders in einem Lösungsmittel in die Form 2 gegossen und wie oben verfahren. Dann wurde eine mittelfeine Fraktion (Pulver 41) von 50 bis 120 µm (durchschnittlich 80 µm) des Pulvers in die feuchte Form 2 geschüttet und das Ganze während 10 bis 15 min stehen gelassen. Dabei wurde eine dickere Schicht von mittelfeinkörnigem Pulver 41 von der viskosen Binderlösung (Flüssigkeit 40) durchtränkt und auf diese Weise auf der schon an der Innenwand haftenden Feinkornschicht (Pulver 39) festgehalten. Daraufhin wurde das überschüssige Pulver der Mittelfraktion ausgeschüttet und der Grobkornanteil (Pulver 42 für Kern) von 200 µm durchschnittlicher Partikelgrösse bis zum Trichterrand eingefüllt und durch Rütteln vorverdichtet. Zunächst wurde unter Vakuum bei 400 °C getrocknet, wobei die organischen Substanzen abdampften bzw. sich zersetzten. Dann wurde mit einer Geschwindigkeit von 5 °C pro min auf eine Temperatur von 1260 °C aufgeheizt und bei dieser Temperatur während 4 h gesintert. Das Ergebnis war ein noch poröses Bauteil, wobei der Kern vergleichsweise grobporig, die Randzone feinporig war. Zum Schluss wurde das Bauteil bei einer Temperatur von 1300 °C unter Argonatmosphäre unter einem Druck von 2000 bar während 3 h heiss-isostatisch nachgepresst. Die metallographische Untersuchung zeigte ein vollkommen dichtes porenfreies Gefüge über den ganzen Querschnitt.

Ausführungsbeispiel 4:

Siehe Figuren 14, 15 und 16!

Gemäss Beispiel 3 wurde aus der Titanlegierung Ti6Al4V eine poröse hochdämpfende Turbinenschaufel 49 für Innenkühlung (Zufuhr 44, Abfuhr 45 des Kühlmediums) gleicher Endabmessungen hergestellt. Dabei war das Ziel jedoch ein anderes. Statt im Endeffekt ein vollkommen dichtes Bauteil zu erhalten, wurde hier bewusst das heiss-isostatische Pressen zwecks Nachverdichtung und Porenschliessen weggelassen. Dieser Tatsache wurde schon bei der Dimensionierung der Keramikform 2 Rechnung getragen, indem nur die Reduktion des Werkstücks durch das übliche Schwinden berücksichtigt werden musste. Es wurde von zwei Pulvermischungen ausgegangen: Feinkörnig von 5 bis 70 µm (Pulver 39); grobkörnig von 50 bis 500 µm. Von der grobkörnigen Mischung wurde der Feinanteil von 50 bis 200 µm für den Aufbau der zweiten Schicht der Randzone (Pulver 4) abgesiebt, sodass für den hochporösen Kern 48 eine grobe Fraktion (Pulver 42) von 200 bis 500 µm übrigblieb. Es wurde

darauf geachtet, dass die Stirnseite des Schaufelfusses keine fein- und mittelkörnige Randzone aufwies.

Nun wurde genau gleich wie unter Beispiel 3 vorgegangen. Der Sinterprozess wurde unter Argonatmosphäre bei einer Temperatur von 1150 °C während 6 h durchgeführt. Die Dichte des grobkörnigen Kerns 48 betrug durchschnittlich 70 %, diejenige der fein- und mittelkörnigen Randzone (Aussenhaut 46 und Zwischenschicht 47) 75 %. Das offene, für den Durchtritt des gasförmigen Kühlmediums zur Verfügung stehende Porenvolumen betrug somit 30 bzw. 25 %. Die mechanisch-dynamische Untersuchung ergab, dass die Schaufel im genannten Temperaturbereich ausgezeichnete Dämpfungseigenschaften aufwies. Dies war ein weiterer Vorteil zusätzlich zur hervorragenden, nur kleine Temperaturgradienten verursachenden Innenkühlung der Schaufel.

Ausführungsbeispiel 5:

Siehe Figuren 14, 15 und 17 !

Ähnlich Beispiel 3 wurde ein heterogenes Bauteil 49 in Form eines Biegebalkens aus einer Nickelbasis-Superlegierung hergestellt. Die Legierung mit dem Handelsnamen IN 738 von INCO hatte die nachfolgende Zusammensetzung:

Cr = 16,0 Gew.-%
Co = 8,5 Gew.-%
Mo = 1,7 Gew.-%
W = 2,6 Gew.-%
Ta = 1,8 Gew.-%
Ti = 3,4 Gew.-%
Al = 3,4 Gew.-%
Nb = 0,9 Gew.-%
Zr = 0,1 Gew.-%
B = 0,01 Gew.-%
C = 0,17 Gew.-%
Ni = Rest

Das prismatische Bauteil 49 hatte folgende Abmessungen:

Länge = 300 mm
Breite = 25 mm
Höhe = 60 mm

Grundsätzlich wurde ähnlich vorgegangen wie unter Beispiel 3 beschrieben. Um jedoch eine dickere feinkörnige Randzone 50 zu erreichen, wurde die erste Phase des Verfahrens mehrmals wiederholt. Das gleiche wurde für den mittelkörnigen Teil der Randzone 50 ausgeführt. Letztere bestand im Endeffekt aus 3 feinkörnigen Schichten von je ca. 0,8 mm Dicke und aus 2 mittelkörnigen Schichten von je ca. 1,2 mm Dicke, sodass die gesamte Dicke ca. 5 mm betrug. Der aus Pulverpartikeln von durchschnittlich 500 µm Durchmesser aufgebaute grobkörnige Kern 51 wurde nur sehr lose

aufgeschüttet, um ein möglichst grosses Pulvervolumen 52 zu erreichen. Nach Vakuum-Entgasung wurde das Ganze langsam auf eine Sintertemperatur von 1250 °C gebracht und auf dieser Temperatur während 3 h gehalten. Die nahezu dichtgesinterte Randzone 50 wies eine Dichte von 95 bis 98 % des theoretischen Wertes auf, während der Kern 51 etwa bei 70 % dieses Wertes lag. Es blieb im Kern 51 somit ein Porenvolumen 52 von ca. 30 % bestehen. Bei einem Belastungsversuch als Biegebalken konnte gezeigt werden, dass die Kräfte hauptsächlich von der annähernd dichten Randzone aufgenommen wurden. Die Biegefestigkeit betrug 85 bis 90 % derjenigen eines kompakten Vollstabes.

Ausführungsbeispiel 6:

siehe Figuren 1, 2, 14, 15 und 18.

Es wurde ein aus einer Welle und 2 Scheiben ähnlich Fig. 1 bestehender Rotationskörper als Bauteil aus Siliziumkarbid mit SiC-Faserverstärkung aus Pulvern hergestellt. Das Bauteil 1 (Rotationskörper) hatte ein Stückgewicht von ca. 1 kg. Die Scheiben hatten einen Durchmesser von 80 mm und eine Breite von 20 mm. Der Durchmesser der Welle betrug 20 mm.

Zunächst wurde mittels einer aus Polyuräthanharz und Äthylalkohol bestehenden klebrigen dünnflüssigen Trägerlösung die Innenwand des Hohlraums einer hochwarmfesten porösen geteilten Keramikform 2 getränkt. Dann wurde eine feinkörnige Mischung von Silizium, Graphit und Siliziumkarbid in die Form eingefüllt und der Überschuss wieder entfernt. Die Pulvermischung war wie folgt zusammengesetzt:

Si = 28 Gew.-%; Partikelgrösse: 2 - 5 µm
C = 12 Gew.-%; Partikelgrösse: 0,1 - 2 µm
SiC = 60 Gew.-%; Partikelgrösse: 1 - 20 µm

Im folgenden wurde wie unter Beispiel 3 angegeben verfahren.

Das Lösungsmittel des Binders wurde durch Trocknen bei 60 °C/1 h ausgetrieben. Dieser Verfahrensschritt wurde noch 2 x wiederholt, bis eine Oberflächenschicht von ca. 0,8 mm Dicke erzielt worden war. Nun wurde eine Zwischenschicht mit dickflüssiger Trägerlösung anderer Zusammensetzung und einem grobkörnigeren Pulver aufgebracht. Das Pulver hatte folgende Zusammensetzung:

Si = 35 Gew.-%; Partikelgrösse: 5 - 20 µm
C = 15 Gew.-%; Partikelgrösse: 1 - 5 µm
SiC = 40 Gew.-%; Partikelgrösse: 5 - 50 µm
SiC = 10 Gew.-%; Partikelgrösse: 2 - 10 µm

Die Trägerlösung hatte folgende Zusammensetzung:

Binder: "Mowid 4/88" (Polyvinylalkohol) 2 g auf 10

ml deionisiertes Wasser

Verflüssiger: Tetramethylammoniumhydroxyd 5 ml auf 100 ml fertiger Lösung.

Im übrigen wurde gleich vorgegangen wie oben. Nach dem Trocknen der Randzone wurde eine erste Faserschicht (Armierungfasern 54) von SiC-Fasern eingelegt und mit Äthylalkohol angefeuchtet. Daraufhin wurde mittelfeines SiC-Pulver von 10 bis 100 μm Partikelgrösse eingefüllt und das Ganze bei 60 °C/1 h getrocknet. Dann folgte eine zweite Schicht von SiC-Fasern (Armierungfasern 54) nach analoger Methode, welche nochmals angefeuchtet und mit einer mittelfeinen SiC-Pulverschicht abgedeckt wurde (feinkörnige Hülle 53). Nach erneutem Trocknen wurde die grobe Fraktion des die grobkörnige Kernzone 55 bildenden SiC-Pulvers trocken in den verbliebenen Hohlraum eingefüllt und durch Vibrieren vorverdichtet.

Nun wurde das Ganze unter Vakuum getrocknet und das Bindemittel zersetzt (350 °C/ 2 h). Dann wurde mit einer Geschwindigkeit von 10 °C pro min auf eine Temperatur von 1500 °C aufgeheizt und diese Temperatur während 2 h gehalten. Dabei backte die Randzone (Hülle 53) und die äussere SiC-Faserschicht (Armierungfasern 54) durch reaktives Flüssigphasensintern zu einer formstabilen festen Aussenhaut zusammen, während die Kernzone 55 noch weitgehend pulverförmig und demzufolge nachgiebig blieb. Die Temperatur wurde während 1 h auf 1650 °C gesteigert und auf diesem Wert während 2 h gehalten. Nun wurde die Form 2 entfernt und das Werkstück auf 2000 °C aufgeheizt und während 6 h gehalten. Bei dieser Temperatur sinterte auch die Kernzone 55 bis zu einer Dichte von über 90 % zusammen. Die Randzone erreichte eine Dichte von 100 %. Ohne zusätzliche Einkapselung wurde das Werkstück anschliessend bei einer Temperatur von 1800 °C und einem Druck von 2000 bar während 4 h unter Argonatmosphäre heiss-isostatisch gepresst. Die nach der Abkühlung erfolgte Untersuchung ergab auch im Kern eine Dichte von über 99 % des theoretischen Wertes.

Vorteile des Verfahrens:

- Dichte, glatte, feinkörnige Oberfläche
- Keine oder nur minimale zusätzliche Kosten für mechanische Bearbeitung des Werkstücks
- Geringe Oberflächenrauigkeit bis auf 0,002 mm erzielbar
- Gasdichte Oberflächenhaut, die das Einkapseln für nachfolgendes heiss-isostatisches Pressen erübrigt (Oberflächenhaut wirkt selbst als "Kapsel")

Die Erfindung ist nicht auf die Ausführungsbeispiele beschränkt.

Das Verfahren zur Herstellung eines Sinterkör-

pers mit einer Randzone 4 mit gezielten Oberflächeneigenschaften wird durchgeführt, indem an der Innenfläche der hohlen, die Gestalt des Sinterkörpers bestimmenden Negativform 2 zunächst durch Aufbringen von feinkörnigem Pulver, dessen mittlere Korngrösse höchstens 60 % der mittleren Korngrösse des zum Aufbau des Sinterkörpers verwendeten Pulvers beträgt, im Bereich der Randzone 4 eine feinkörnige Oberflächenhaut gebildet und anschliessend die Form 2 zur Bildung eines grobkörnigen Kerns 5 mit besagtem Pulver gefüllt und der auf diese Weise gebildete Grünling mit oder ohne Form 2 einem Sinterprozess unterworfen wird. Auf diese Weise wird entweder eine feinkörnige dichte Randzone 4 mit glatter Oberfläche oder eine feinkörnige poröse Randzone 4 mit feinen durchgehenden offenen Poren in der Oberfläche erzeugt.

Nach dem Verfahren wird ferner eine feinkörnige dichte Randzone (4; 50) hoher Festigkeit und ein grobkörniger hochporöser Kern 5 als versteifendes Gerüst erzeugt.

Die feinkörnige Oberflächenhaut wird dadurch gebildet, dass feinkörniges Pulver in einer Flüssigkeit zu einer Suspension 23 aufgeschlämmt, in die hohle Form 2 gegossen und diese zwecks Adhärenz der Pulverpartikel an deren Innenfläche geschwenkt wird und die überschüssige Aufschlämmung (23; 24) des feinkörnigen Pulvers wieder aus der Form 2 ausgeleert oder abgesaugt und letztere zwecks Verfestigung der gebildeten feinkörnigen Oberflächenhaut getrocknet wird. Nach einer Variante des Verfahrens wird die Innenfläche der hohlen Negativform 2 mit einer gut benetzenden Flüssigkeit 36 befeuchtet, das Pulver in die Form hineingeschüttet und der Überschuss wieder ausgeleert, worauf die auf diese Weise an der Innenfläche der Form 2 haftenden, den kleineren Fraktionen des Pulvers angehörenden feinkörnigen Pulverpartikel zwecks Verfestigung getrocknet werden. Das Verfahren des Aufbringens des feinkörnigen Pulvers zum Aufbau der feinkörnigen Oberflächenhaut wird vorzugsweise mehrfach wiederholt, wobei mehrere Lagen der Randzone 4 aufgebaut werden.

Zu diesem Zweck werden gemäss spezieller Ausbildung des Verfahrens zum Aufbringen der verschiedenen Lagen der Randzone 4 sukzessive gröbere Pulver verwendet und auf diese Weise eine nach dem Kern 5 stetig steigende Korngröszenstruktur geschaffen. Je nach Verwendungszweck werden zum Aufbau der mehrlagigen Randzone 4 des Sinterkörpers für die einzelnen Lagen Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung verwendet.

Nach einer besonders vorteilhaften Art des Verfahrens wird die feinkörnige Oberflächenhaut zunächst zu einem Hohlkörper dichtgesintert, der letztere mit Pulver gefüllt und das Ganze durch Fertigsintern und/oder heiss-isostatisches Pressen

mit oder ohne Einkapselung zum endgültigen Körper weiterbehandelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Sinterkörpers mit einer Randzone (4) mit gezielten Oberflächeneigenschaften, dadurch gekennzeichnet, dass an der Innenfläche der hohlen, die Gestalt des Sinterkörpers bestimmenden Negativform (2) zunächst durch Aufbringen von feinkörnigem Pulver, dessen mittlere Korngrösse höchstens 60 % der mittleren Korngrösse des zum Aufbau des Sinterkörpers verwendeten Pulvers beträgt, im Bereich der Randzone (4) eine feinkörnige Oberflächenhaut gebildet und anschliessend die Form (2) zur Bildung eines grobkörnigen Kerns (5) mit besagtem Pulver gefüllt und der auf diese Weise gebildete Grünling mit oder ohne Form (2) einem Sinterprozess unterworfen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine feinkörnige dichte Randzone (4) mit glatter Oberfläche erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine feinkörnige poröse Randzone (4) mit feinen durchgehenden offenen Poren in der Oberfläche erzeugt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine feinkörnige dichte Randzone (4; 50) hoher Festigkeit und ein grobkörniger hochporöser Kern (5) als versteifendes Gerüst erzeugt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die feinkörnige Oberflächenhaut dadurch gebildet wird, dass feinkörniges Pulver in einer Flüssigkeit zu einer Suspension (23) aufgeschlämmt, in die hohle Form (2) gegossen und diese zwecks Adhierung der Pulverpartikel an deren Innenfläche geschwenkt wird, und dass die überschüssige Aufschlämmung (23, 24) des feinkörnigen Pulvers wieder aus der Form (2) ausgeleert oder abgesaugt und letztere zwecks Verfestigung der gebildeten feinkörnigen Oberflächenhaut getrocknet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenfläche der hohlen Negativform (2) mit einer gut benetzenden Flüssigkeit (36) befeuchtet, das Pulver in die Form hineingeschüttet und der Überschuss wieder ausgeleert wird, und dass die auf diese Weise an der Innenfläche der Form (2) haftenden,

den kleineren Fraktionen des Pulvers angehörenden feinkörnigen Pulverpartikel zwecks Verfestigung getrocknet werden.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Aufbringen des feinkörnigen Pulvers zum Aufbau der feinkörnigen Oberflächenhaut mehrfach wiederholt wird und mehrere Lagen der Randzone (4) aufgebaut werden.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufbringen der verschiedenen Lagen der Randzone (4) sukzessive gröbere Pulver verwendet und auf diese Weise eine nach dem Kern (5) stetig steigende Korngrössenstruktur geschaffen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass zum Aufbau der mehrlagigen Randzone (4) des Sinterkörpers für die einzelnen Lagen Materialien unterschiedlicher Zusammensetzung verwendet werden.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die feinkörnige Oberflächenhaut zunächst zu einem Hohlkörper dichtgesintert, der letztere mit Pulver gefüllt und das Ganze durch Fertigsintern und/oder heiss-isostatisches Pressen mit oder ohne Einkapselung zum endgültigen Körper weiterbehandelt wird.

FIG.1

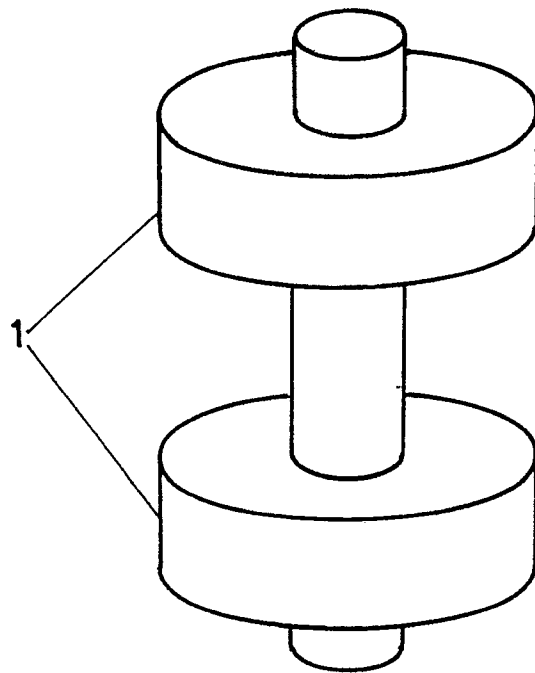


FIG.2

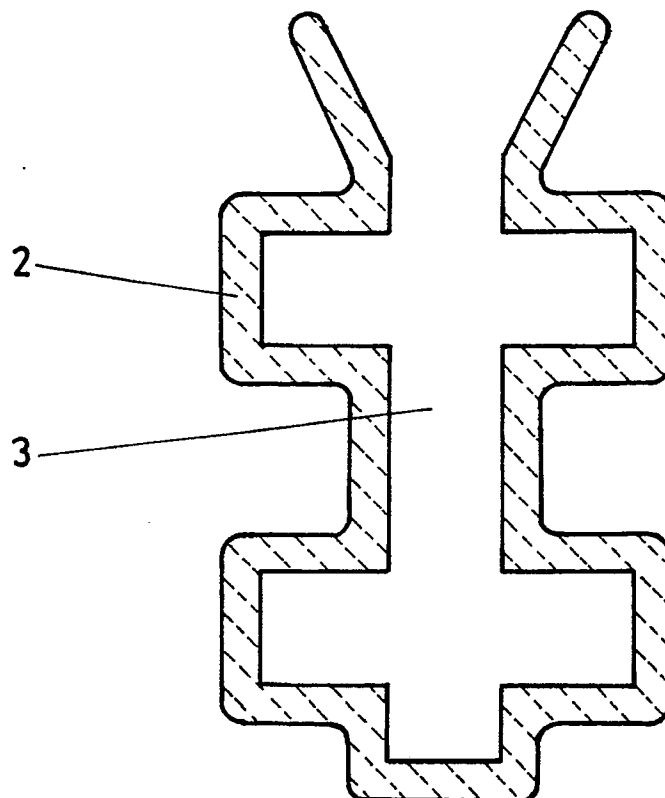


FIG.3

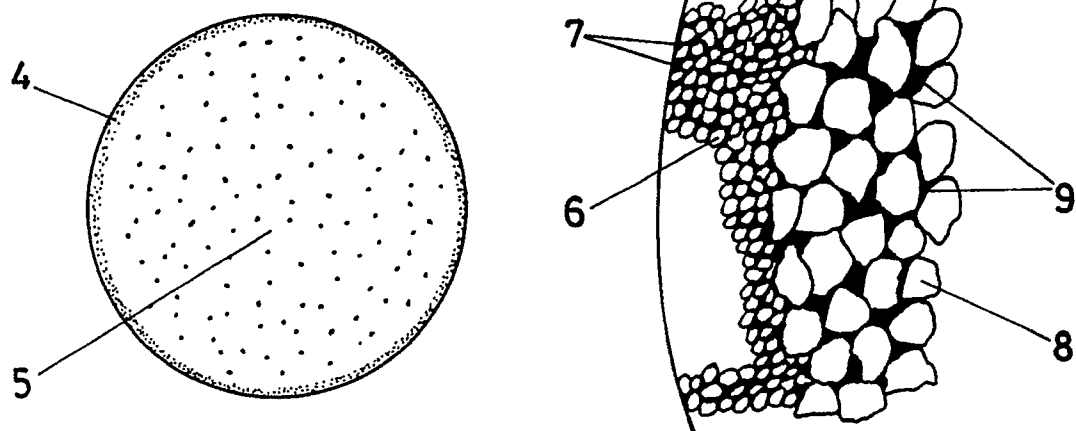


FIG.4

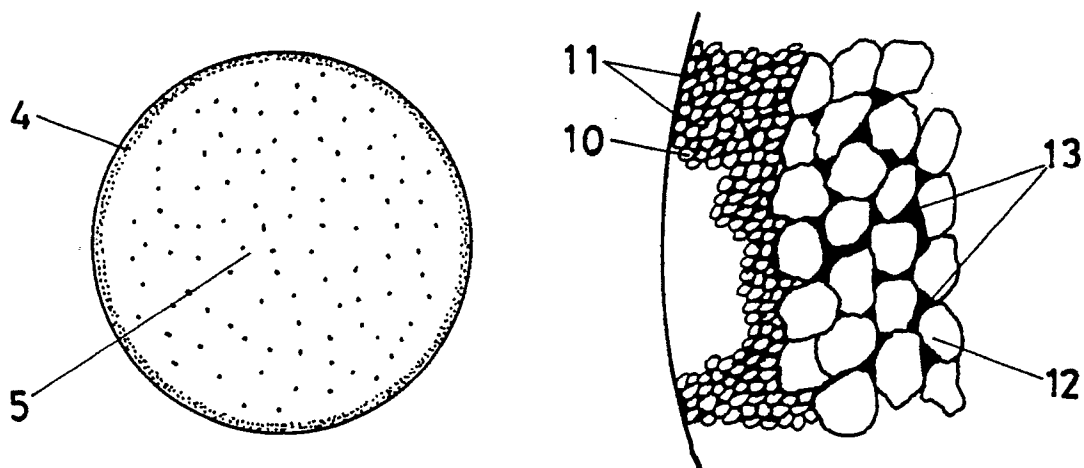


FIG.5

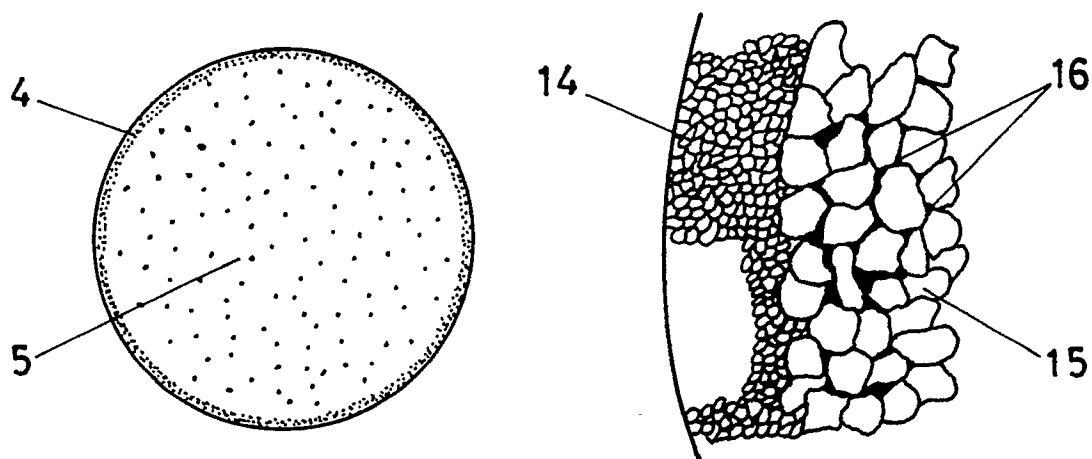


FIG.6

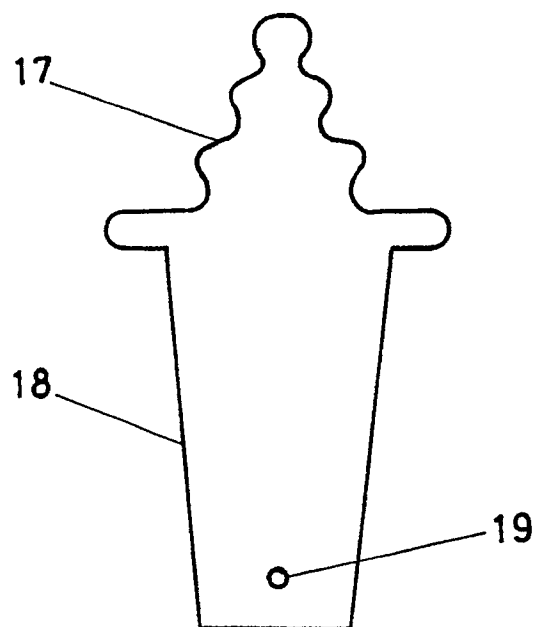


FIG.7

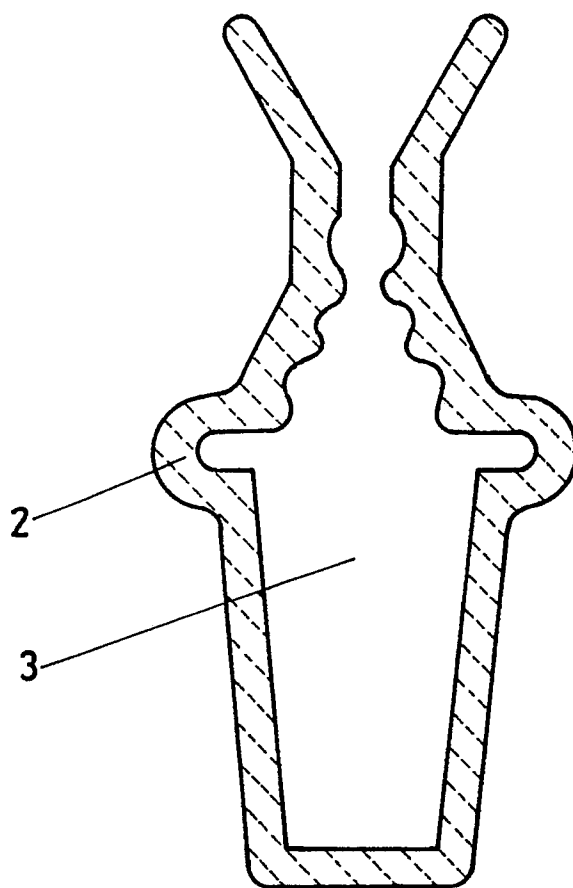


FIG. 8

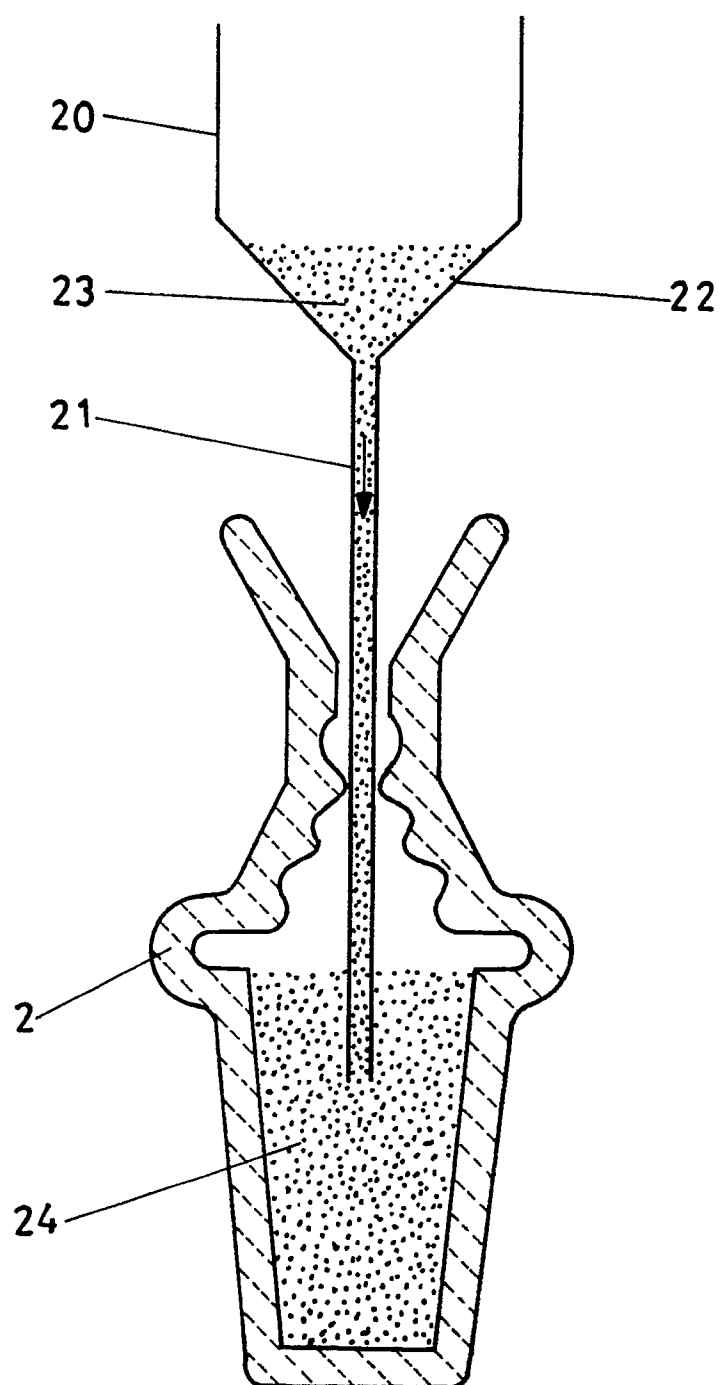


FIG.9

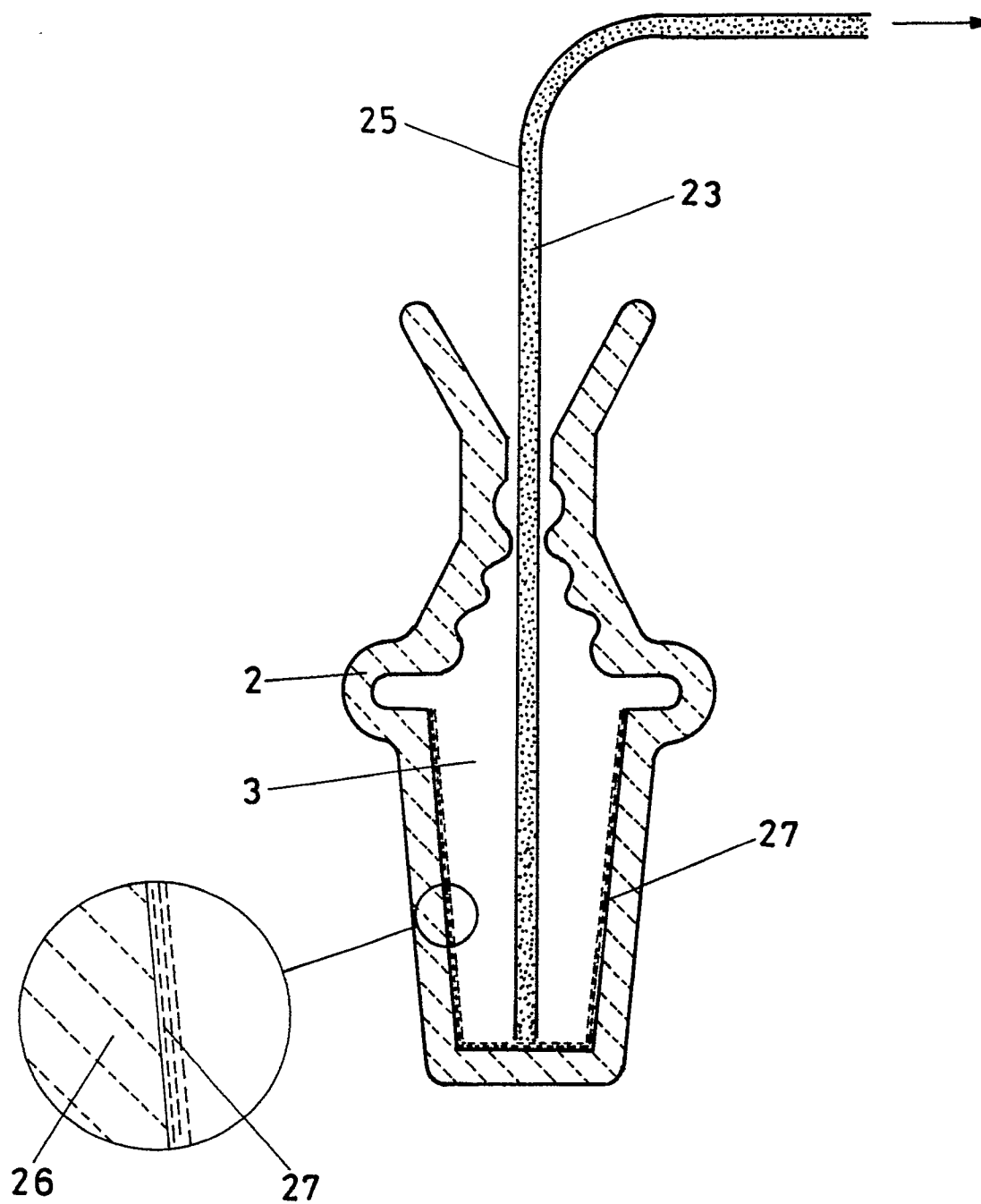


FIG.10

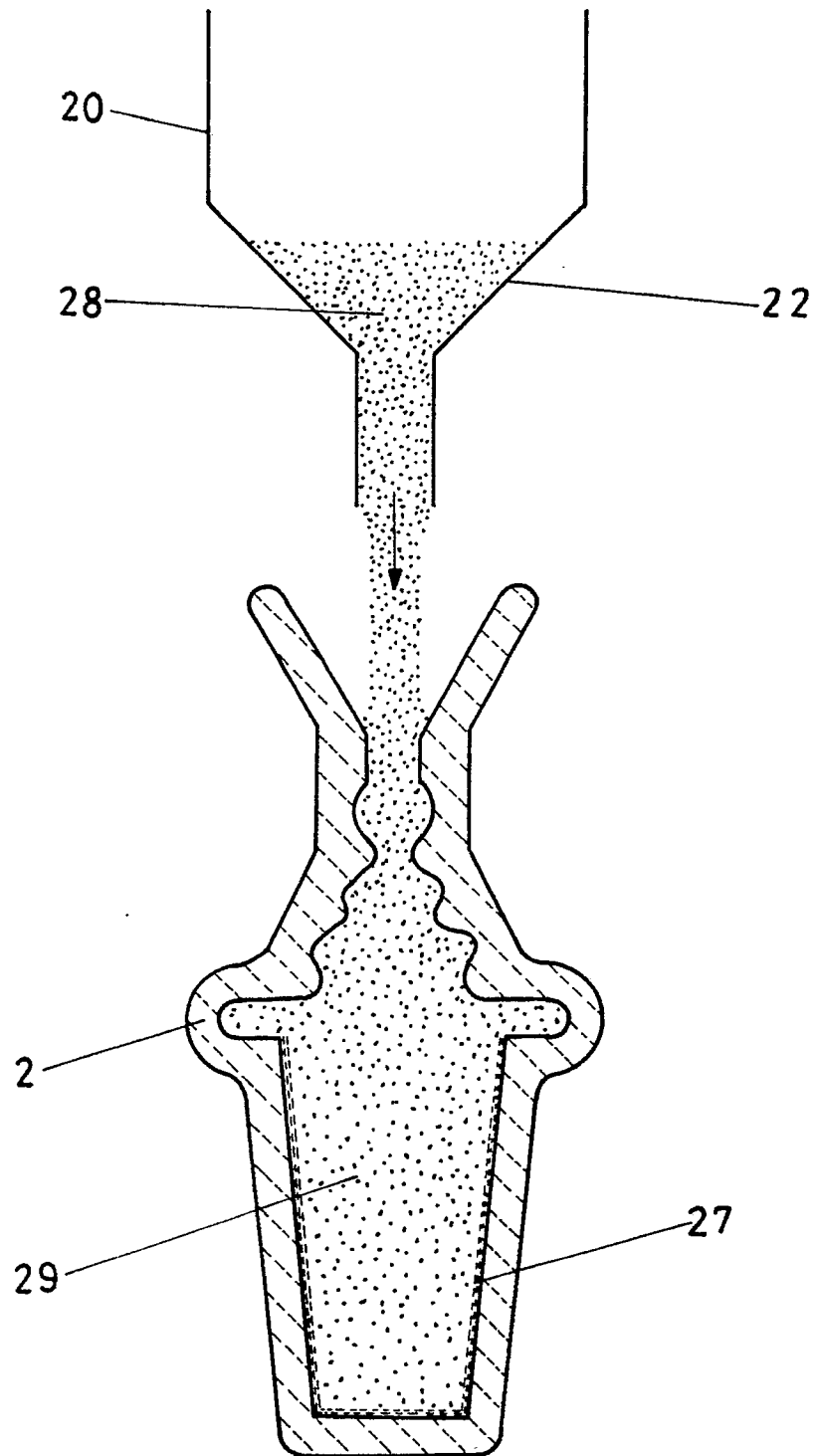


FIG.11

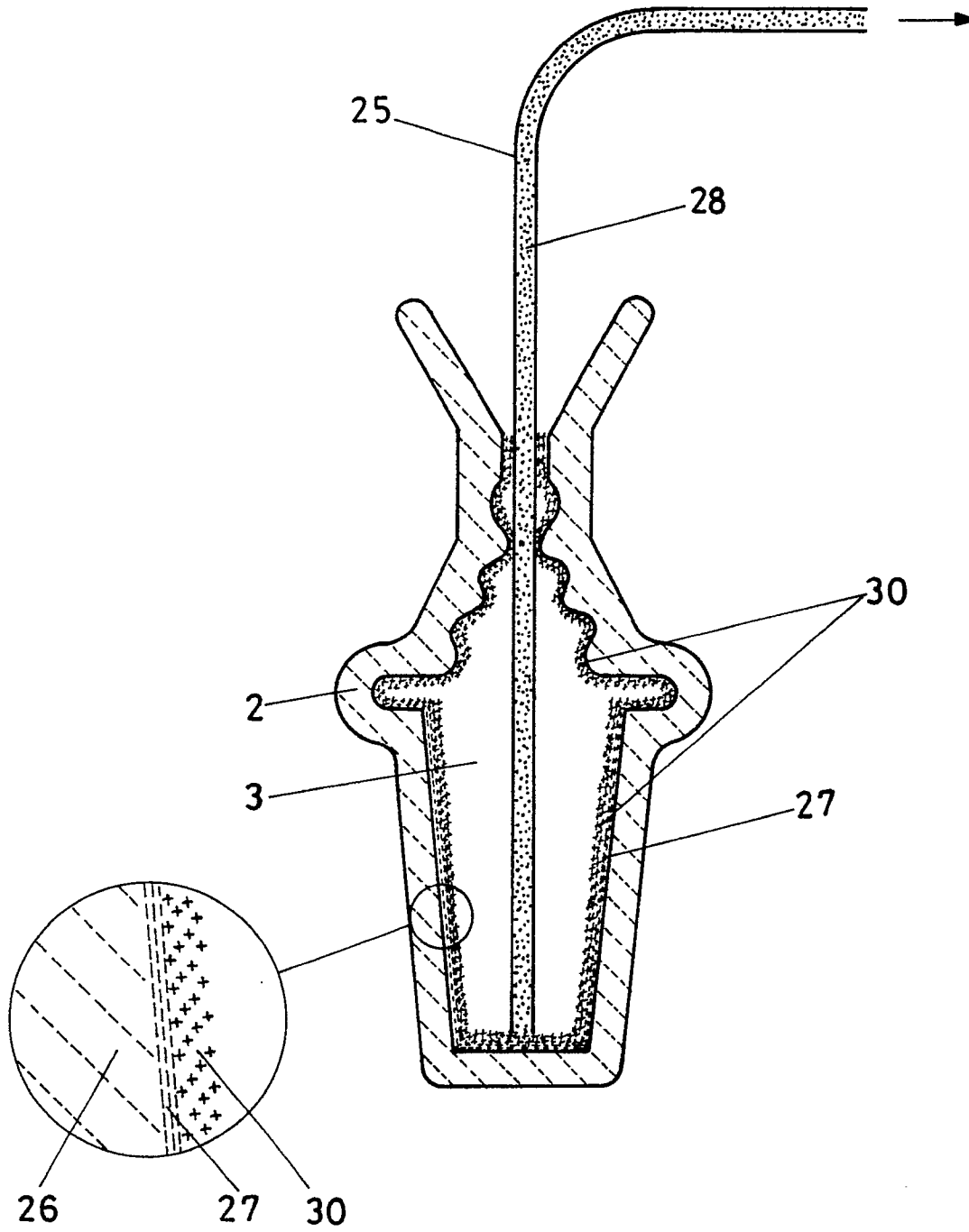


FIG.12

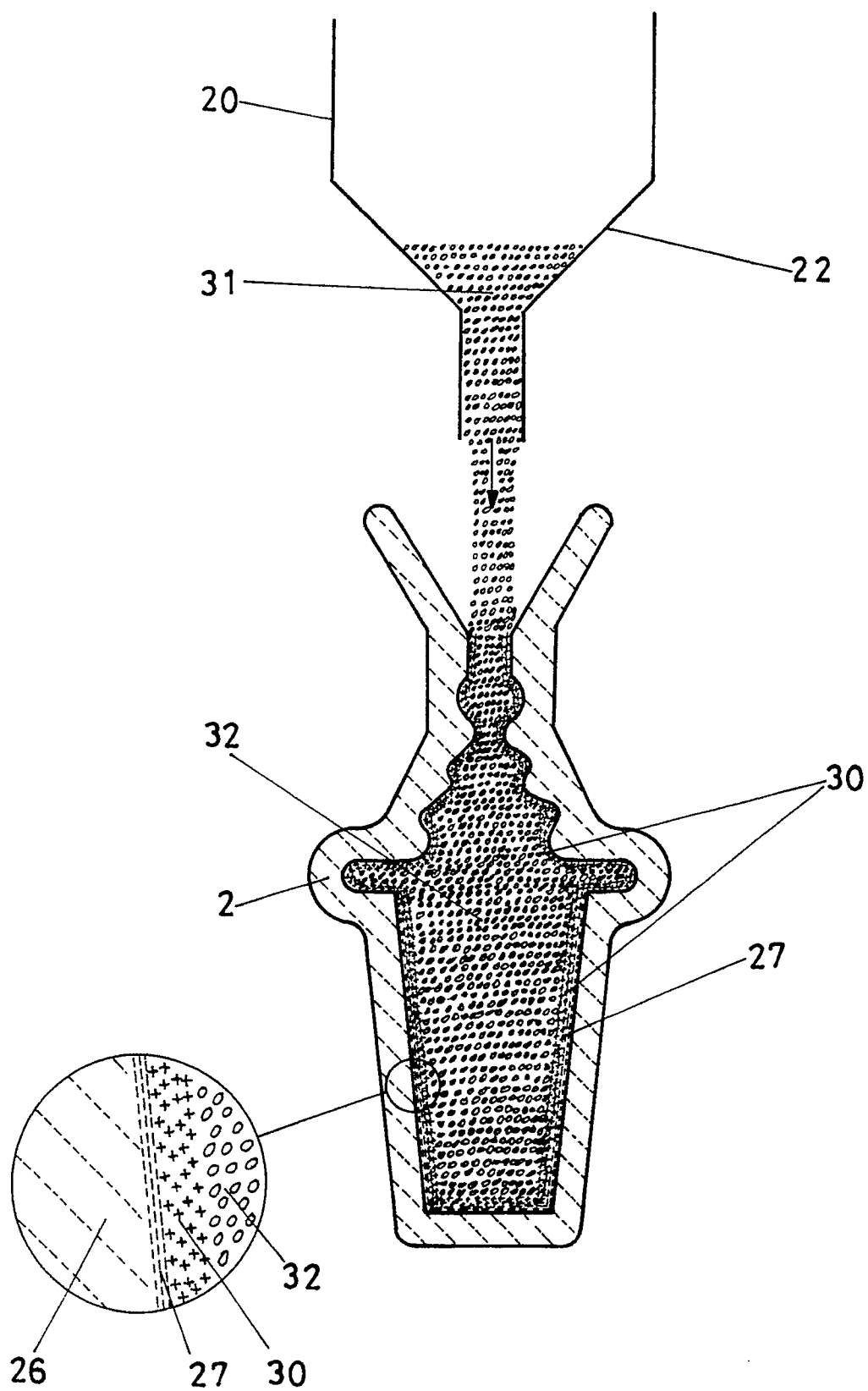


FIG.13

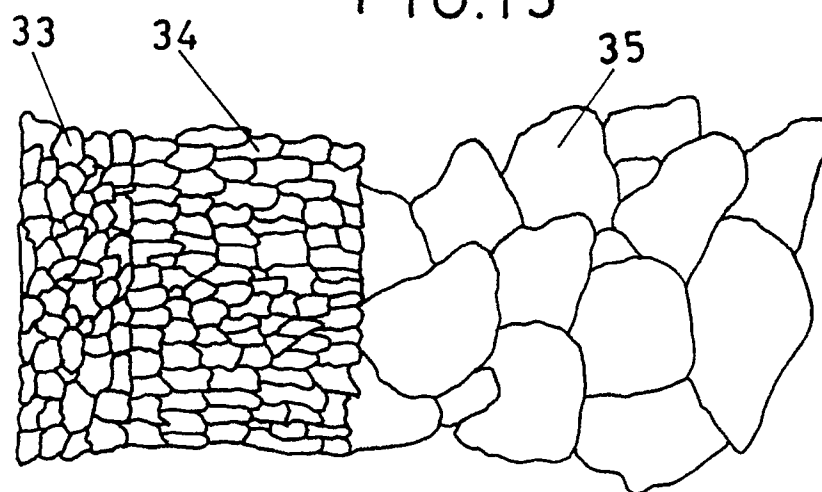


FIG.14

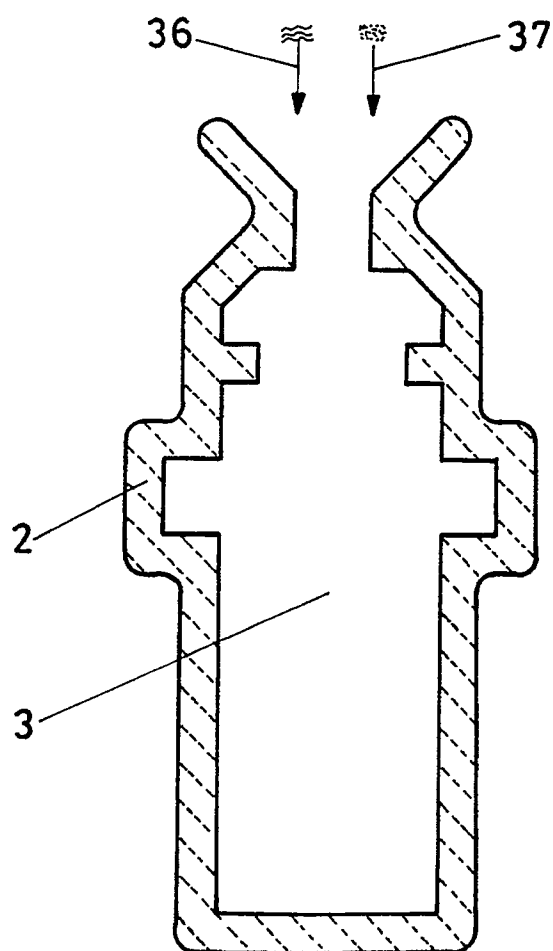


FIG.15

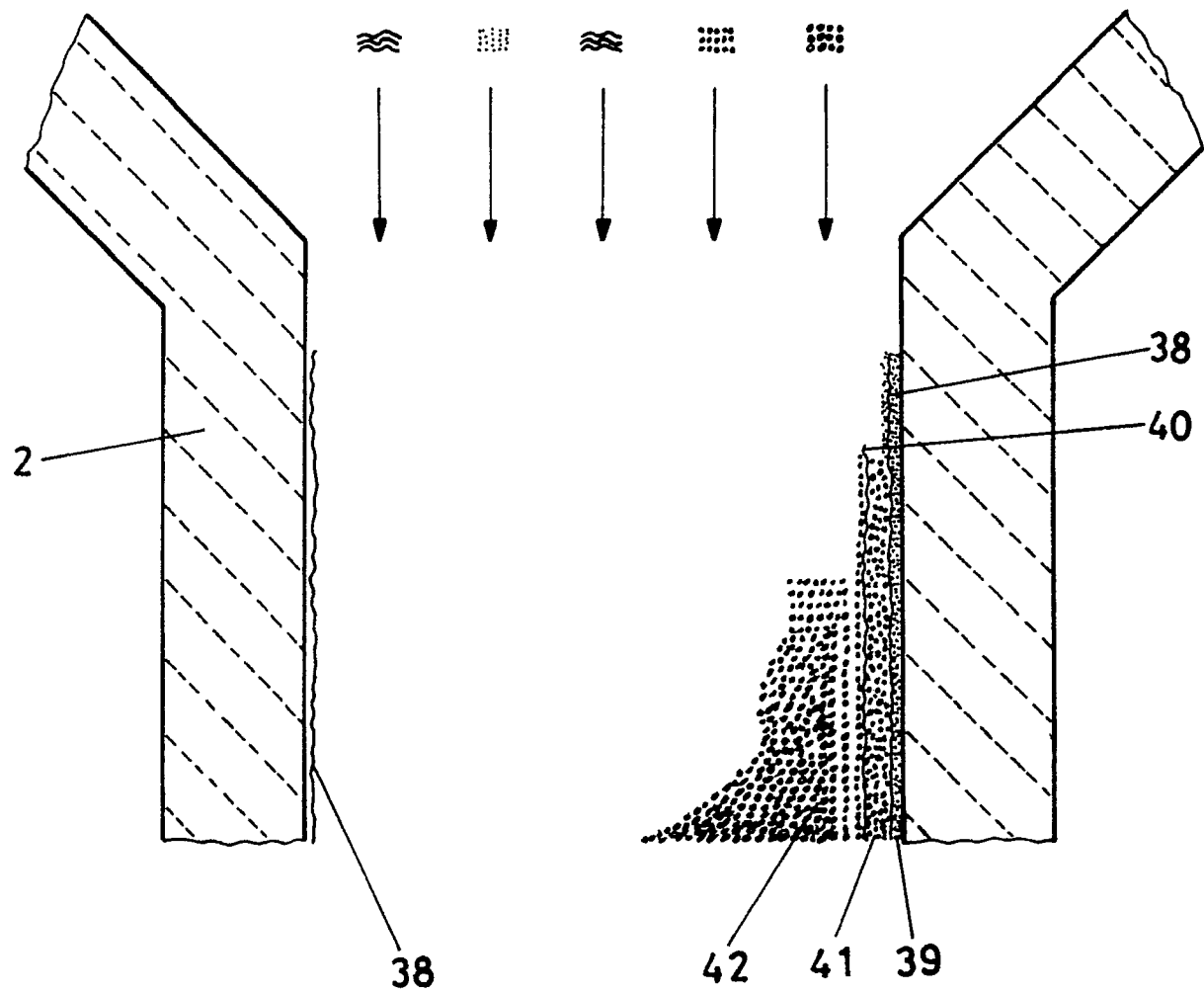


FIG.16

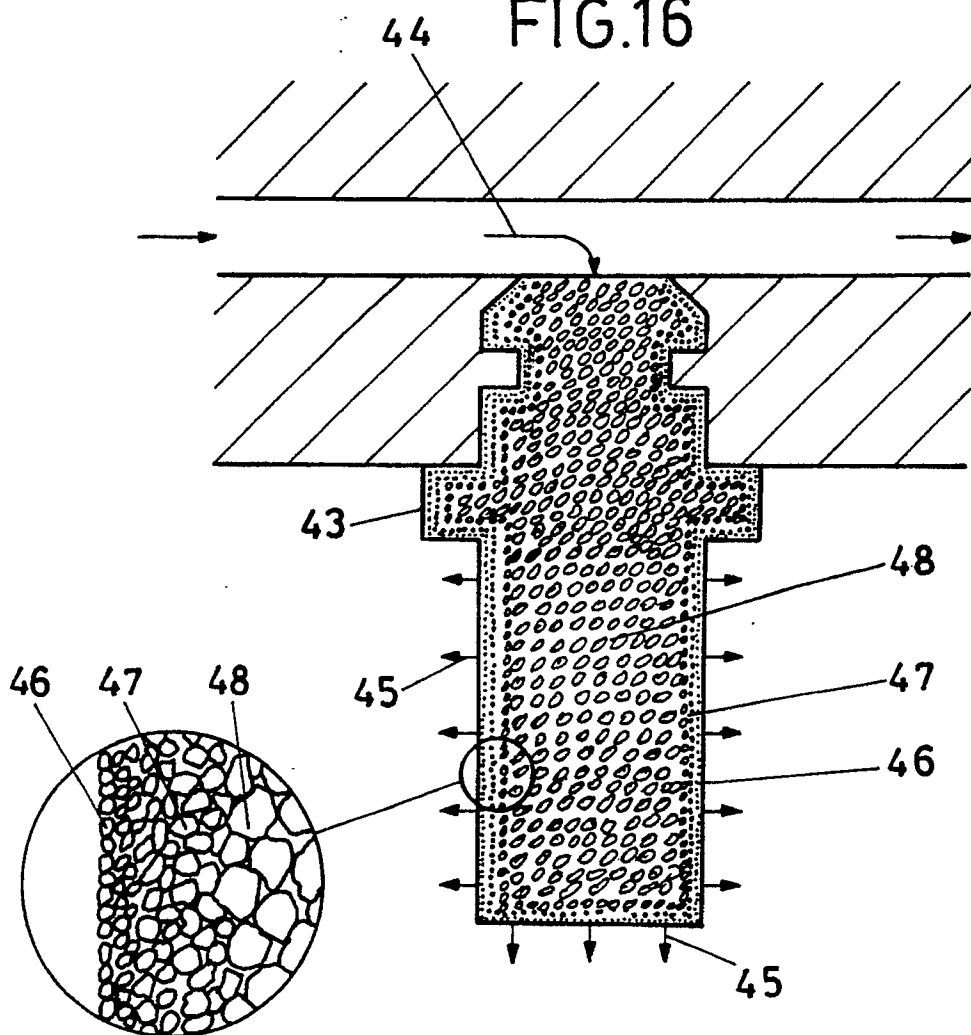


FIG.17

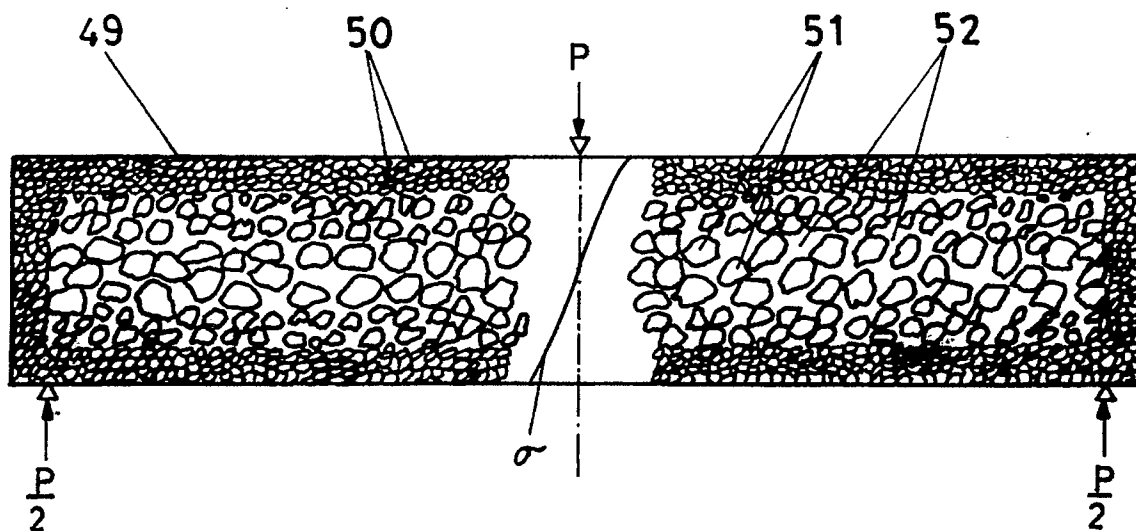
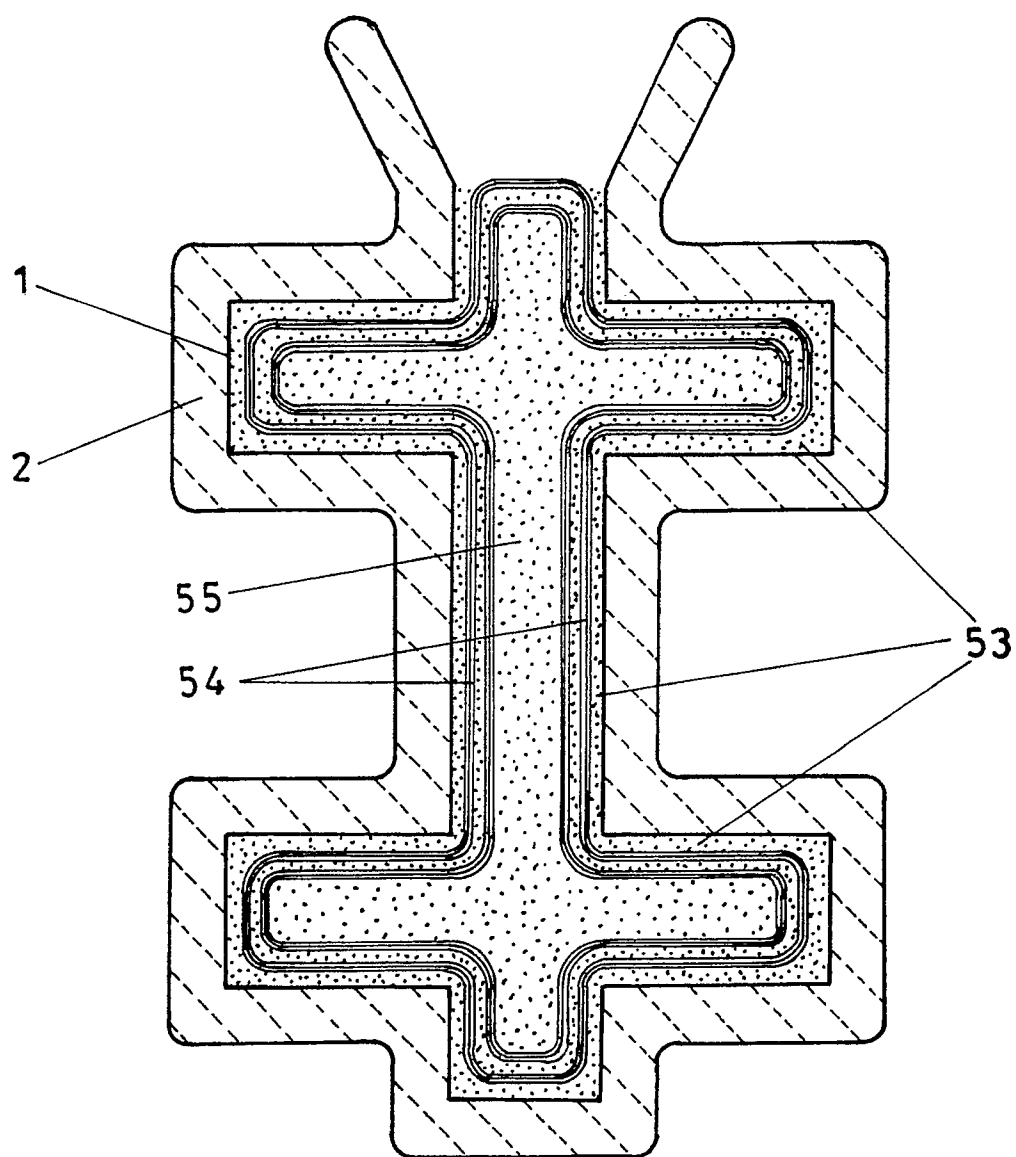


FIG.18





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 91 10 2429

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	WO-A-8 103 634 (UDDEHOLMS AB) * Seite 9, Zeile 29 - Seite 10, Zeile 9; Ansprüche 1-4 * - - -	1-10	B 22 F 3/12 B 22 F 3/10 B 22 F 7/06 B 22 F 7/00
X	DE-A-2 015 450 (DAVY AND UNITED ENGINEERING CO) * Ansprüche 1,3-5 * - - -	1-10	
A	US-A-2 464 517 (J. KURTZ) * Anspruch 3 * - - -	4,8	
A	US-A-4 830 822 (R.L. WARD) * Anspruch 3 * - - -	4,8-9	
A,D	EP-A-0 354 376 (NKK CORP) * Anspruch 1 * - - - - -	10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag		24 Juni 91	SCHRUERS H.J.
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			