



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.09.2000 Patentblatt 2000/37

(51) Int. Cl.⁷: **B22D 17/14**

(21) Anmeldenummer: **99810195.0**

(22) Anmeldetag: **05.03.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**Aluisse Technology & Management AG
8212 Neuhausen am Rheinfl (CH)**

(72) Erfinder: **Thurner, Hans
85598 Baldham (DE)**

(54) **Verfahren zum Druckgießen von Leichtmetallen**

(57) Bei einem Verfahren zum Druckgießen von Aluminium und Aluminiumlegierungen wird das flüssige Metall (20) in eine Füllkammer (16) eingefüllt und mittels eines Kolbens (24) aus der Füllkammer (16) in einen Formhohlraum (14) eingeschossen. Der Formhohlraum (14) wird vorevakuieren, nach dem Vorevakuieren mit Sauerstoff geflutet und nach dem Fluten mit

Sauerstoff und vor dem Einschieszen des flüssigen Metalls (20) erneut evakuiert. Anschliessend wird das flüssige Metall (20) in den Formhohlraum (14) eingeschossen. Mit dem Verfahren können Druckgussteile mit geringer Neigung zu Poren- und Blasenbildung hergestellt werden.

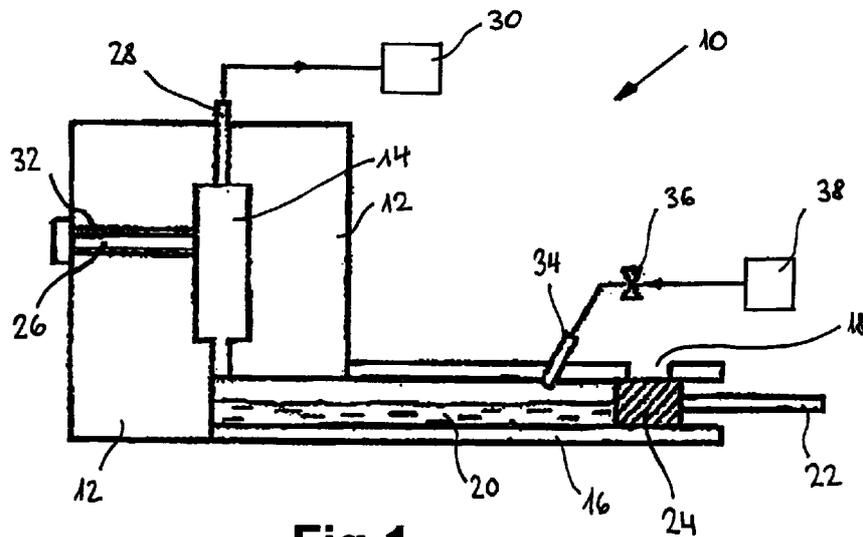


Fig.1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Druckgiessen von Leichtmetallen, insbesondere Aluminium und Aluminiumlegierungen, wobei das flüssige Metall in eine Füllkammer eingefüllt und mittels eines Kolbens aus der Füllkammer in einen Formhohlraum eingeschossen wird.

[0002] Bei einem bekannten Druckgussverfahren wird flüssiges Metall in eine Füllkammer eingefüllt und mittels eines Kolbens aus der Füllkammer in einen Formhohlraum einer Druckgussmaschine eingeschossen. Der grösste Teil von Gasen wie beispielsweise Luft oder Wasserdampf wird vom eingeschossenen flüssigen Metall aus dem Formhohlraum verdrängt. Bei Varianten dieses Verfahrens wird der Formhohlraum vorgängig bis zu einem Restdruck von etwa 200 bis 500 mbar, bei speziellen Vakuumdruckgussverfahren sogar auf einen Restdruck von weniger als 100 mbar evakuiert.

[0003] Druckgussformen zur Herstellung dünnwandiger und grossflächiger oder kompliziert gestalteter Druckgussteile weisen Bereiche mit den Schmelzefluss behindernden Verengungen auf, die eine vollständige Entfernung von Gasen aus dem Formhohlraum praktisch verunmöglichen. Beim Vorevakuierten der Form ist die Erzeugung eines Hochvakuums wegen auftretender Undichtigkeiten und auch aus Kosten- und Zeitgründen nicht machbar. Obschon der Einschluss von Gasen in Form von Poren oder Blasen beim Vakuumdruckgiessen gegenüber konventionellem Druckgiessen stark vermindert auftritt, ist die Anzahl dieser Fehlerstellen im Druckgussstück beispielsweise für den Einsatz derartiger Teile als Sicherheitsteile im Automobilbau wegen ungenügender mechanischer Eigenschaften immer noch zu hoch.

[0004] Bei einem unter dem Begriff Pore Free Die Casting (PFD) bekannt gewordenen Druckgussverfahren zum Druckgiessen von Aluminiumteilen wird der Formhohlraum vor dem Einschliessen des Metalls in den Formhohlraum mit Sauerstoff geflutet, wobei der Druck höher als der atmosphärische Druck eingestellt wird, so dass die Gase im Formhohlraum durch Sauerstoff ersetzt werden. Da der in den Formhohlraum eingeführte Sauerstoff durch enge Spalten und Bereiche strömt und nach einer gewissen Flutzeit der grösste Teil der vorher im Formhohlraum vorhandenen Gase aus dem Formhohlraum verdrängt sind, kann das erneute Eindringen von atmosphärischen Gasen in den Formhohlraum verhindert werden. Beim anschliessenden Einschliessen des flüssigen Aluminiums in den Formhohlraum reagiert das Aluminium mit Sauerstoff zu Al_2O_3 , welches in der Form einer Dispersion feiner Partikel im Druckgussstück verbleibt, ohne dessen Eigenschaften merklich zu verändern.

[0005] Es hat sich jedoch gezeigt, dass eine vollständige Entfernung von Gasen aus dem Formhohlraum einer Druckgussform durch das Fluten mit

Sauerstoff sogar bei Aufrechterhaltung eines gegenüber dem atmosphärischen Druck höheren Drucks im Formhohlraum praktisch unmöglich ist. Restgase verbleiben oft während längerer Zeit in nur schwer zu flutenden Bereichen. Weit verbreitete Trennmittel auf Wasserbasis benötigen beispielsweise eine gewisse Zeit, bis sie unter dem verhältnismässig hohen Atmosphärendruck vollständig austrocknen. Bei Druckgussformen zur Herstellung von Druckgussteilen mit einer komplizierten Gestalt werden gewisse Bereiche vom Sauerstoff nur schwer erreicht, so dass Restgase wie Luft oder Wasserdampf durch Sauerstoff nicht ersetzt werden, sondern als solche im Formhohlraum verbleiben. Diese im Formhohlraum verbleibenden Restgase sowie Wasserdampf von Trennmitteln werden beim Druckgiessen in das Metall eingeschlossen und führen dort zu Poren und führen bei einer nachfolgenden Wärmebehandlung wie beispielsweise Lösungsglügen zu Blasen an der Oberfläche. Wegen dieser Blasenbildung können deshalb viele Druckgussteile nicht wärmebehandelt werden.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Druckgiessen der eingangs genannten Art zu schaffen, mit welchem der Einschluss von Gasen erheblich reduziert wird und dadurch die oben erwähnten Probleme der Poren- und Blasenbildung in Druckgussteilen verhindert werden können.

[0007] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass der Formhohlraum vorevakuiert, nach dem Vorevakuierten mit Sauerstoff geflutet, nach dem Fluten mit Sauerstoff und vor dem Einschliessen des flüssigen Metalls erneut evakuiert und anschliessend das flüssige Metall in den Formhohlraum eingeschossen wird.

[0008] Der wesentliche Kern der Erfindung liegt in der Kombination des bekannten Vakuumdruckgiessverfahrens mit dem PFD-Verfahren. Damit können die aufgezeigten Nachteile der einzelnen Verfahren auf einfache Weise eliminiert werden. Durch das Vorevakuierten des Formhohlraumes kann die Restmenge an Luft und Wasserdampf bereits wesentlich reduziert werden, so dass das nachfolgende Fluten des Formhohlraumes mit Sauerstoff zu einer praktisch vollständigen Entfernung der Restgase führt. Mit dem erfindungsgemässen Verfahren ergeben sich bereits bei verhältnismässig geringem Vakuum ausgezeichnete Resultate.

[0009] Zur Erzielung optimaler Resultate hinsichtlich der Poren- und Blasenbildung erfolgt die Vorevakuiierung des Formhohlraumes vor dem Fluten mit Sauerstoff auf einen Restdruck von weniger 100 mbar.

[0010] Beim Fluten des Formhohlraumes mit Sauerstoff wird im Formhohlraum zweckmässigerweise ein über dem atmosphärischen Druck liegender Druck aufrechterhalten.

[0011] Zur Verhinderung der Nachströmung von Gasen und Wasserdampf in den Formhohlraum kann es zweckmässig sein, um die Druckgussform eine Sau-

erstoffatmosphäre aufrechtzuerhalten. Dadurch wird erreicht, dass bei Auftreten von Leckstellen Sauerstoff anstelle von Luft und Wasserdampf in den Formhohlraum nachgesaugt wird.

[0012] Beim erfindungsgemässen Verfahren sind zwei Verfahrensvarianten möglich:

1. Die Schritte Vorevakuieren und Sauerstofffluten werden vor dem Einfüllen des flüssigen Metalls in die Füllkammer durchgeführt.

2. Das flüssige Metall wird in die Füllkammer eingefüllt und die Füllöffnung mit dem Kolben verschlossen. Anschliessend werden alle drei Schritte Vorevakuieren, Sauerstofffluten und erneutes Evakuieren hintereinander während einer bis zum Eintritt des flüssigen Metalls in den Formhohlraum dauernden ersten Füllphase durchgeführt. Diese zweite Variante ist vor allem bei grösseren Druckgussmaschinen einsetzbar, da diese längere erste Füllphasen ermöglichen.

[0013] Mit den erfindungsgemässen Verfahren ist die Herstellung von Druckgussteilen aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung mit einem Gehalt von weniger als 1cm^3 eingeschlossenen Gasen pro 100 g Aluminium möglich. Derartige Druckgussteile haben ausgezeichnete mechanische Eigenschaften und können für funktionelle Strukturteile wie beispielsweise Sicherheitsteile im Automobilbau eingesetzt werden. Darüber hinaus können die erfindungsgemäss hergestellten Druckgussteile ohne die Gefahr von durch eingeschlossene Gase erzeugten Blasen wärmebehandelt oder geschweisst werden.

[0014] Eine besonders vorteilhafte Anwendung des erfindungsgemässen Verfahrens ergibt sich in Kombination mit „MFT“- bzw. „HQC“-Verfahren, d.h. mit Druckgiessverfahren und -vorrichtungen, wie sie in der EP-A-0759825 und in der DEC-3002886 offenbart sind.

[0015] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung des Verfahrens sowie anhand der Zeichnung; diese zeigt schematisch in

- Fig. 1 eine zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeignete Druckgussmaschine;
- Fig. 2 die Füllkammer der Druckgussmaschine von Fig. 1 während des Flutens mit Sauerstoff;
- Fig. 3 die Füllkammer der Druckgussmaschine von Fig. 1 beim Einfüllen von flüssigem Metall.

[0016] Ein Druckgussmaschine 10 umfasst gemäss Fig. 1 eine Druckgussform 12 mit einem Formhohlraum 14, der mit einer Füllkammer 16 in Verbindung steht. Flüssiges Metall 20 wird über eine Einfüllöffnung 18 in die Füllkammer 16 eingefüllt und mit einem über eine

Kolbenstange 22 betätigbaren Kolben 24 in den Formhohlraum 14 eingeschossen. Nach erfolgter Füllung des Formhohlraums 14 mit flüssigem Metall 20 wird dieses abgekühlt und erstarrt gemäss einem durch die innere Oberfläche der Druckgussform 12 definierten Profil. Ein auf diese Weise hergestelltes Druckgussteil wird mittels in den Formhohlraum 24 eingestossener Auswerferstifte 26 nach dem Abkühlen des Druckgussteils aus der Druckgussform 12 ausgestossen.

[0017] Eine Vakuum-Saugleitung 28 verbindet den Formhohlraum 14 mit einer Vakuumpumpe 30. Da beim Evakuieren des Formhohlraumes 14 über die Vakuum-Saugleitung 28 die Gefahr besteht, dass Luft und Wasserdampf entlang der Auswerferstifte 26 in den Formhohlraum 14 eindringen, wird zwischen den Auswerferstiften 26 und deren Führung sowie zwischen den Formhälften der Druckgussform 12 ein Dichtungsmittel 32 aufgebracht. Andererseits wird die Einfüllöffnung 18 der Füllkammer 26 mit dem Kolben 24 verschlossen, so dass keine Luft und kein Wasserdampf durch die Einfüllöffnung 18 in das Innere der Füllkammer 16 eindringen können.

[0018] Zum Fluten der Füllkammer 16 und des Formhohlraums 14 mit Sauerstoff nach erfolgtem Evakuieren wird eine Sauerstoffdüse 34 geöffnet, so dass Sauerstoff in das Innere der Füllkammer 16 und von dort in den Formhohlraum 14 gelangen kann. Die Sauerstoffdüse 34 ist über ein Regulierventil 36 mit einer Sauerstoffquelle 38 verbunden.

[0019] Wenn der Formhohlraum 14 über die Vakuum-Saugleitung 28 evakuiert wird, wird das Eindringen von Luft und Wasserdampf in den Formhohlraum 14 und in die mit diesem verbundene Füllkammer 16 verhindert. Sogar bei komplizierter Konfiguration des Formhohlraumes 14 können Restgase auch aus verwinkelten Bereichen des Formhohlraumes 14 entfernt werden, indem die Sauggeschwindigkeit vorzugsweise in einem Bereich von 500 bis 800 mbar / sec gewählt wird.

[0020] Das Evakuieren wird vorteilhafterweise während 1 bis 2 sec aufrechterhalten, wobei selbstverständlich die Einfüllöffnung 18 mit dem Kolben 24 verschlossen ist. Im Vergleich zu konventionellen Vakuumdruckgussverfahren, bei denen das Evakuieren in weniger als 1 sec erfolgt, ist die Evakuationszeit beim erfindungsgemässen Verfahren etwas länger. Im Formhohlraum 14 wird aufgrund der längeren Evakuationszeit ein Vakuum von vorzugsweise weniger als 100 mbar erzeugt. Von Trennmitteln herrührender Wasserdampf der an den inneren Oberflächen der Druckgussform 12 haftet, verdampft von dieser Oberfläche und wird aus dem Formhohlraum 14 herausgeführt.

[0021] Das Evakuieren des Formhohlraumes 14 führt zu einer wirksameren Entfernung von Wasserdampf als das blosse Fluten des Formhohlraumes 14 mit Sauerstoff, da eine Gasströmung im Formhohlraum 14 mit höherer Geschwindigkeit strömt. Wenn jedoch der Formhohlraum 14 auf ein ungenügendes Vakuum

oberhalb etwa 100 mbar evakuiert wird, verbleibt eine verhältnismässig grosse Restgasmenge im Formhohlraum 14. Ein grosser Teil dieses im Formhohlraum 14 verbleibenden Restgases wird beim nachfolgenden Fluten mit Sauerstoff nicht durch Sauerstoff ersetzt, sondern verbleibt oft als Einschluss im Druckgussteil.

[0022] Nach dem Vorevakuieren wird Sauerstoff über die Düse 34 in den Formhohlraum 14 geführt. Die Sauerstoffzufuhr wird vorzugsweise 3 bis 4 sec aufrechterhalten, bis die Gase und der Sauerstoff durch die beiden Formhälften der Druckgussformen 12 aus dem Formhohlraum 14 entweichen.

[0023] Da der Sauerstoff in den vorgängig evakuierten Formhohlraum 14 einströmt, fliesst der Sauerstoff als Hochgeschwindigkeitsstrom in jede Verengung des Formhohlraumes 14, so dass vom Trennmittel herrührender Wasserdampf zum grössten Teil durch die Sauerstoffzufuhr ausgewaschen wird.

[0024] Der Kolben 24 fährt zur Öffnung der Einfüllöffnung 18 zurück, wobei die Sauerstoffzufuhr weiter anhält. Sobald die Einfüllöffnung 18 freigegeben ist, dringt der Sauerstoff auch durch die Einfüllöffnung 18 aus, wie in Fig. 2 gezeigt. Das Austreten des Sauerstoffs verhindert wirksam das Eindringen von Luft und Wasserdampf durch die Einlassöffnung 18 in die Füllkammer 16.

[0025] Nach dem die Einfüllöffnung 18 geöffnet ist, wird flüssiges Metall 20 in die Füllkammer 16 eingefüllt. Da während dem Einfüllvorgang der Sauerstoff kontinuierlich aus der Einfüllöffnung 18 austritt, wird die Zufuhr von Luft und Wasserdampf in die Füllkammer 16 während dem Befüllen mit flüssigem Metall 20 verhindert.

[0026] Die Druckgussform 12 wird vor dem Einfüllen des flüssigen Metalls 20 zur Verminderung eines thermischen Schocks und zur Verbesserung der Produktivität vorzugsweise auf eine Temperatur von etwa 150 bis 200°C vorgeheizt.

[0027] Wenn das für einen Giesszyklus ausreichende flüssige Metall 20 in die Füllkammer 16 eingefüllt ist, wird die Einfüllöffnung 18 mit dem flüssigen Metall 20 verschlossen. Da nunmehr kein Sauerstoff mehr über die Einfüllöffnung 18 eintreten kann, wird die Sauerstoffzufuhr gestoppt.

[0028] Nachdem Gase wie Luft und Wasserdampf vollständig aus dem Formhohlraum 14 und aus dem Inneren der Füllkammer entfernt sind, wird die Kolbenstange 22 mit dem Kolben 24 vorwärts bewegt und das flüssige Metall 20 in den Formhohlraum 14 eingeschossen. Die den Formhohlraum 14 ausfüllende Metallmasse wird gekühlt und erstarrt zu einem entsprechend dem Formhohlraum gestalteten Druckgussteil.

[0029] Wie bereits oben erwähnt, kann gemäss einer Variante des erfindungsgemässen Verfahrens, insbesondere bei grösseren Druckgussmaschinen als erster Schritt, das flüssige Metall 20 in die Füllkammer 16 eingefüllt und nachfolgend die Einfüllöffnung 18 mit dem Kolben 24 verschlossen werden. Anschliessend werden alle drei Schritte Vorevakuieren, Sauerstoffflu-

ten und erneutes Evakuieren hintereinander während der ersten Füllphase des Druckgussverfahrens, d.h. bis zum Eintritt des flüssigen Metalls in den Formhohlraum, durchgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Druckgiessen von Leichtmetallen, insbesondere Aluminium- und Aluminiumlegierungen, wobei das flüssige Metall (20) in eine Füllkammer (16) eingefüllt und mittels eines Kolbens (24) aus der Füllkammer (16) in einen Formhohlraum (14) eingeschossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Formhohlraum (14) vorevakuert, nach dem Vorevakuieren mit Sauerstoff geflutet, nach dem Fluten mit Sauerstoff und vor dem Einschliessen des flüssigen Metalls (20) erneut evakuiert und anschliessend das flüssige Metall (20) in den Formhohlraum (14) eingeschossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Formhohlraum (14) vor dem Fluten mit Sauerstoff auf einen Restdruck von weniger als 100 mbar vorevakuert wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass beim Fluten des Formhohlraumes (14) mit Sauerstoff im Formhohlraum ein über dem atmosphärischen Druck liegender Druck aufrechterhalten wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass während dem Evakuieren des Formhohlraumes (14) zur Verhinderung der Nachströmung von Gasen und Wasserdampf in den Formhohlraum um die Druckgussform eine Sauerstoffatmosphäre aufrechterhalten wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte Vorevakuieren, Sauerstofffluten und erneutes Evakuieren vor dem Einfüllen des flüssigen Metalls (20) in die Füllkammer (16) durchgeführt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das flüssige Metall (20) in die Füllkammer (16) eingefüllt wird und anschliessend die Schritte Vorevakuieren, Sauerstofffluten und erneutes Evakuieren während einer bis zum Eintritt des flüssigen Metalls (20) in den Formhohlraum (14) dauernden ersten Füllphase durchgeführt werden.
7. Druckgussteil aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, hergestellt mit dem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet

durch einen Gehalt von weniger als 1 cm^3 eingeschlossenes Restgas pro 100 g Aluminium.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

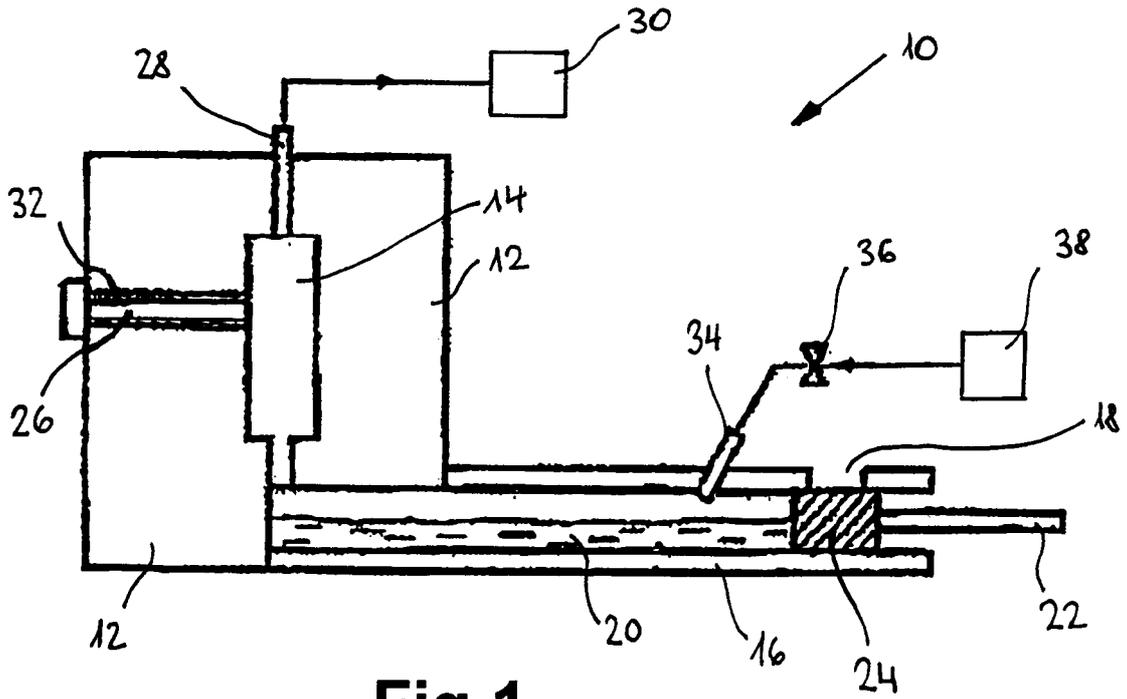


Fig.1

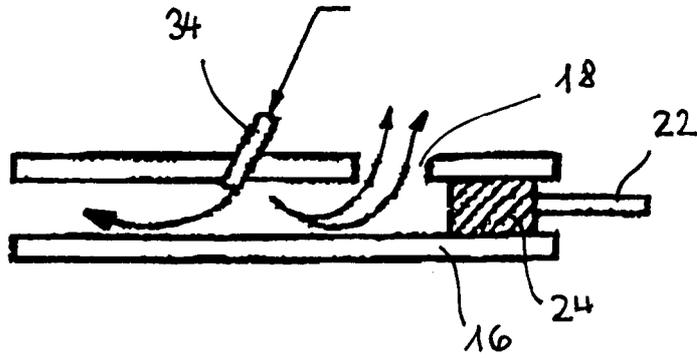


Fig.2

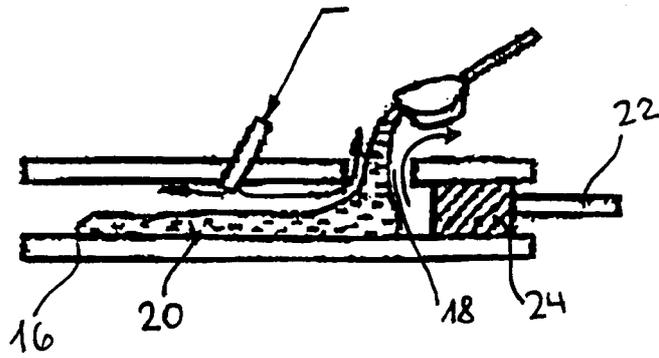


Fig.3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 99 81 0195

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 033 (M-003), 21. März 1980 (1980-03-21) & JP 55 008382 A (KAWASAKI HEAVY IND LTD), 21. Januar 1980 (1980-01-21) * Zusammenfassung * ----	1,5,7	B22D17/14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 074 (M-203), 26. März 1983 (1983-03-26) & JP 58 003766 A (FUSOU KEIGOUKIN KK), 10. Januar 1983 (1983-01-10) * Zusammenfassung * ----	1,5,7	
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 8532 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M22, AN 85-195087 XP002110421 & SU 1 134 289 A (SLASSKAYA M M), 15. Januar 1985 (1985-01-15) * Zusammenfassung * ----	1,7	
A	US 3 382 910 A (RADTKE SCHRADER F ET AL., NORWALK, US) 14. Mai 1968 (1968-05-14) * Ansprüche 1-4 * -----	1,7	B22D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 27. Juli 1999	Prüfer Peis, S
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	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 99 81 0195

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-07-1999

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 55008382 A	21-01-1980	JP 1229761 C JP 57000140 B	19-09-1984 05-01-1982
JP 58003766 A	10-01-1983	KEINE	
SU 1134289 A	15-01-1985	KEINE	
US 3382910 A	14-05-1968	BE 700678 A DE 1558261 A FR 1531734 A GB 1183468 A NL 135443 C NL 6708121 A SE 314481 B	01-12-1967 08-04-1971 03-12-1968 04-03-1970 02-01-1968 08-09-1969

EPO FORM P0461

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