



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 513 685 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **92107799.6**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **B22D 19/14, B22F 3/26**

22 Anmeldetag: **08.05.92**

30 Priorität: **08.05.91 DE 4115057**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.11.92 Patentblatt 92/47**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**FR GB IT**

71 Anmelder: **Austria Metall Aktiengesellschaft**

**A-5282 Braunau am Inn(AT)**

72 Erfinder: **Schmitt, Theodor, Dipl.-Ing. Dr.**  
**Auf der Pfarrwiese 14**

**A-5282 Ranshofen(AT)**

Erfinder: **Lacom, Wolfgang, Dipl.-Ing. Dr.**

**Silvester-Früchtel-Gasse 22**

**A-1238 Wien(AT)**

Erfinder: **Ou, Jian, Dipl.-Ing.**

**A-2444 Seibersdorf(AT)**

74 Vertreter: **WILHELMS, KILIAN & PARTNER**  
**Patentanwälte**  
**Eduard-Schmid-Strasse 2**  
**W-8000 München 90(DE)**

54 **Verfahren zum Tränken von porösen, faserigen oder pulverförmigen Wirkstoffen mit der Schmelze eines Metalls oder einer Legierung.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Einbringen bzw. Infiltrieren von geschmolzenem Metall (10) bzw. geschmolzenen Metalllegierungen aus einem Aufgabebereich (6) in ein Aufnahmevervolumen (Infiltrationsraum), wobei das, gegebenenfalls in das Metall (Legierung) einzubettende und/oder mit Metall zu befüllende, z.B. Fasern, Whiskers, Partikel oder poröse Materialien enthaltende Aufnahmevervolumen (8) evakuiert und das Metall (Legierung) unter Druck in das Aufnahmevervolumen eingepreßt wird. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, daß durch insbesondere geregeltes Aufschmelzen von in den Aufgabebereich eingebrachtem Metall (Legierung) durch die beim Aufschmelzen gegenüber dem festen Metall eintretende Volumsvergrößerung der Schmelze der Druck auf das flüssige Metall (Legierung) erhöht und damit dieses (diese) in das Aufnahmevervolumen eingedrückt wird.

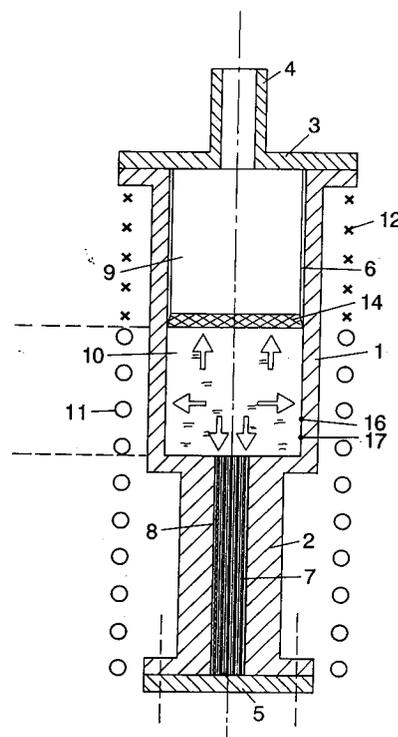


Fig. 1

EP 0 513 685 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einbringen bzw. Infiltrieren von geschmolzenem Metall bzw. geschmolzenen Metallegierungen (im folgenden soll den Begriff Metall, auch wenn Legierung nicht ausdrücklich erwähnt ist, auch Metallegierungen umfassen) aus einem Aufgabebereich in ein Aufnahmevervolumen (Infiltrationsraum), wobei das in das Metall einzubettende und/oder mit Metall zu befüllende, z.B. poröse Materialien enthaltende Aufnahmevervolumen evakuiert und das Metall unter Druck in das Aufnahmevervolumen eingepreßt wird.

Derartige Verfahren dienen insbesondere zur Herstellung von mit Fasern, Teilchen od. dgl. verstärkten Metallgegenständen oder von mit Metall getränkten poröse Hohlräume besitzenden Vorformen, wie sie z.B. für hochbeanspruchte Bauteile verwendet werden.

Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sind aus der DE-B-24 15 868 und der DE-C-35 04 118 bekannt.

Die Schwierigkeiten bei den bekannten Verfahren und Einrichtungen liegen insbesondere in der Aufbringung und Aufrechterhaltung des Druckes bei den notwendigen hohen Temperaturen während der Infiltration sowie bei der Einbringung des geschmolzenen Metalls in die Zwischenräume zwischen den Füllstoffen.

Diese Schwierigkeiten werden mit einem Verfahren überwunden, wie es im Patentanspruch 1 definiert ist.

Bei einer derartigen Verfahrensführung ist es möglich, daß das zu infiltrierende Metall nur um einige Grade, z.B. 10° bis 20°C über seinen Schmelzpunkt bzw. Soliduspunkt erwärmt und der notwendige Infiltrationsdruck erreicht wird, gleichzeitig jedoch die Möglichkeit einer Reaktion zwischen dem aufgeschmolzenen Metall und dem Füllmaterial weitgehend eingeschränkt wird.

Da die Schmelzparameter (Volumensänderung, thermische Ausdehnung der Behälter, Metalle usw.) bekannt sind bzw. ohne weiteres errechnet und entsprechend gewählt werden können, verursacht die erfindungsgemäße Verfahrensführung keine großen Schwierigkeiten.

Insbesondere zur Abdichtung des Schmelzraumes bzw. Aufgabebereiches und des Aufnahmevervolumens (Infiltrationsraumes) kann vorgesehen sein, daß nur ein dem Aufnahmevervolumen naheliegender, insbesondere unterer Teil des in den Aufgabebereich aufgegebenen Metalles (Legierung) aufgeschmolzen wird und zwischen dem das geschmolzene Metall (Legierung) aufnehmenden Teilvolumen des Aufgabebereiches und dem das ungeschmolzene Metall (Legierung) und/oder einen Druckkörper aufnehmenden Teilvolumen des Aufgabebereiches eine Temperaturdifferenz eingestellt bzw. aufrechterhalten wird, sodaß aufgeschmolzenes in das kältere Teilvolumen eindringende Metall

(Legierung) wieder verfestigt wird und als dem ungeschmolzenen Metall (Legierung) und/oder zumindest einem Druckkörper bzw. den Begrenzungswänden anhaftendes verfestigtes Dichtungsmaterial eine Abdichtung zwischen den beiden Teilvolumina ausbildet und aufrecht erhält. In dem Teilvolumen, das das ungeschmolzene Metall aufnimmt, kann anstelle des oder zusätzlich zum ungeschmolzenen Metall(s) auch ein Druckkörper vorgesehen sein, der z.B. aus einem höherschmelzenden Metall oder auch aus einem anderen Material, z.B. Keramik, bestehen kann; wesentlich ist, daß zwischen dem aufgeschmolzenen Metall und dem Restmetall bzw. dem Druckkörper eine Metallschicht aufschmelzen und wieder erstarren kann, die sich dicht an das aufzuschmelzende Metall bzw. an den Druckkörper und die Behälterwand anlegt bzw. sich mit diesem bzw. dieser verbindet bzw. daran anhaftet und aufgrund der Abdichtung einen Druckaufbau beim Aufschmelzen des restlichen aufzuschmelzenden Metalls ermöglicht. Der aufgebaute Druck drückt das aufgeschmolzene Metall in den Infiltrationsraum. Die Ausbildung einer durch verfestigtes, aufgeschmolzenes Metall ausgebildeten Dichtungszone wird unterstützt durch ein Temperaturgefälle zwischen dem aufgeschmolzenen Metall und dem nicht aufgeschmolzenen Metall bzw. dem Druckkörper, indem z.B. durch entsprechendes Heizen und Kühlen des Behälters ein Temperaturgradient erstellt wird.

Als aufzuschmelzende Metalle und Legierungen kommen z.B. Aluminium, Magnesium bzw. Cu sowie deren Legierungen in Frage, die in poröse Stoffe infiltriert werden oder in ein Aufnahmevervolumen infiltriert werden, das mit Verstärkungselementen, z.B. Fasern, Partikel, Whiskern od.dgl., aus metallischen, mineralischen, keramischen, graphitischen oder anderen Werkstoffen möglichst dicht bzw. in vorgegebener Dichte gefüllt sind. Besonders vorteilhaft ist es, wenn sich die eingebrachten Fasern mit ihrer Länge durch den gesamten Infiltrationsraum erstrecken.

Eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, daß der dem Druckgefäß naheliegende Teil des Druckraumes und das Druckgefäß, vorzugsweise über die gesamte Länge des Infiltrationsweges, mit einer Heizeinrichtung, vorzugsweise einer Induktionsheizung, beheizbar sind.

Auf diese Weise erfolgt die Infiltration in poröse Materialien bzw. Vorformen metallischer, keramischer, graphitischer oder mineralischer Natur oder in Hohlräume, die mit Partikeln, Whiskern, Kurz- und/oder Langfasern, mit oder ohne Binder, befüllt sind, mit einer metallischen Schmelze und mit jenem Druck, welcher durch die Volumsvergrößerung beim Aufschmelzen eines oder mehrerer zunächst festen Metallkörper(s) in dem geschlos-

senen Behälter entsteht. Das innere Volumen des Behälters bzw. des von ihm verschlossenen Druckraumes, das Volumen des Metallkörper(s) und das Volumen des Infiltrationsraumes in der Vorform, die thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Behälters und des Druckgefäßes, des Metalles (Legierung) der Fasern sind so aufeinander abgestimmt, daß der evakuierte Infiltrationsraum (Vorform) entweder vorzugsweise bereits während des Schmelzvorganges oder im Verlauf einer weiteren Temperaturerhöhung des aufgeschmolzenen Metalls zur Gänze mit metallischer Schmelze infiltriert wird. Die Temperatur der Schmelze im Infiltrationsraum wird z.B. durch entsprechende Erwärmung des Druckgefäßes oder des Infiltrationsraumes selbst bzw. des Schmelzbereiches derart eingestellt, daß durch die Verflüssigung der Schmelze der gesamte bzw. zumindest der Hauptanteil des Infiltrationsdruckes erstellt wird. Durch eine Temperaturregelung auf Werte knapp über dem Schmelzpunkt kann eine Reaktion zwischen der Schmelze und den Füll- bzw. Verstärkungsmaterialien minimiert werden.

Die für den Druckaufbau im Aufgabebereich bzw. im Druckraum vorgesehene Beschränkung des Schmelzenbereiches auf einen Teilbereich des Druckraumes erfolgt durch eine Abdichtung des Teilvolumens mit der expandierenden Schmelze unter Zuhilfenahme zumindest eines Druckkörpers, der aus Fremdmittel, einem anderen Material und/oder aus dem aufzuschmelzenden Metall bestehen kann, an dem sich wieder verfestigende Schmelze anlagern kann und den Schmelzenbereich abdichtet. Aus diesem Grund liegt der Bereich, in dem die Abdichtung erfolgt, auf einem Temperaturniveau unterhalb der Schmelztemperatur; die Einstellung dieser Temperatur erfolgt durch Wärmeableitung, z.B. Strahlung oder Kühlung von außen.

Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind der folgenden Beschreibung, der Zeichnung und den Unteransprüchen zu entnehmen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Fig.1 zeigt einen schematischen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Einrichtung und Fig.2 einen Detailschnitt.

Fig.1 zeigt einen schematischen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Einrichtung zur Druckinfiltration von Metallschmelze in ein Druckgefäß 2 mit einem mit Füllmaterial 7 befüllten Infiltrationsraum 8. Das Druckgefäß ist mit einem druckfesten Behälter 1 gegebenenfalls einstückig verbunden. Im Betrieb wird der Druckraum 6 des Behälters 1 in zwei Teilvolumina unterteilt, und zwar ein unteres Teilvolumen, in dem aufgegebenes Metall (Legierungsmetall) aufgeschmolzen wird und in ein nach oben anschließendes Teilvolumen, in dem

aufzuschmelzendes Metall 9 in fester Form gehalten wird, um als Druck- bzw. Dichtungskörper zu wirken; alternativ oder zusätzlich kann im Aufgabebereich ein Druck- bzw. Dichtungskörper 9 aus einem anderen Material vorgesehen sein. Dem Druckgefäß 2 und dem Behälter 1 ist eine gegebenenfalls gemeinsame Heizeinrichtung 11 zugeordnet; der obere Bereich des Behälters 1 ist mit einer Kühleinrichtung 12 umgeben, um im Behälter 1 ein Temperaturgefälle zu erstellen. Die Einstellung des Temperaturgefälles kann auch durch thermische Abstrahlung erzielt werden, indem die Heizeinrichtung 11 den Behälter 1 nur über einen gewissen Teilbereich umgibt. Durch Anlagerung des aufgeschmolzenen Metalles im Bereich 14 an noch nicht geschmolzenes Metall oder an einen Druckkörper sowie an die Wand des Behälters 1 erfolgt eine Abdichtung des Schmelzenbereiches gegenüber dem Behälterverschluß 3; gleichzeitig kann die Größe des Schmelzvolumens eingeregelt werden. Der Behälter 1 ist mit einem Anschluß 4 an eine Vakuumpumpe angeschlossen. Das in dem Schmelzvolumen durch die Heizeinrichtung 11 aufgeschmolzene Metall 10 verfestigt sich an dem kälteren Druckteil 9 bzw. an der diesen umgebenden kälteren Wand und dringt in den Spalt zwischen dem Druckteil 9 und der Wand des Druckgefäßes 1 über einen gewissen Weg ein, bis es erstarrt. Dieses erstarrende Metall (14) verhindert ein weiteres Vordringen des geschmolzenen Metalles 10, wodurch ein Druckraum erstellt wird, der lediglich zum Druckgefäß 2 hin bzw. gegen den zu befüllenden Infiltrationsraum 8 geöffnet ist.

In gleicher Weise ist es möglich, das Ende des Infiltrationsraumes 8 abzudichten, wie es in Fig.2 im Detail dargestellt ist. Im Bereich des Verschlusses 5 des Infiltrationsraumes 8 wird ein Körper aus aufzuschmelzendem Metall oder ein aus einem anderen Material bestehender Druckkörper 13 eingebracht und ein Temperaturgefälle bzw. Temperaturgradient durch eine Kühleinrichtung 15 eingestellt, so daß in den Infiltrationsraum 8 infiltrierte, geschmolzenes Metall bei Kontakt mit dem Druckkörper 13 bzw. des diesen umgebenden Wandbereiches erstarrt und den Spalt zwischen dem Druckkörper 13 und der Wandung des Druckgefäßes 2 abdichtet. Auf diese Weise bedürfen die Verschlüsse 3 und 5 keiner besonders ausgebildeten Dichtung, die flüssigem Metall gegenüber resistent ist; sie sind lediglich derart auszulegen, daß dem auftretenden Druck und den auftretenden Temperaturen Widerstand geleistet wird.

Möglich ist es auch, daß der (die) in den Druckraum 6 eingesetzten Metallkörper 9 bzw. der (die) in den Infiltrationsraum 8 eingesetzten Metallkörper 13 aufgrund ihrer thermischen Expansion eine Abdichtung zwischen sich und den jeweiligen Wänden des Behälters 1 bzw. Druckgefäßes 6

bewirken, die ein Eindringen von Metallschmelze weitgehend verhindert. Diese Maßnahme kann zusätzlich oder alternativ zur Abdichtung unter Zuhilfenahme eines Temperaturgradienten zur Ausbildung einer Abdichtungsschicht 14 aus erstarrtem Metall erfolgen.

Die Querschnitte des Druckraumes 6 bzw. des Infiltrationsraumes 8 können beliebig sein, da die Form der Dichtungskörper 9 bzw. 13 ebenfalls beliebig wählbar ist bzw. an die lichten Weiten der Räume anpaßbar ist.

Besonders vorteilhaft eignet sich das Verfahren zur Infiltration von Aluminium, Magnesium oder anderen Metallen bzw. deren Legierungen, da sich diese Metalle beim Schmelzen beträchtlich ausdehnen; z.B. vergrößert Aluminium beim Schmelzen sein Volumen um 6 %, und es sind zur Einbringung von Aluminium und/oder Magnesium bzw. deren Legierungen in Vorformen bzw. Infiltrationsvolumina 8, die mit Partikeln und/oder Fasern aus Siliciumcarbid Aluminiumoxyd, Kohlenstoff, Bornitrid od.dgl. befüllt sind, nur kurze Infiltrationszeiten notwendig, die eine Reaktion der Fasern (Bildung von Metallkarbiden, -nitriden usw.) mit den eingebrachten Metallen weitgehend ausschließen.

Vor dem Schmelzen bzw. nach Befüllung des Infiltrationsraumes 8 mit den Fasern 7 bzw. des Druckraumes 6 mit dem aufzuschmelzenden Metall wird die Einrichtung evakuiert, welche Evakuierung bis zur Ausbildung der Abdichtung 14 zwischen dem aufgeschmolzenen Metall und dem Druckkörper 9 fortgesetzt werden kann.

Wesentlich ist es, daß zwischen den Druckkörpern 9 bzw. 13 und der Wand des Druckgefäßes 2 bzw. des Behälters 1 nur ein sehr geringer Zwischenraum (z.B. einige Zehntel Millimeter) eingehalten wird, um ein Durchbrechen des erstarrten Metalles 14 mit flüssigem Metall zu verhindern; aus diesem Grund werden die Druckkörper 9 und 13 möglichst genau an die lichte Weite des Behälters bzw. Druckgefäße 2 angepaßt. Dies ist dann besonders einfach, wenn der Druckkörper massiv aus aufzuschmelzendem Metall besteht, da dann das Ausmaß der bei der Berechnung und Einregelung des Infiltrationsdruckes zu berücksichtigenden Leeräume minimiert ist.

Zweckmäßigerweise sind zur Feststellung der Temperatur und/oder des Druckes im Druckraum 6 Temperatur- und/oder Druckmeßgeräte 16,17 vorgesehen, mit denen gegebenenfalls die Heizeinrichtung(en) 11 und/oder Kühleinrichtung 12 gesteuert sind.

Prinzipiell ist es auch möglich, den in Fig.1 dargestellten Behälter waagrecht anzuordnen; bevorzugterweise wird jedoch die Infiltration aus dem Druckraum 6 in einen unterhalb desselben liegenden Infiltrationsraum 8 vorgenommen.

Eine mögliche Reaktion zwischen dem infiltrier-

ten Metall und dem Füllmaterial 7 kann minimiert werden, wenn unmittelbar nach dem Eindringen des Infiltrationsmetalls der Behälter 2 abgekühlt, z.B. durch Eintauchen in Wasser oder heißes Öl, abgeschreckt wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Tränken von porösen, faserigen oder pulverförmigen Werkstoffen in einem vorher entgasten Infiltrationsraum (8) mit der Schmelze eines Metalls oder einer Legierung aus einem Aufgabebereich (6), wobei die Schmelze unter Druck in den Infiltrationsraum (8) gepreßt wird, dadurch gekennzeichnet, daß durch geregeltes Aufschmelzen des im Aufgabebereich befindlichen Metalls oder der Legierung und die dabei auftretende Volumenvergrößerung der hydrostatische Druck der Schmelze erhöht und diese in den Infiltrationsraum (8) gedrückt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das aufzuschmelzende Metall im Aufgabebereich (6) dessen Querschnitt zumindest weitgehend ausfüllend angeordnet und dann nur in einem an den Infiltrationsraum (8) anschließenden Teilvolumen des Aufgabebereichs aufgeschmolzen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand des Metalls zu den den Querschnitt bestimmenden Wänden des Aufgabebereichs in der Größenordnung von 0,1 bis 0,5 mm gewählt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das aufzuschmelzende Metall auf höchstens 20° C über den Soliduspunkt erwärmt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Teilvolumen, in dem nicht aufgeschmolzen werden soll, gekühlt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Metalle Aluminium, Magnesium, Blei, Zinn oder deren Legierungen verwendet werden.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein faseriger Werkstoff getränkt wird, dessen Fasern den Infiltrationsraum (8) über dessen Länge durchsetzen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, daß der Infiltrationsraum (8) und das an den Infiltrationsraum anschließende Teilvolumen des Aufgabebereichs (6) durch eine Induktionsheizung (11) beheizt werden.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

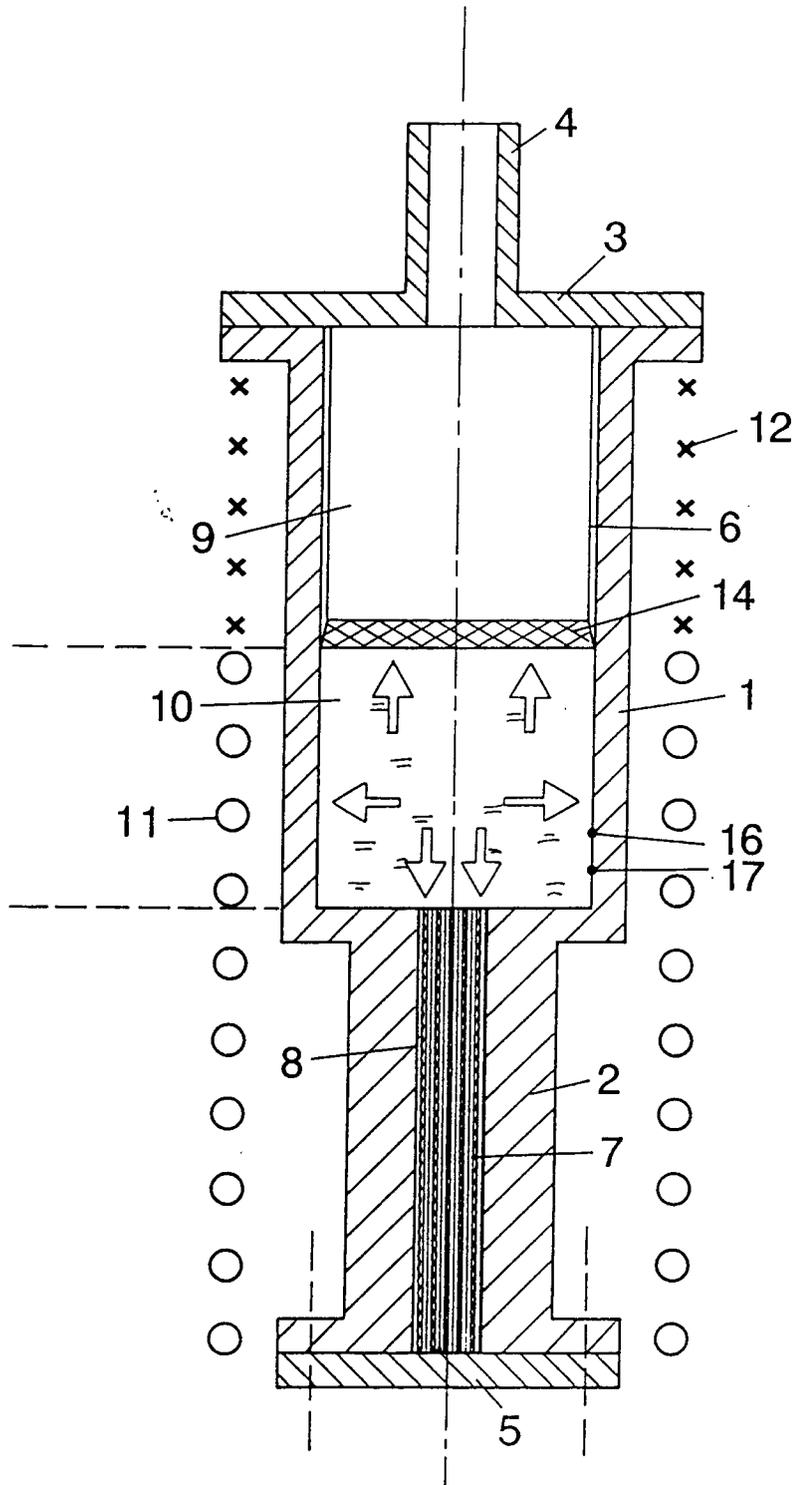
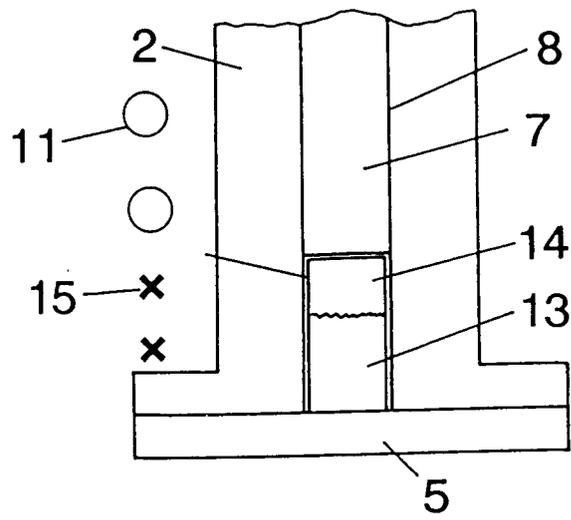


Fig. 1



**Fig. 2**



Europäisches  
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 10 7799

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 132 (M-385)(1855) 7. Juli 1985 & JP-A-60 015 061 ( TORAY K.K. ) 25. Januar 1985 * Zusammenfassung *	1-8	B22D19/14 B22F3/26
A	US-A-4 508 158 (MAURICE F. AMTATEAU ET AL) * Spalte 5, Zeile 12 - Zeile 19 *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 14, no. 69 (M-932)(4012) 8. Februar 1990 & JP-A-1 289 561 ( TOYOTA MOTOR CORP ) 21. November 1989 * Zusammenfassung *	1-8	
D,A	DE-A-2 415 868 (TOYOTA JIDOSHA KOGYO K.K.)		
			<b>RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)</b>
			B22D B22F C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 04 SEPTEMBER 1992	Prüfer HODIAMONT S.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer andern Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 01.82 (P/0403)