



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.12.2005 Patentblatt 2005/49

(51) Int Cl.7: **B30B 11/02**, B30B 15/02,
B22F 3/03

(21) Anmeldenummer: **05008976.2**

(22) Anmeldetag: **23.04.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

- **Zingsem, Martin**
41749 Viersen (DE)
- **Schröges, Guido**
41334 Nettetal (DE)
- **Vest, Rolf**
41063 Mönchengladbach (DE)

(30) Priorität: **02.06.2004 DE 102004026968**

(71) Anmelder: **SMS Meer GmbH**
41069 Mönchengladbach (DE)

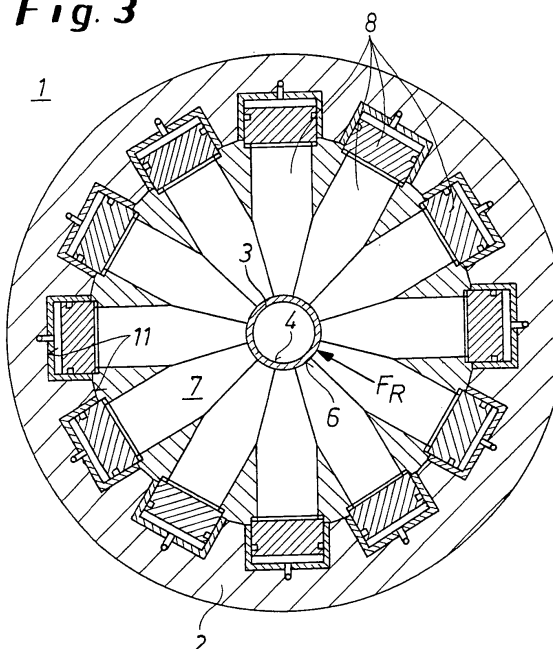
(74) Vertreter: **Valentin, Ekkehard**
Patentanwälte
Valentin-Gihske-Grosse
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)

(72) Erfinder:
• **Holthausen, Matthias**
41849 Wassenberg (DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen eines Pulverpresskörpers**

(57) Bei einer Vorrichtung zum Herstellen eines Formteils aus Pulver, insbesondere Metallpulver, aus einem ein Pulver enthaltenden, teigigen Material, aus einem ein Pulver enthaltenden, fließfähigen Material oder aus vorgepresstem Material, die aufweist eine Matrize (1), die aus einem Grundkörper (2) und einer in diesen eingesetzten Matrizenhülse (3) besteht, wobei die Matrizenhülse (3) eine vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrische Kontur aufweist, die eine Formfläche (4) für das Formteil bildet, und mindestens einen Pressstempel (5), der in die durch die vorzugsweise zylindrische Kontur der Matrizenhülse (3) definierte Öffnung eintreten und im durch die vorzugsweise zylindrische Kontur definierten Raum befindliches Pulver bzw. Material verdichten kann, sind in einem sich an die Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) vorzugsweise radial nach außen oder innen erstreckenden Raum (7) Mittel (8) angeordnet, mit denen eine vorzugsweise radial nach innen oder außen gerichtete Kraft (F_R) zumindest auf einen Teil der Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) aufbringbar ist. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Formteils.

Fig. 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Herstellen eines Formteils aus Pulver, insbesondere Metallpulver, aus einem ein Pulver enthaltenden, teigigen Material, aus einem ein Pulver enthaltenden, fließfähigen Material oder aus vorgepresstem Material, die aufweist: eine Matrize, die aus einem Grundkörper und einer in diesen eingesetzten Matrizenhülse besteht, wobei die Matrizenhülse eine vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrische Kontur aufweist, die eine Formfläche für das Formteil bildet, und mindestens einen Pressstempel, der in die durch die vorzugsweise zylindrische Kontur der Matrizenhülse definierte Öffnung eintreten und im durch die vorzugsweise zylindrische Kontur definierten Raum befindliches Pulver bzw. Material verdichten kann. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Formteils.

[0002] Mit Vorrichtungen der gattungsgemäßen Art ist es möglich, Formteile aus Metallpulver durch Pressen und anschließendes Sintern herzustellen. Bekannt ist es, für das Pressen von pulverförmigem Werkstoff stempelartige Werkzeuge einzusetzen, die in eine Matrize eingebrachtes Pulver durch eine axiale Pressbewegung komprimieren. Hierzu ist zumindest ein Pressstempel erforderlich, der in die Matrize eindringt. In diesem Falle besitzt die Matrize einen Hohlraum, der zur Stempelseite hin geöffnet ist. Die Matrizenöffnung wird - bis auf ein geringfügiges Spiel - vom Stempel geschlossen. Der Stempel baut durch sein Eindringen in den Matrizenhohlraum den zur Verdichtung notwendigen Druck auf.

[0003] Es kann auch vorgesehen werden, dass mehrere Stempel eingesetzt werden, die sich in eine Achsrichtung bewegen können. Die Stempel können dabei in eine axial einseitig geschlossene Matrize eintauchen oder bei einer axial in beiden Richtungen offenen Matrize aus beiden axialen Richtungen kommen. Gelegentlich werden auch durchgehende Dornstangen eingesetzt, die aber primär keine Verdichtungsfunktion, sondern eine Verdrängerfunktion haben. Die Stempel können auch seitlich in die Matrize eintauchen, um Hinterschneidungen oder sonstige geometrische Ausprägungen zu erzeugen. Zur Entformung des Formteils werden diese radial eintauchenden Stempel so weit zurückgezogen, dass die Entformung nicht behindert wird.

[0004] Üblicherweise besteht die Matrize aus einem Matrizenring (Matrizengrundkörper) und einer darin eingesetzten Matrizenbuchse bzw. -hülse mit der Werkstückkontur. Da der Stempeldruck vom Pulver auf die Matrizenwand übertragen wird, weitet sich die Matrize beim Pressvorgang auf. Werden nach Abschluss des Pressvorgangs die Pressstempel wieder zurückgezogen, drückt die elastische, aufgeweitete Matrize das Pulver radial zusammen. Da das Pulver jetzt aber bereits zu einem Formteil (Pressling) geworden ist, dessen Eigenschaften mit denen eines Festkörpers vergleichbar sind, setzt das Formteil der Zurückfederung der Matrize einen Widerstand entgegen.

[0005] Zunächst weicht das entstandene Formteil plastisch aus. Hat der radiale Druck der Matrize die dem aktuellen Spannungszustand entsprechende Fließgrenze erreicht, endet das plastische Ausweichen; es bleibt eine elastische Verspannung zwischen Pressling und Matrize erhalten.

[0006] Die elastische Verspannung bewirkt hohe Reibkräfte beim Entformen des Formteils aus der Matrize. Diese Reibkräfte führen zum Verschleiß der Matrize und zu Schädigungen des Formteils.

[0007] Der Unterschiedsbetrag zwischen dem Durchmesser des entformten Formteils und der Matrize wird als "radialer Springback" bezeichnet.

[0008] Die Größe des Springbacks ist abhängig von der Fließgrenze des Formteils. Bei der Verwendung der gleichen Pulvermischung wächst die Fließgrenze mit der Höhe der Presskraft. Daraus ergibt sich eine Abhängigkeit der Geometrie des ausgeformten Formteils von der maximal angewendeten Stempelkraft. Der Springback ist umso größer, je elastischer die Matrize ist. Weil Hartmetall einen deutlich höheren Elastizitätsmodul als Stahl hat, werden zur Verkleinerung des Springbacks daher Matrizenbuchsen aus Hartmetall eingesetzt.

[0009] Besonders problematisch sind dabei länglich ausgebildete Formteile. Im Zusammenhang mit der zu meist kreisförmigen Matrize wirken Biegekräfte. Dadurch ist die elastische Auffederung in der Mitte des Formteils größer als an den beiden Enden.

[0010] Durch das axiale Pressen bildet sich ein mehrachsiger Spannungszustand aus. Zwischen der Höhe der radialen Spannungen und der Höhe der axialen Spannungen besteht ein erheblicher Unterschied. Die genaue Beschreibung dieses Spannungszustands erfordert u. a. die Berücksichtigung der inneren Reibung des Pulvers und der Reibung an den Matrizenwänden. Daher ist eine exakte Aussage über die tatsächlichen Verhältnisse in dem unter Druck stehenden Werkzeug sehr schwierig. Zur vereinfachten Beurteilung stehen jedoch empirisch ermittelte Diagramme zur Verfügung.

[0011] Zur Erleichterung der Entformung des Formteils aus der Matrize wird häufig dem Pulver ein Schmiermittel zugegeben. Dieses Schmiermittel beeinflusst in Abhängigkeit der Zugabemenge die Dichte des Formteils mehr oder weniger nachteilig. Hierdurch ist wiederum die Festigkeit des fertigen Formteils herabgesetzt. Je mehr Schmiermittel zugegeben wird, desto geringer ist die Dichte und die Festigkeit des Formteils.

[0012] Es ist daher grundsätzlich anzustreben, den Schmiermittelanteil so gering wie möglich zu halten, trotzdem jedoch eine gute Entformung sicherzustellen.

[0013] Aus der WO 02/32655 A1 ist ein Pulverpress-Werkzeug bekannt, bei dem vorgesehen ist, dass es in einem Auspressabschnitt so ausgebildet ist, dass die den Auspresskanal stützenden Matrizenwände zunehmend dünner werden. Durch die dünner werdenden Wände in diesem Bereich wird eine allmählich steigende Nachgiebigkeit des Werkzeugs erreicht, wodurch die Entformung erleichtert werden soll.

[0014] Nach der DE 198 30 601 A1 ist eine Pressvorrichtung für pulver- und granulatförmigen Werkstoff vorgesehen, bei der zwei Matrizen, deren Stirnseiten die Kontur des Formteils beinhalten, durch Führungen einen Winkel einschließen, wobei die Flächen der Stirnseiten der Matrizen beim Erreichen der Endkontur des Formteils direkt aneinander schließen. Bei derartigen Segmentmatrizen, bei denen die Kontur des Formteils durch eine Anzahl Presssegmente gebildet wird, besteht der große Nachteil, dass Pulver zwischen die einzelnen Segmente eindringen kann, was zu einer häufigen Störung des Produktionsprozesses führt.

[0015] Zur Erzeugung von Formteilen mit einem Hinterschnitt - in Entformrichtung des Formteils gesehen - ist aus der DE 195 08 952 C2 eine Pressvorrichtung mit einer Matrize und mehreren Stempeln bekannt, wobei ein Segmentschieber zum Einsatz kommt, der mittels entsprechender Vorschub- und Rückzugeinrichtungen auch während des Pressvorgangs für das Formteil nach dem Schließen der Pressform bewegt werden kann.

[0016] Zur Erzeugung des Pressdrucks auf die Prestempel selber ist es aus der EP 1 097 801 A1 bekannt, eine Vorrichtung vorzusehen, bei der zur Erzielung einer kompakten Bauart ein hydraulisches Element mit einem Piezo-Aktuator zusammenwirkt.

[0017] Eine Alternative zur axialen Verdichtung pulverförmiger Werkstoffe gemäß der vorstehenden Erläuterungen ist das hydrostatische Verdichten. Bei diesem Verfahren wird der Pressling Spannungen ausgesetzt, die in allen Achsen annähernd die gleiche Größe haben. Dadurch werden die ungünstigen Schubspannungen weitgehend vermieden. Durch das hydrostatische Verdichtungsverfahren können Presslinge mit höherer Dichte und besseren Werkstoffeigenschaften hergestellt werden. Das Verfahren findet in der Regel in einem unter hohem Druck stehenden Flüssigkeitsbehälter statt. Das Pulver wird von einer nachgiebigen Hülle umgeben, so dass eine annähernd gleich starke Verdichtung in allen Achsen erfolgt.

[0018] Da das hydrostatische Verdichtungsverfahren jedoch nicht allseitig exakt abgeformte Presslinge liefern kann, ist es für viele Anwendungsfälle nicht einsetzbar.

[0019] Der Erfindung liegt im Lichte der vorstehend beschriebenen Probleme beim Pressen und Entformen des Formteils aus der Matrize daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art so fortzubilden, dass es möglich ist, den Press- und Entformungsvorgang zu erleichtern und damit insgesamt den Pulverpressprozess zu verbessern. Weiterhin sollen Möglichkeiten geschaffen werden, das Verfahren des Pulverpressens so zu gestalten, dass eine Verbesserung des Prozesses und des Produkts möglich werden.

[0020] Diese Aufgabe wird durch die Erfindung vorrichtungsgemäß dadurch gelöst, dass in einem sich an die Außen- oder Innenwand der Matrizenhülse vorzugsweise radial nach außen oder innen erstreckenden

Raum Mittel angeordnet sind, mit denen eine vorzugsweise radial nach innen oder außen gerichtete Kraft zumindest auf einen Teil der Außen- oder Innenwand der Matrizenhülse aufbringbar ist.

5 **[0021]** Mit diesen Mitteln wird es möglich, die Matrizenhülse hinsichtlich ihres wirksamen Innendurchmessers im vorzugsweise zylindrischen Teil zu beeinflussen, was sowohl für den Herstellungsprozess als auch für das Entformen sehr vorteilhaft genutzt werden kann, wie später im einzelnen dargelegt werden wird.

10 **[0022]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Mittel aus dem Raum, der sich an die Außenwand der Matrizenhülse radial nach außen erstreckt, selber bestehen, der gegenüber der Umgebung abgedichtet ist, sowie aus Elementen bestehen, mit denen ein Hydraulikfluid unter vorgegebenem Druck und/oder mit vorgegebenem Volumenstrom in den Raum eingegeben werden kann.

15 **[0023]** Eine alternative Ausführung sieht vor, dass die Mittel aus mindestens einem Betätigungselement bestehen, das zwischen einer Wand des Raums im Grundkörper der Matrize und der Außen- oder Innenwand der Matrizenhülse eine vorzugsweise radial gerichtete Kraft erzeugen kann, sowie aus mindestens einem Druckübertragungsglied, das die vom Betätigungselement erzeugte Kraft auf die Außen- oder Innenwand der Matrizenhülse überträgt

20 **[0024]** In diesem Falle hat es sich bewährt, wenn das Betätigungselement ein hydraulisches Kolben-Zylinder-System ist. Ferner bietet es sich dann an, dass eine Anzahl Betätigungselemente und zugehörige Druckübertragungsglieder über den Umfang der Wand des Raums im Grundkörper der Matrize angeordnet sind. Die Druckübertragungsglieder können dabei als Druckstempel ausgebildet sein, die sich an ihrem der Außen- oder Innenwand der Matrizenhülse zugewandten Ende verjüngen oder verbreitern.

25 **[0025]** Mit Vorteil ist dann vorgesehen, dass die Druckübertragungsglieder sich derart verjüngen, dass ihre der Außenwand der Matrizenhülse zugewandten Enden aneinandergrenzend den Umfang der Außenwand der Matrizenhülse weitgehend oder vollständig umgreifen. Dies ist das bevorzugte Vorgehen bei der Herstellung eines im wesentlichen zylindrischen Formkörpers.

30 **[0026]** Alternativ hierzu kann vorgesehen sein, dass die Druckübertragungsglieder sich derart verbreitern, dass ihre der Innenwand der Matrizenhülse zugewandten Enden aneinandergrenzend den Umfang der Innenwand der Matrizenhülse weitgehend oder vollständig umgreifen. Dies ist das bevorzugte Vorgehen bei der Herstellung eines im wesentlichen ringförmigen Formkörpers.

35 **[0027]** Eine Ausführung der Erfindung besteht darin, dass ein einziges Betätigungselement vorgesehen ist, das einen vorzugsweise konzentrisch zur Matrizenhülse ausgebildeten, zur Umgebung abgedichteten Raum (also einen Ringraum) aufweist, sowie ein Element, mit

dem ein Hydraulikfluid unter vorgegebenem Druck und/oder mit vorgegebenem Volumenstrom in den Raum eingegeben werden kann, wobei an der vorzugsweise radial nach innen oder außen gerichteten Endfläche des Raums eine Anzahl Druckübertragungsglieder angrenzen. Zwecks Vereinfachung der Abdichtung des mit Hydraulikfluid beaufschlagten Raums zu den Druckübertragungsgliedern kann vorgesehen werden, dass zwischen der radial nach innen oder außen gerichteten Endfläche des Raums und den Druckübertragungsgliedern ein elastisches Band angeordnet ist. Das Band ist bevorzugt als Stahlhülse mit geringer Dicke ausgebildet.

[0028] Die Matrizenhülse kann mehrteilig ausgeführt sein und aus mehreren zusammengesetzten Segmenten bestehen. Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel in mehr als in einer Ebene senkrecht zu dieser Richtung separat ansteuerbare bzw. betätigbare Mittel angeordnet sind, mit denen die Kraft zumindest auf einen Teil der Außenoder Innenwand der Matrizenhülse aufbringbar ist.

[0029] Die erfindungsgemäße Verfahrensweise bei der Herstellung eines Formteils aus Pulver, insbesondere Metallpulver, aus einem ein Pulver enthaltenden, teigigen Material, aus einem ein Pulver enthaltenden, fließfähigen Material oder aus vorgepresstem Material sieht vor, dass während des Produktionszyklus eines Formteils zumindest einmalig eine vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung mit anschließender Dekompression oder Entspannung einer sich in einer Matrize befindlichen, vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrisch ausgebildeten Matrizenhülse vorgenommen wird.

[0030] Als eine Konkretisierung dieses Prinzips kann vorgesehen werden, dass während des Einschiebens des mindestens einen Pressstempels in die Matrizenhülse der Matrize die radiale Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse erfolgt.

[0031] Dies hat den vorteilhaften Effekt, dass eine allseitige Kompression des Materials erfolgt, wie es beim hydrostatischen Pressverfahren in Druckflüssigkeit der Fall ist. Es ergibt sich dadurch eine besonders gute Homogenität des Formteils.

[0032] Eine andere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass vor dem Einschieben mindestens eines Pressstempels in die Matrizenhülse der Matrize die vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse erfolgt und vor der Entformung des Formteils aus der Matrizenhülse die Dekompression oder Entspannung erfolgt.

[0033] Der große Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass dann die Entformung des Formteils in besonders einfacher Weise möglich ist.

[0034] Einen positiven Einfluss auf die Materialhomogenität des Formteils hat es weiterhin, wenn nach einer Verfahrensvariante vorgesehen wird, dass während des Produktionszyklus eines Formteils eine mehrmalige,

pulsierende vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung mit anschließender Dekompression oder Entspannung der Matrizenhülse vorgenommen wird.

[0035] Eine besonders vorteilhafte Möglichkeit zum Ausgleich des Verschleißes lässt sich dadurch erreichen, dass eine Verfahrensabfolge vorgesehen wird, bei der vor dem Einschieben oder während des Einschiebens mindestens eines Pressstempels in die Matrizenhülse der Matrize die vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse in der Weise erfolgt, dass eine Formfläche der Matrizenhülse, vorzugsweise eine innere zylindrische Formfläche, ein gewünschtes Kalibermaß annimmt. Mit der vorzugsweise radialen Verformung kann dann Verschleiß ausgeglichen werden.

[0036] Eine weitere Verfahrensvariante stellt darauf ab, dass mehrere entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel in mehr als in einer Ebene senkrecht zu dieser Richtung angeordnete Mittel zum Aufbringen einer Kraft auf zumindest einen Teil der Außenoder Innenwand der Matrizenhülse so angesteuert bzw. betätigt werden, dass entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel ein zeitvarianter Verlauf der Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse mit anschließender Dekompression oder Entspannung erfolgt. Dabei kann insbesondere vorgesehen sein, dass der zeitvariante Verlauf der Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse mit anschließender Dekompression oder Entspannung entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel wellenförmig erfolgt.

[0037] Eine vorteilhafte Verfahrensmaßnahme sieht vor, daß die Matrizenhülse von Betätigungselementen lokal unterschiedlich stark beaufschlagt wird. Durch die gezielt unterschiedlich auf die Matrizenhülse bzw. -buchse einwirkenden Stempelkräfte der Betätigungselemente lassen sich eine Biegeverformung mit zudem größeren Verformungsweg und umlaufende Wellen erzeugen. Für den Preßling ergibt sich ein gleichmäßiges Verformungsergebnis.

[0038] Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich dadurch weiter optimieren, dass der Prozess durch Wärme, durch Vakuum und durch spezielle Gleitmittel, Bindemittel und Rieselmittel unterstützt wird. Das Verfahren kann besonders auch für Multilevel- und Multilayer-Formteile zum Einsatz kommen.

[0039] Durch die vorgeschlagene Vorrichtung und das zugehörige Verfahren ergeben sich verschiedene Vorteile:

[0040] Mit dem radialen Pressen und Entlasten der Matrizenhülse, das mit der vorgeschlagenen Vorrichtung dosiert erzeugt werden kann, ist es in vorteilhafter Weise möglich, günstige Effekte beim Formen, also während des Pressvorgangs, und beim Entformen, also beim Freilegen des Formkörpers, zu bewirken.

[0041] Wegen der erreichbaren verbesserten Entformbedingungen, d. h. durch die Möglichkeit einer Entformung mit reduzierter Auspresskraft des Formteils aus der Matrize, ist es nunmehr möglich, mit geringeren

Mengen oder sogar ganz ohne Schmiermittel auszukommen, das dem Pulver zwecks leichter Entformung aus der Matrize gegebenenfalls zugesetzt wird. Damit verbessern sich die Materialeigenschaften der Formteile, insbesondere die Dichte und die Festigkeit. Weiterhin wird dadurch die Gefahr reduziert, dass Freilegerisse am Formteil entstehen.

[0042] Aufgrund der reduzierten Ausstoßkraft beim Entformen des Formteils aus der Matrize kann weiterhin der Verschleiß an der radialen Innenwand der Matrizenhülse erheblich reduziert werden.

[0043] Weiterhin kann kostengünstigeres Material für die Matrize eingesetzt werden, da die Reibkräfte bei der Entformung geringer sind.

[0044] Durch die Kompression des Pulvermaterials nicht nur in Richtung der axialen Bewegung der Pressstempel, sondern erfindungsgemäß auch in radiale Richtung, ergibt sich ein Formteil mit verbesserter Materialqualität.

[0045] Es wird ferner möglich, das Kalibermaß der Matrizenhülse zu beeinflussen, wodurch Verschleiß kompensiert werden kann. Eine durch Verschleiß zu groß gewordene Matrize bzw. eine Aushöhlung in der Matrizenmitte läßt sich folglich nachstellen.

[0046] Das Kalibermaß der Matrize ist unter Einbeziehung des theoretischen Sinterschwundes beim Sintern bezogen auf das Fertigmaß festgelegt. Bei Abweichungen zum gewünschten Endmaß ist gegebenenfalls eine Nachbearbeitung nach dem Sintern erforderlich. Dies kann mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung durch entsprechende Beaufschlagung mit einer Radialkraft ausgeglichen werden.

[0047] Es ist also eine Qualitätsverbesserung des Formteils möglich, bei gleichzeitiger Verringerung des Matrizenverschleißes. Es werden neue Formteil-Geometrien ermöglicht, wobei auch höhere Presskräfte realisiert werden können. Dies gilt insbesondere bei länglichen Formteilen, bei denen die bekannten Verfahren und Vorrichtungen an ihre Grenzen stoßen. Es kann insbesondere eine gesteuerte Beeinflussung der Geometrie und von Maßabweichungen erfolgen, insbesondere bei Verschleiß. Auch kann die Gefahr von inneren Rissen und Abschälungen am Formteil reduziert werden.

[0048] Es ist weiterhin möglich, eine flexible Anpassung der radialen Geometrie des Formteils zur Kompensation von Werkzeugverschleiß, zur Kompensation von Wärmedehnungen und zur Kompensation von Maßänderungen wegen der Veränderung des Pressdrucks vorzunehmen.

[0049] Weitere Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und der Beschreibung von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen der Erfindung. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung des Pressens von Metallpulver;

Fig. 2 eine Seitenansicht einer schematisch dar-

gestellten Vorrichtung zum Pulverpressen;
Fig. 3 die Draufsicht auf eine Matrize dieser Vorrichtung;

Fig. 4a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 4b im Schnitt die Draufsicht auf eine erste Ausführungsform der Matrize;

Fig. 5a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 5b im Schnitt die Draufsicht auf eine andere Ausführungsform der Matrize;

Fig. 6a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 6b im Schnitt die Draufsicht auf eine weitere Ausführungsform der Matrize;

Fig. 7a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 7b im Schnitt die Draufsicht auf eine vierte Ausführungsform der Matrize;

Fig. 8a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 8b im Schnitt die Draufsicht auf eine fünfte Ausführungsform der Matrize;

Fig. 9a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 9b im Schnitt die Draufsicht auf eine sechste Ausführungsform der Matrize;

Fig. 10a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 10b im Schnitt die Draufsicht auf eine siebte Ausführungsform der Matrize;

Fig. 11a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 11b im Schnitt die Draufsicht auf eine achte Ausführungsform der Matrize;

Fig. 12a im Schnitt die Seitenansicht und

Fig. 12b im Schnitt die Draufsicht auf eine neunte Ausführungsform der Matrize;

Fig. 13 eine Draufsicht auf eine Matrize mit lokal unterschiedlich starker Beaufschlagung der Matrizenhülse mit Stempelkräften; und

Fig. 14 einen sich mit der Beaufschlagung nach Fig. 13 ergebenden Druckverlauf.

[0050] In Fig. 1 ist schematisch eine Vorrichtung dar-

gestellt, mit der ein Metallpulver 15 zu einem Formteil gepresst werden kann. Die Vorrichtung weist eine Matrize 1 auf, die aus einem hohlzylindrischen Grundkörper 2 besteht, in den coaxial eine Matrizenhülse 3 eingesetzt ist. Damit die Matrizenhülse 3 hochresistent gegen Verschleiß ist, besteht sie bevorzugt aus Hartmetall. Die Matrizenhülse definiert eine zylindrische Formfläche 4. In den von dieser Formfläche gebildeten Raum wird das Metallpulver 15 eingebracht. Sowohl von oben als auch von unten werden dann je ein Pressstempel 5 in die jeweiligen Öffnungen der Matrizenhülse 3 eingeschoben und axial aufeinander zu bewegt. Dabei wird auf die Stempel 5 eine Presskraft F_P ausgeübt, so dass das Pulver 15 verdichtet wird.

[0051] Es sei angemerkt, dass die Erfindung nicht nur für die Verarbeitung von Pulver tauglich ist. Häufig wird ein bereits vorgeformter Pressling in einem weiteren Schritt nachgepresst, insbesondere beim abschließenden Pressen mit höheren Drücken, was eine besonders wichtige Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des entsprechenden Verfahrens ist.

[0052] Die Gesamtvorrichtung zum Pulverpressen ist in Fig. 2 gezeigt. In einen Grundrahmen 16 sind Stempelzylinder 17 eingebaut, die die Pressstempel 5 mit der Presskraft F_P beaufschlagen, um den Formkörper 18 zu pressen.

[0053] Zur Steuerung und Überwachung des Fertigungsprozesses sind Drucksensoren 19 und 20 und Wegsensoren 21 und 22 vorhanden. Ferner ist ein Radial-Wegsensor 23 vorgesehen, mit dem die radiale Position der Wand der Matrizenhülse 3 ermittelt werden kann. Die Steuerung 24 veranlasst den Ablauf des Herstellungsprozesses.

[0054] Anhand der Fig. 3, aus der die Draufsicht auf die Matrize 1 der Vorrichtung zu sehen ist, wird das Prinzip des Presskonzepts deutlich: Zwischen der radial nach außen gerichteten Außenwand 6 der Matrizenhülse 3 und einer radial nach innen gerichteten Wand 11 einer im wesentlichen zylindrischen Ausnehmung im Grundkörper 2 der Matrize 1 (hier durch Ausnehmungen für Kolben-Zylinder-Einheiten definiert) wird ein Raum 7 gebildet, in dem Mittel 8 angeordnet sind, mit denen eine radial gerichtete Kraft F_R erzeugt werden kann. Diese Mittel 8 pressen auf die Außenwand 6 der Matrizenhülse 3 und können diese damit radial komprimieren bzw. - wenn die Kraft F_R wieder weggenommen wird - radial expandieren. Dies wird genutzt, um die oben erläuterten Vorteile zu erzielen.

[0055] Eine erste Ausgestaltung dieses Konzepts geht aus den Figuren 4a und 4b hervor. Hier sind die Mittel 8 zur Erzeugen der radial gerichteten Kraft F_R der Raum 7 selber, der als abgeschlossener bzw. abgedichteter Raum zur Aufnahme von Hydraulikflüssigkeit ausgebildet ist. Über ein Element 9 zum Eingeben von Hydraulikfluid (Leitung mit nicht dargestellter Pumpe) wird das Hydraulikfluid in den Raum 7 bzw. 8 geleitet (vorliegend sind es zwei Teilräume, die in Achsrichtung der Matrize 1 versetzt angeordnet sind), wo es eine Expan-

sion des Raums und damit eine radiale Kompression der Matrizenhülse 3 bewirkt. Mit der Bezugsziffer 9 wird vorliegend auch das Hydraulikfluid selber bezeichnet bzw. die Leitung und die Elemente zur Beeinflussung des Hydraulikfluids bezüglich Druck und/oder Volumenstrom.

[0056] Über die Höhe des Hydraulikdrucks p kann die radiale Kompression der Matrizenhülse 3 gezielt und dosiert eingestellt werden.

[0057] Diese Ausführungsform ist sehr einfach aufgebaut, erfordert jedoch hohe Drücke p , um effizient zu arbeiten. Die Matrizenhülse 3 sollte hier möglichst dünn ausgelegt werden. Wichtig ist auch, dass die Erstreckung des Raums 7 in axiale Richtung genügend groß ist.

[0058] Eine andere Bauart ist in den Figuren 5a und 5b zu sehen. Hier ist zum Beaufschlagen der Matrizenhülse 3 mit der Radialkraft F_R ein Betätigungselement 10 in Form eines Kolben-Zylinder-Systems vorgesehen. Der Kolben wird dabei über ein Element 9 zum Eingeben von Hydraulikfluid (s. o.) mit Fluid vorgegebenen Drucks p beaufschlagt, was ihn von der Wand 11 radial nach innen drängt. Die durch das Hydraulikfluid erzeugte Kraft wird auf ein Druckübertragungsglied 12 übertragen, das die Kraft an die Außenwand 6 der Matrizenhülse 3 weitergibt und diese damit radial komprimiert.

[0059] Es sind hier eine Anzahl Betätigungselemente 10 jeweils mit ihren Druckübertragungsgliedern 12 über den Umfang verteilt im Raum 7 angeordnet. Die Druckübertragungsglieder 12 - als Druckstempel ausgebildet - verjüngen sich dabei derart in Richtung auf die Matrizenhülse 3, dass ihre Enden zusammen den Umfang der Matrizenhülse 3 vollständig umgeben. Damit wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass es zu einem gleichmäßigen radialen Komprimieren der Hülse 3 kommt.

[0060] In den Figuren 6a und 6b ist eine Ausführung gezeigt, die ähnlich derjenigen in den Figuren 5a und 5b ist. Demgegenüber ist lediglich vorgesehen, dass die Betätigungselemente 10 - auch hier als Kolben-Zylinder-Systeme ausgebildet - in den Bereich des Grundkörpers 2 der Matrize 1 hinter den Raum 7 zurückversetzt sind. Dies hat den Vorteil, dass die Querschnittsfläche von Kolben bzw. Zylinder größer sind, was die Erzeugung höherer Kräfte ermöglicht. Damit die Druckübertragungsglieder auch für die Übertragung höchste Kräfte geeignet sind, können sie aus Hartmetall bestehen.

[0061] Eine weitere Erhöhung der Druckkraft durch die Betätigungselemente 10 ist mit einer Variante möglich, wie sie in den Figuren 7a und 7b dargestellt ist. Hier kommen Kolben-Zylinder-Systeme zum Einsatz, die mit zwei Druckkammern arbeiten und somit eine deutlich höhere Kraft erzeugen können. Es handelt sich um eine Lösung, bei der eine Hintereinanderschaltung mehrerer Kolbenflächen erfolgt, um die Kräfte zu vergrößern; die effektiv wirkende Kolbenfläche wird damit vergrößert.

[0062] Ein von dem filigranen Aufbau der in den Figuren 5 bis 7 dargestellten Anordnungen abweichende Ausführung ist in den Figuren 8a und 8b gezeigt. Es wird

nur ein einziger abgedichteter Ringraum 13 gebildet, der über ein Element 9 mit Hydraulikfluid versorgt wird. An die Endfläche 14 dieses Raums 13 grenzt eine Anzahl von Druckübertragungsgliedern 12 an, die bei der Beaufschlagung des Raums 13 mit Hydraulikfluid und bei der daraufhin erfolgenden Ausdehnung des Raums 13 radial nach innen gepresst werden und so die Matrizenhülse 3 radial komprimieren. Vorteilhafter Weise ist die Endfläche 14 recht groß, so dass es auch die angrenzenden Flächen der Druckübertragungsglieder 12 sein können. Damit wird auch die Radialkraft groß, die von den Druckübertragungsgliedern 12 weitergegeben wird.

[0063] Die Spalte in Umfangsrichtung zwischen den einzelnen Druckübertragungsgliedern 12 im Bereich der Angrenzung an die Endfläche 14 müssen abgedichtet werden. Dies lässt sich vermeiden, wenn der Ringraum 13 nach innen durch ein Band abgeschlossen wird, an dessen radial innenliegender Fläche dann erst die Druckübertragungsglieder 12 anliegen. Die einzelnen Segmente der Druckübertragungsglieder 12 werden damit über das elastische Band umreift.

[0064] Durch den Einsatz mehrerer Zylinder ist es möglich, die Matrize 1 an allen Stellen gleich steif zu gestalten. Unsymmetrische oder längliche Formteile können dadurch mit hoher Qualität gefertigt werden, während beim konventionellen Verfahren lokal unterschiedlicher Springback mit der Beeinflussung der Maßhaltigkeit und Schädigung des Werkstücks auftritt.

[0065] In den Figuren 9a und 9b wird gezeigt, dass unter Inkaufnahme von Biegung und bei Erhaltung der Abziehfläche oben durch eine Erweiterung des Hydraulikraumes nach unten eine größere Druckbeaufschlagungsfläche erzielt werden kann.

[0066] Die Figuren 10a und 10b zeigen eine Ausführungsform mit verschiedenen Kolben-Zylinder-Elementen bei der Anwendung zur Fertigung eines länglich ausgebildeten Formteils.

[0067] In den Figuren 11a und 11b ist eine alternative Ausgestaltung der Erfindung zu sehen, bei der nicht - wie bei den vorstehenden Lösungen - ein radial nach innen gerichteter Druck auf einen zylindrischen Formkörper ausgeübt wird, sondern bei der es um die Fertigung eines ringförmig ausgebildeten Presslings geht. Dargestellt ist eine Matrize 1, die ein äußeres hohlzylinderförmiges Grundkörperenteil 2 ausweist sowie ein inneres zylinderförmiges Grundkörperenteil 2, das an der radial äußeren Fläche an die Matrizenhülse 3 angrenzt.

[0068] Im Inneren des zylindrisch ausgebildeten Grundkörperteils 2 ist ein an eine innere Wand 11 angrenzender abgedichteter Raum 13 ausgebildet, die in der bereits erläuterten Weise über Elemente 9 mit Hydraulikfluid beaufschlagt und damit ausgedehnt werden kann. Die Expansion des Raums 13 führt über ein ringförmig ausgebildetes Metallband zu einer radial nach außen gerichteten Bewegung der Druckübertragungsglieder 12, die ihrerseits radial nach außen auf die Matrizenhülse 3 drücken. Das sich im Raum zwischen Ma-

trizenhülse 3 und äußerem hohlzylindrisch ausgebildeten Grundkörperenteil 2 befindliche Pulver bzw. ein verdichteter Körper wird dadurch zu einem ringförmigen Bauteil gepresst.

[0069] In den Figuren 12a und 12b ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung zu sehen. Im Unterschied zu den vorbeschriebenen Lösungen ist hier vorgesehen, dass eine Anzahl Druckübertragungsglieder 12 mit ihren jeweiligen Betätigungselementen 10 in Richtung der Bewegung des bzw. der Pressstempel 5 (also in Achsrichtung der Matrize 1) übereinander angeordnet sind. Die einzelnen Betätigungselemente 10 können separat oder in Gruppen betätigt werden. Hierzu ist in Fig. 12b zu sehen, dass an verschiedenen Stellen Hydraulikfluid eingegeben werden kann, was durch die Bezugsziffern p1, p2 und p3 angedeutet ist. Damit kann erreicht werden, dass die zentral angeordnete Matrizenhülse 3 entlang ihrer Längsachse mit unterschiedlichen Kompressionskräften beaufschlagt werden kann.

[0070] In Fig. 12a ist vergrößert dargestellt, wie - durch entsprechende Ansteuerung der verschiedenen Betätigungselemente 10 veranlasst - die Matrizenhülse 3 verformt wird und mit ihr auch das sich in ihrem Inneren befindliche Pulver.

[0071] Die Betätigungselemente 10 können insbesondere derart angesteuert werden, dass eine oder mehrere Verdichtungswellen entlang des Umfangs der Matrizenbuchse 3, entlang der Matrizenhülse 3 in Richtung der Achse des Pressstempels 5 oder in einer Überlagerung beider Bewegungen über die Matrizenhülse 3 in das Pulver eingeleitet werden.

[0072] Die vorgeschlagene Vorgehensweise ist dazu geeignet, in Achsrichtung der Matrize 1 längere Presslinge zu erzeugen, als dies bislang der Fall war. Durch die Wandreibung reduziert sich der Druck auf das Pulver mit fortschreitender Länge. Durch die Möglichkeit, die Wandreibung durch die Radialbewegung der Matrizenhülse 3 trotz Anliegen eines hohen Axialdruckes drastisch zu reduzieren, gelingt es nunmehr, den Axialdruck sehr viel weiter in den Pressling vorzutreiben.

[0073] Um diesen Effekt noch weiter zu steigern, kann die in Fig. 12a und 12b skizzierte Anordnung aus mehreren axial versetzt angeordneten und unabhängig voneinander ansteuerbaren Systemen zur Erzeugung und Übertragung des Druckes bestehen.

[0074] Eine spezielle Betriebsart dieser Anordnung liegt in einer hydraulischen Ansteuerung, die sich durch gezielte Reihenfolge der Druckbeaufschlagung oder eine pulsierende Druckbeaufschlagung mit Phasenversatz für die einzelnen Zonen auszeichnet (analog der Beschaltung eines Drehstrommotors oder eines Drehstromlinearmotors).

[0075] Dadurch kann an der dem Pulver zugewandte Seite der Matrizenhülse 3 eine Wellenbewegung erzeugt werden. Der dadurch erzielbare Effekt ist noch stärker, wenn derartige Wellen axial beidseitig auf die Mitte des Presslings zulaufen.

[0076] Derartige bereichsweise Beschaltungen kön-

nen auch radial oder in anderen Vorzugsrichtungen angewendet werden. Dadurch können insbesondere bei kompliziert geformten Teilen lokale Füllungs- und Verdichtungsprobleme gelöst werden.

[0077] Die Fig. 13 zeigt eine Variante, bei der die Matrizenhülse 3 mit den Stempelkräften P 1 bis P 6 lokal unterschiedlich beaufschlagt wird, womit sich für den Preßling ein gleichmäßiges Verformungsergebnis erreichen läßt, mit einem Druckverlauf, wie er im Diagramm nach Fig. 14 skizziert ist.

[0078] Wie bereits ausgeführt, ist die hydrostatische Verdichtung eine besonders günstige Art der Verdichtung, da eine allseitige Kompression des Pulvers erfolgt. Die für eine solche Verdichtung erforderliche Radialbewegung der Matrizenhülse 3 unter Nutzung der Mittel 8 überschreiten jedoch in der Regel die Möglichkeiten der beschriebenen Elemente. Daher muss die radiale Bewegung der Mittel 8 und die entsprechende radiale Kompression der Matrizenhülse 3 so eingesetzt werden, dass ein größtmöglicher Nutzen gezogen werden kann.

[0079] Eine permanente aktive Steuerung erlaubt eine größtmögliche Einflussnahme auf den Prozess der Herstellung des Formteils. Aber auch unter Verzicht auf aufwendige Steuerungen lassen sich erhebliche Verbesserungen des Prozesses - verglichen mit vorbekannten Verfahren - verwirklichen. Die genauen Parameter des Ablaufs sind im einzelnen Prozess festzulegen. Die Freiheit der Wahl der Parameter wird durch die zur Verfügung stehenden Radialkräfte sowie die Höhe der zulässigen elastischen Dehnung der Matrizenhülse begrenzt. Weiterhin muss beachtet werden, dass die Pressstempel während der Bewegung nicht festgeklemmt werden dürften. Im ruhenden Zustand dürfen sie jedoch radial gepresst werden. Dabei weichen sie elastisch nach innen aus. Der Werkzeugspalt darf auch nicht zu groß werden, da dann Pulver zwischen die Pressstempel gelangen kann.

[0080] Soll nur ein erleichtertes Ausformen erzielt werden, wird eine Matrize mit einem gewissen Übermaß verwendet. Vor dem Pressen wird die Matrize durch Beaufschlagung mit den Radialkräften durch die Mittel 8 verengt. Bei hydraulischen Systemen reicht es je nach Ausführungsform schon aus, die Betätigungselemente vor dem Pressen mit Druck zu beaufschlagen, die Ölzufuhr zu verriegeln und vor dem Entformen nach dem Pressen dann die Verriegelung wieder zu öffnen, um den Öldruck abzubauen und die Matrizenhülse wieder expandieren zu lassen. Dadurch können die Ausformkräfte erheblich gesenkt werden.

[0081] Optimal ist die Vorgehensweise dann, wenn das Ölpolster nur so flach ist, wie die Rückverformung des Formteils es erfordert. Beim Pressen kann dann das Öl aus dem Polster in ein Reservoir entweichen und dort die Rückfederkraft speichern. Die Wand der Matrizenhülse kann ab einem bestimmten Druck dann fest an einer viel steiferen Kontur anliegen. Erst bei der Rückverformung kommt es wieder zu einer Querstauchung

des Formteils. Nach der Betätigung des Absperrventils ist dann das Werkstück leicht zu entformen.

[0082] Es kann sein, dass das Formteil in einer Phase querverformt wird, in der die Axialkraft niedrig ist. Dies kann zu Rissen und zu Schädigungen führen. Diese Schädigung des Formteils durch die Querverformung lässt sich deutlich reduzieren, wenn die aktive Querverformung unter hohem Druck stattfindet. Die "aktive Matrize" bietet nunmehr die Möglichkeit, mit einer in der Hauptsache starren Form die dafür notwendige Radialbewegung kontrolliert auszuführen.

[0083] Bei einer standardmäßigen Matrize wirkt sich beim Umschalten von Pressen auf Entlasten das seitliche elastische Zurückfedern der Matrize zerstörend auf das Formteil aus. Eine Verbesserung kann bereits dadurch erreicht werden, dass die Matrizenwände so mit Kraft beaufschlagt werden, dass die Kontaktfläche zum Pulver in ihrer Lage unverändert starr bleibt.

[0084] Ein für das Formteil günstiger Ablauf besteht in einer axialen Verdichtung bis zur maximalen axialen Presskraft. Danach führt die standardmäßige Matrize aufgrund ihrer Elastizität beim Lastwechsel der Pressstempel von Pressen auf Entlasten eine Rückfederung aus. Dabei findet bei niedriger Axialspannung eine radiale Verformung statt. Es können innere Schiebungen im Formteil stattfinden, die das Formteil schädigen können. Bei der gesteuerten Matrize kann die Steuerkraft hingegen so aufgebracht werden, dass die Innenkontur der Matrizenhülse scheinbar starr ist. Die Gefahr einer Schädigung des Formteils wird dadurch erheblich herabgesetzt.

[0085] Wurde bei diesem Verfahren vor dem Beginn des Pressens die Matrize bereits verengt, kann man nach der Entlastung die noch im Formteil verbliebenden Spannungen komplett abbauen und das Formteil fast reibungsfrei entformen.

[0086] Eine alternative Vorgehensweise besteht darin, den Pressvorgang im ungespannten Zustand der Matrizenhülse zu beginnen und während des Pressvorgangs die Matrizenhülse nur mit dem mindestens notwendigen Druck zu beaufschlagen, um bei maximalem axialen Pressdruck die Matrizenhülse zu verengen. Während der Verdichtung muss jedoch auch ein Radialdruck aufgebracht werden, um zu vermeiden, dass die verhältnismäßig dünne Wand der Matrizenhülse durchgedrückt wird. Bei höchstem Druck findet dann eine radiale Kompression statt. Diese Kompression sollte so bemessen werden, dass der hydrostatische Zustand erreicht wird. Dann wird die axiale und die radiale Presskraft synchronisiert heruntergefahren, bis die Spannungslosigkeit herbeigeführt ist.

[0087] Bei einem idealen Prozess liegt nur noch so viel Vorspannung der Matrizenhülse vor, dass ein sicheres Ablösen des Formteils von der Wand der Matrizenhülse erreicht wird.

[0088] Ob in diesem Prozess der hydrostatische Druck während des Druckabbaus gänzlich oder nur in Annäherung erreicht werden kann, hängt von der Größe

der radialen Verformbarkeit der Matrize ab. In jedem Fall ergibt sich jedoch eine Verbesserung gegenüber dem konventionellen Fertigungsprozess.

[0089] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, während des Druckaufbaus den Werkzeugspalt konstant zu halten. Dazu wird vor dem Druckaufbau die Matrizenhülse verengt. Während der Verdichtung vergrößert sich der Pressstempel durch seine Querdehnung und durch Erwärmung. Entsprechend dieser Vergrößerung kann dann die radiale Kompression der Matrizenhülse reduziert werden. Werden Werkzeuge sowohl für normales Pressen als auch für das Warmverdichten eingesetzt, wird das ansonsten auftretende Klemmen vermieden.

[0090] Insgesamt wird also eine reibungsarme Entformung erzielt sowie eine Verbesserung des Pressvorgangs durch eine Steuerung des mehrachsigen Spannungszustandes. Auf die Geometrie des Formteils kann aktiv Einfluss genommen werden, und genauso ist auch eine Korrektur des Werkzeugverschleißes möglich. Weiterhin ist eine Beeinflussung des augenblicklichen Werkzeugspaltes bzw. der Kontaktkraft zwischen Matrizenhülse und Pressstempel möglich. Durch wiederholte Reduzierung des Radialdruckes während des Press- und Entformvorganges kann eine Verringerung der Auswirkungen der Reibung erfolgen. Schließlich weist das Formteil eine bessere Homogenität auf, wenn ein mehrfaches radiales Öffnen und Schließen während des Pressens des Formteils stattfindet.

[0091] Während der Einsatz der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des zugehörigen Verfahrens häufig bei Formkörpern angezeigt ist, die zumindest abschnittsweise einen zylindrischen Teil aufweisen, kommt die Erfindung genauso auch zur Anwendung, wenn dies nicht der Fall ist, d. h. wenn der Formkörper nicht zylindrisch ausgebildet ist, auch nicht abschnittsweise, und die Matrizenhülse folglich gleichermaßen keinen zylindrisch ausgebildeten Abschnitt hat.

Bezugszeichenliste:

[0092]

- | | |
|----|--|
| 1 | Matrize |
| 2 | Grundkörper |
| 3 | Matrizenhülse |
| 4 | Formfläche |
| 5 | Pressstempel |
| 6 | Außenwand |
| 7 | Raum |
| 8 | Mittel zum Erzeugen einer radial gerichteten Kraft |
| 9 | Element zum Eingeben von Hydraulikfluid |
| 10 | Betätigungselement |
| 11 | Wand |
| 12 | Druckübertragungsglied |
| 13 | abgedichteter Raum |
| 14 | Endfläche |
| 15 | Pulver |

- | | |
|-------|-------------------------|
| 16 | Grundrahmen |
| 17 | Presszylinder |
| 18 | Formkörper |
| 19 | Drucksensor |
| 20 | Drucksensor |
| 21 | Wegsensor |
| 22 | Wegsensor |
| 23 | Radial-Wegsensor |
| 24 | Steuerung |
| F_P | Presskraft |
| F_R | radial gerichtete Kraft |
| p | Hydraulikdruck |

15 Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen eines Formteils aus Pulver, insbesondere Metallpulver, aus einem ein Pulver enthaltenden, teigigen Material, aus einem ein Pulver enthaltenden, fließfähigen Material oder aus vorgepresstem Material, die aufweist:

- eine Matrize (1), die aus einem Grundkörper (2) und einer in diesen eingesetzten Matrizenhülse (3) besteht, wobei die Matrizenhülse (3) eine vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrische Kontur aufweist, die eine Formfläche (4) für das Formteil bildet, und
- mindestens einen Pressstempel (5), der in die durch die vorzugsweise zylindrische Kontur der Matrizenhülse (3) definierte Öffnung eintreten und im durch die vorzugsweise zylindrische Kontur definierten Raum befindliches Pulver bzw. Material verdichten kann,

dadurch gekennzeichnet,

dass in einem sich an die Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) vorzugsweise radial nach außen oder innen erstreckenden Raum (7) Mittel (8) angeordnet sind, mit denen eine vorzugsweise radial nach innen oder außen gerichtete Kraft (F_R) zumindest auf einen Teil der Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) aufbringbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mittel (8) aus dem Raum (7) selbst, der gegenüber der Umgebung abgedichtet ist, sowie aus Elementen (9) bestehen, mit denen ein Hydraulikfluid unter vorgegebenem Druck (p) und/oder mit vorgegebenem Volumenstrom in den Raum (7) einbringbar ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mittel (8) aus mindestens einem Betätigungselement (10), das zwischen einer Wand (11)

des Raums (7) im Grundkörper (2) der Matrize (1) und der Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) eine vorzugsweise radial gerichtete Kraft (F_R) erzeugen kann, sowie vorzugsweise aus mindestens einem Druckübertragungsglied (12) bestehen, das die vom Betätigungselement (10) erzeugte Kraft (F_R) auf die Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) überträgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Betätigungselement (10) ein hydraulisches Kolben-Zylinder-System ist. 10
5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine Anzahl Betätigungselemente (10) und zugehörige Druckübertragungsglieder (12) über den Umfang der Wand (11) des Raums (7) im Grundkörper (2) der Matrize (1) angeordnet sind. 20
6. Vorrichtung nach Anspruch 3, 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Druckübertragungsglieder (12) als Druckstempel ausgebildet sind, die sich an ihrem der Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) zugewandten Ende verjüngen oder verbreitern. 25
7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Druckübertragungsglieder (12) sich derart verjüngen, dass ihre der Außenwand (6) der Matrizenhülse (3) zugewandten Enden aneinandergrenzend den Umfang der Außenwand (6) der Matrizenhülse (3) weitgehend oder vollständig umgreifen. 30 35
8. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Druckübertragungsglieder (12) sich derart verbreitern, dass ihre der Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) zugewandten Enden aneinandergrenzend den Umfang der Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) weitgehend oder vollständig umgreifen. 40
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein einziges Betätigungselement (10) vorgesehen ist, das einen vorzugsweise konzentrisch zur Matrizenhülse (3) ausgebildeten, zur Umgebung abgedichteten Raum (13) aufweist, sowie ein Element (9), mit dem ein Hydraulikfluid unter vorgegebenem Druck (p) und/oder mit vorgegebenem Volumenstrom in den Raum (13) eingegeben werden kann, wobei an der vorzugsweise radial nach innen oder außen gerichteten Endfläche (14) des Raums (13) eine Anzahl Druckübertragungsglieder (12) angrenzen. 45 50 55

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass zwischen der vorzugsweise radial nach innen oder außen gerichteten Endfläche (14) des Raums (13) und den Druckübertragungsgliedern (12) ein elastisches Band angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Matrizenhülse (3) mehrteilig ausgeführt ist und aus mehreren zusammengesetzten Segmenten besteht.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel (5) in mehr als in einer Ebene senkrecht zu dieser Richtung separat ansteuerbare bzw. betätigbare Mittel (8) angeordnet sind, mit denen die Kraft (F_R) zumindest auf einen Teil der Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) aufbringbar ist.
13. Verfahren zum Herstellen eines Formteils aus Pulver, insbesondere Metallpulver, aus einem ein Pulver enthaltenden, teigigen Material, aus einem ein Pulver enthaltenden, fließfähigen Material oder aus vorgepresstem Material, insbesondere zum Betreiben einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass während des Produktionszyklus eines Formteils zumindest einmalig eine vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung mit anschließender Dekompression oder Entspannung einer sich in einer Matrize (1) befindlichen, vorzugsweise zumindest abschnittsweise zylindrisch ausgebildeten Matrizenhülse (3) vorgenommen wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass während des Einschlebens mindestens eines Pressstempels (5) in die Matrizenhülse (3) der Matrize (1) die Matrizenhülse (3) vorzugsweise radial komprimiert oder aufgeweitet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Einschleiben mindestens eines Pressstempels (5) in die Matrizenhülse (3) der Matrize (1) die vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse (3) erfolgt und vor der Entformung des Formteils aus der Matrizenhülse (3) die Dekompression oder Entspannung erfolgt.
16. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,

dass während des Produktionszyklus eines Formteils eine mehrmalige, pulsierende vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung mit anschließender Dekompression oder Entspannung der Matrizenhülse (3) vorgenommen wird.

5

17. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

dass vor dem Einschieben oder während des Einschiebens mindestens eines Pressstempels (5) in die Matrizenhülse (3) der Matrize (1) die vorzugsweise radiale Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse (3) in der Weise erfolgt, dass eine Formfläche (4) der Matrizenhülse (3) ein gewünschtes Kalibermaß annimmt.

10

15

18. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

dass mehrere entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel (5) in mehr als in einer Ebene senkrecht zu dieser Richtung angeordnete Mittel (8) zum Aufbringen einer Kraft (F_R) auf zumindest einen Teil der Außen- oder Innenwand (6) der Matrizenhülse (3) so angesteuert bzw. betätigt werden, dass entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel (5) ein zeitvarianter Verlauf der Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse (3) mit anschließender Dekompression oder Entspannung erfolgt.

20

25

30

19. Verfahren nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet,

dass der zeitvariante Verlauf der Kompression oder Aufweitung der Matrizenhülse (3) mit anschließender Dekompression oder Entspannung entlang der Bewegungsrichtung des bzw. der Pressstempel (5) wellenförmig erfolgt.

35

20. Verfahren nach Anspruch 13,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Matrizenhülse (3) von Betätigungselementen (8; 10) lokal unterschiedlich stark beaufschlagt wird.

40

45

50

55

Fig. 1

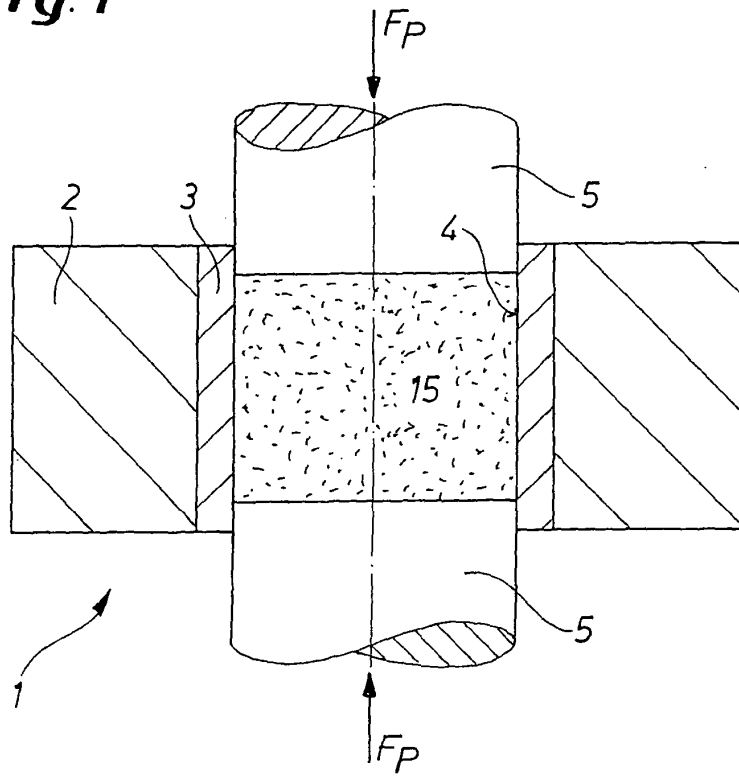


Fig. 2

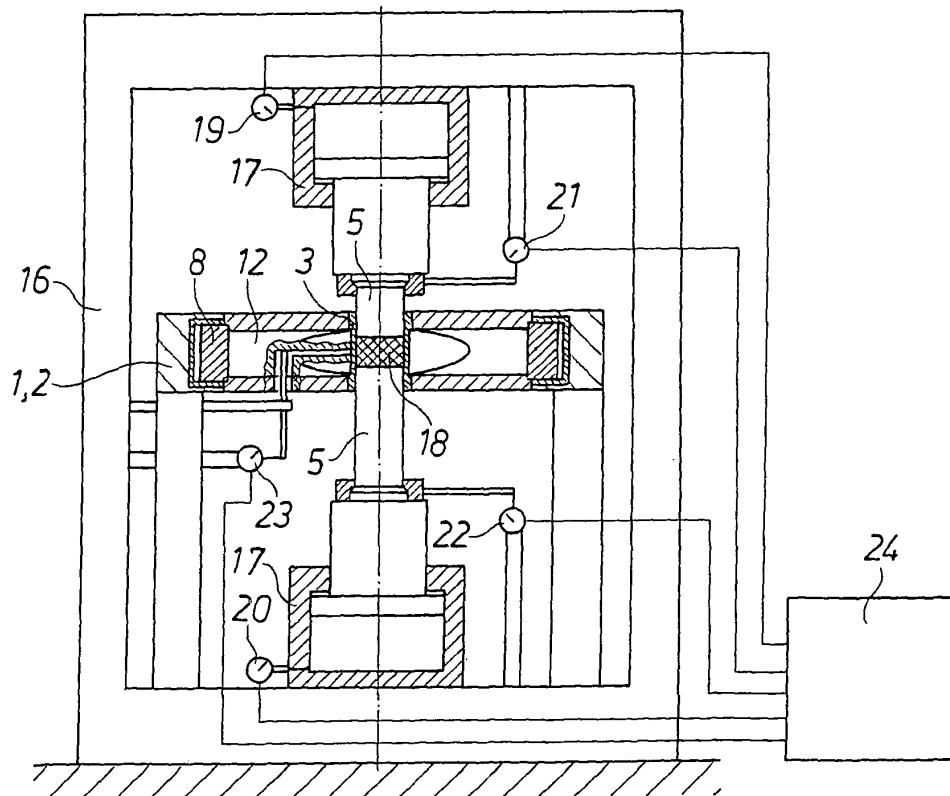


Fig. 3

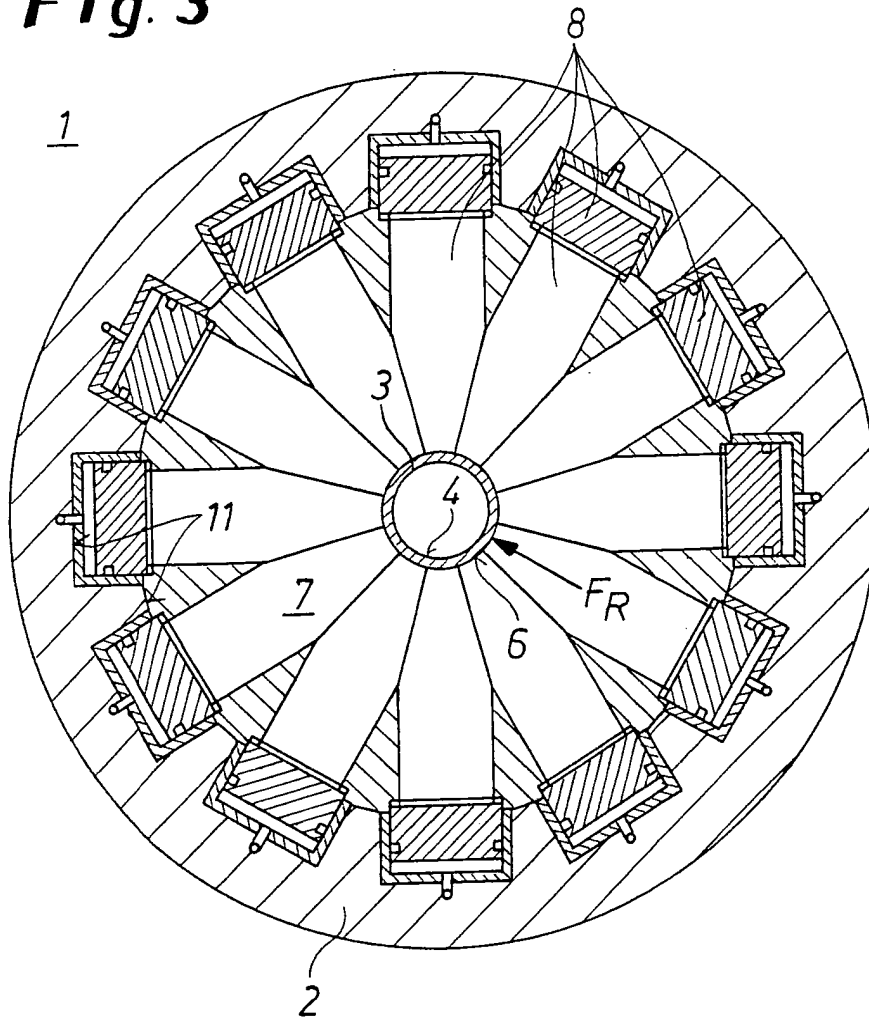


Fig. 4a

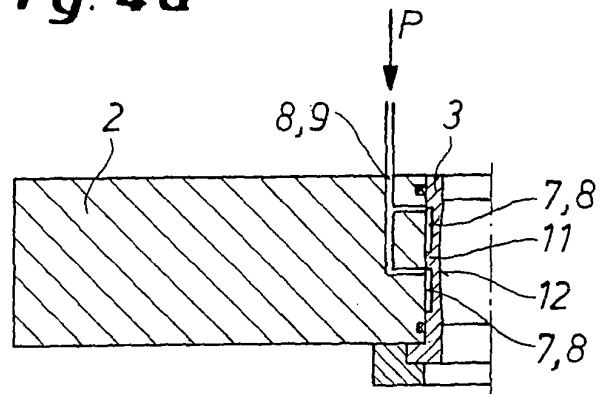


Fig. 4b

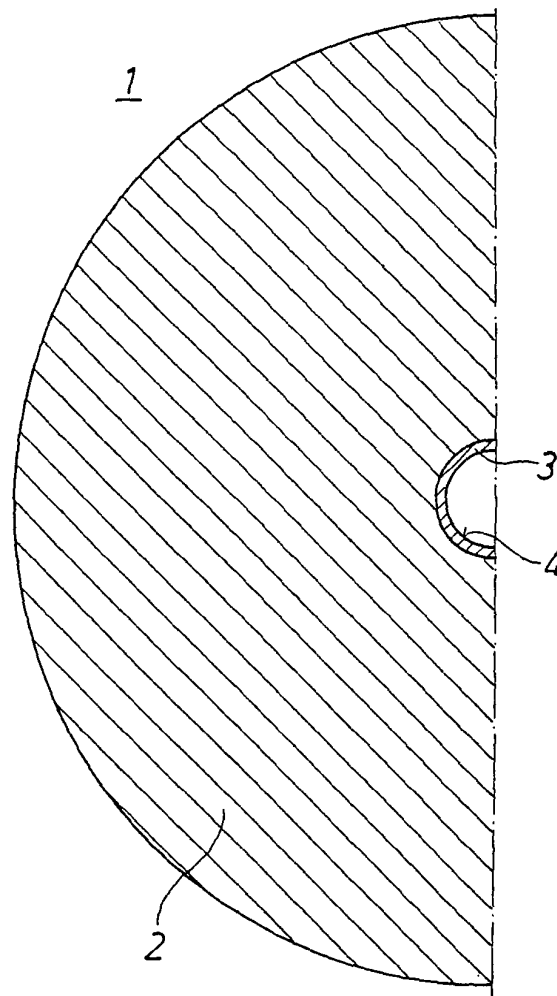


Fig. 5a

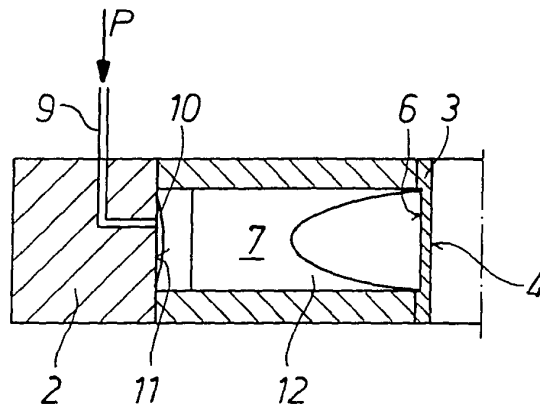


Fig. 5b

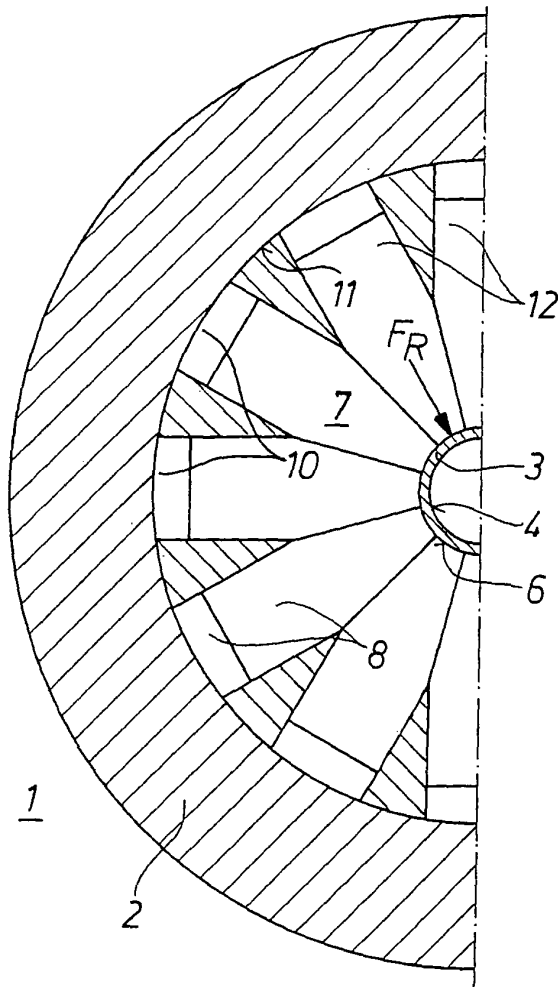


Fig. 6a

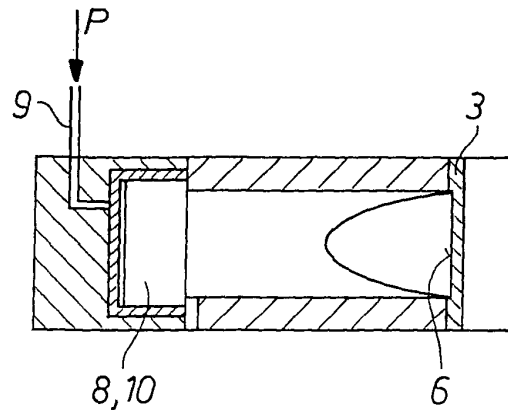


Fig. 6b

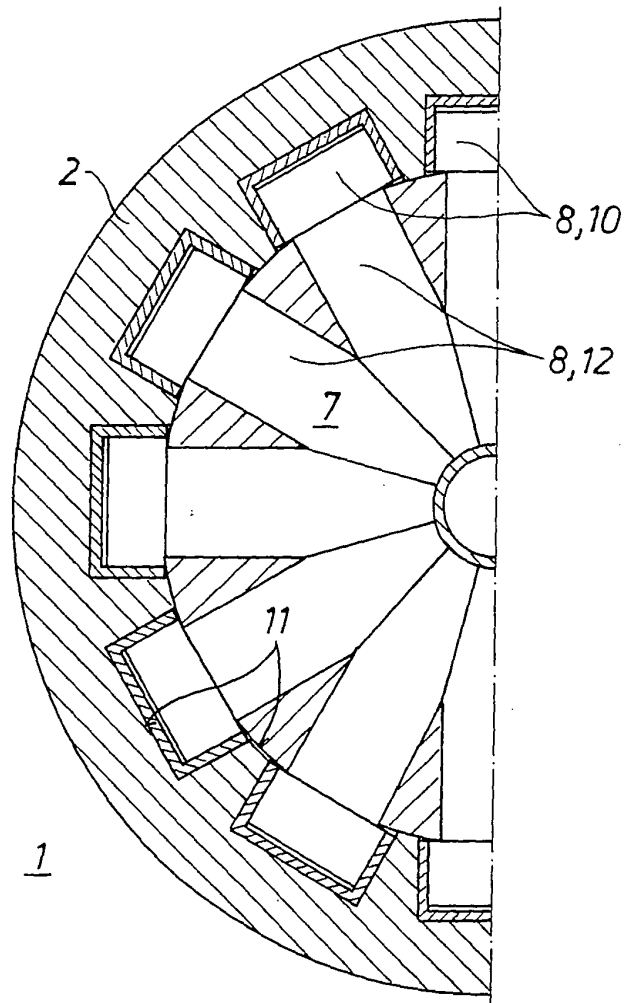


Fig. 7a

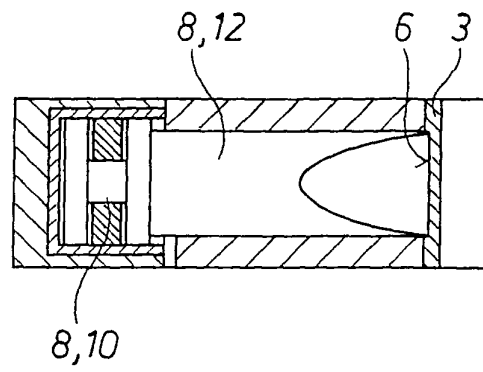


Fig. 7b

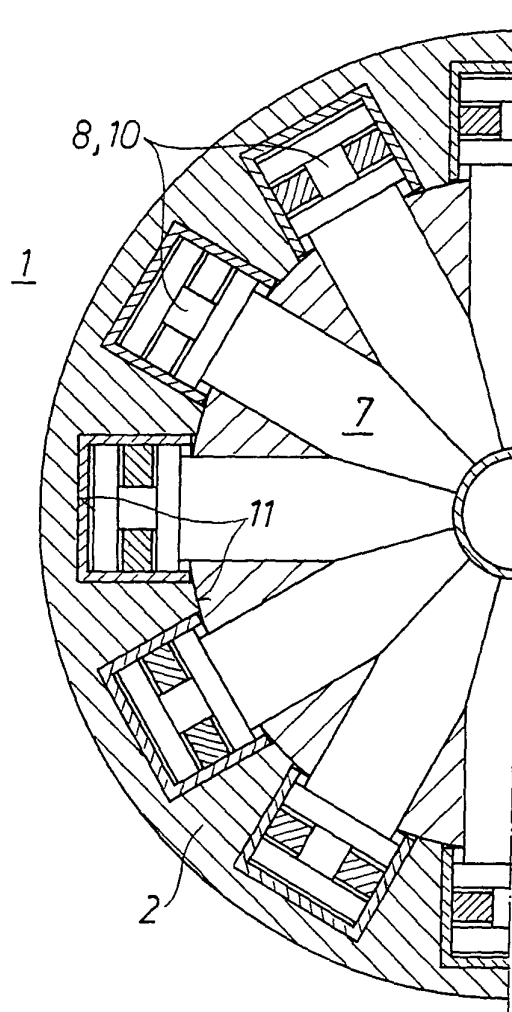


Fig. 8a

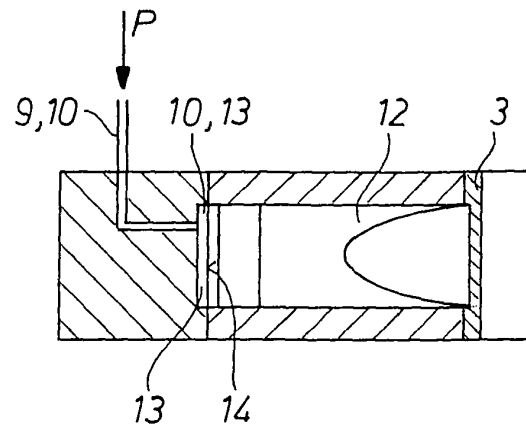


Fig. 8b

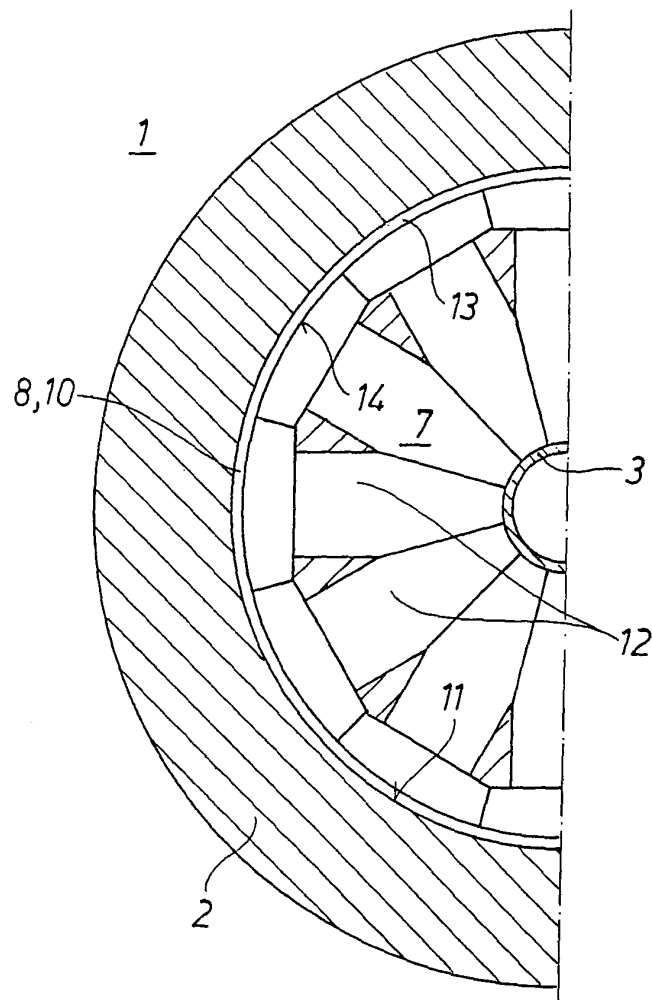


Fig. 9a

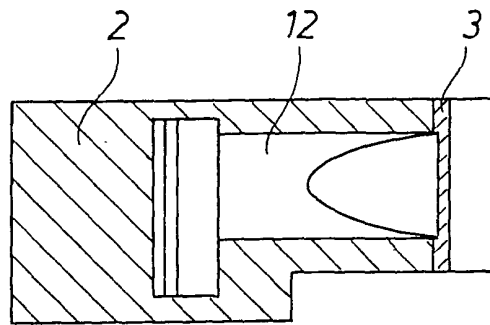


Fig. 9b

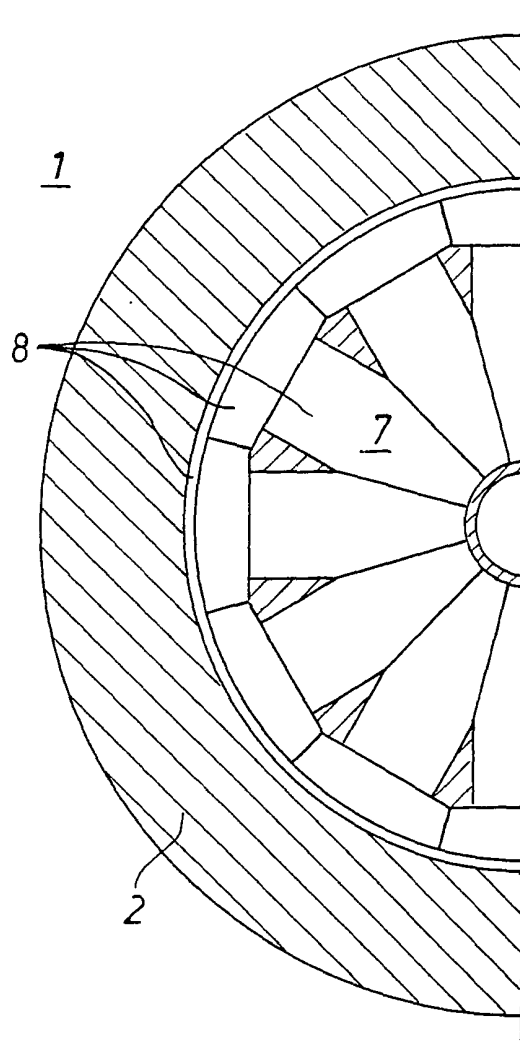


Fig. 10a

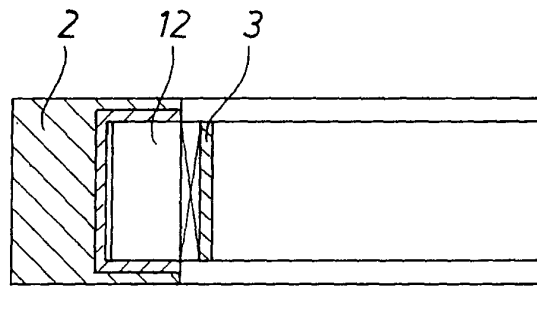


Fig. 10b

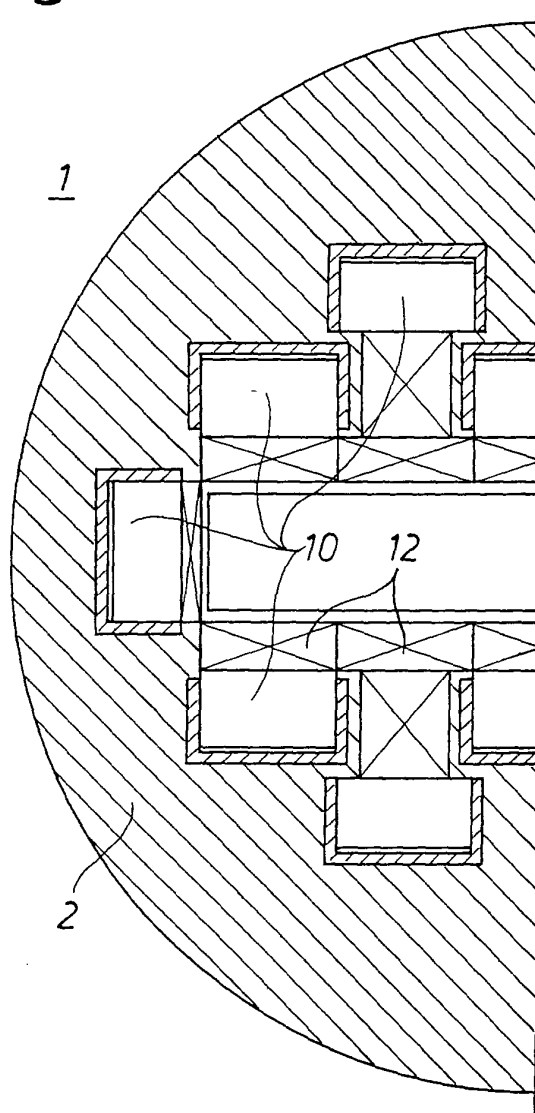


Fig. 11a

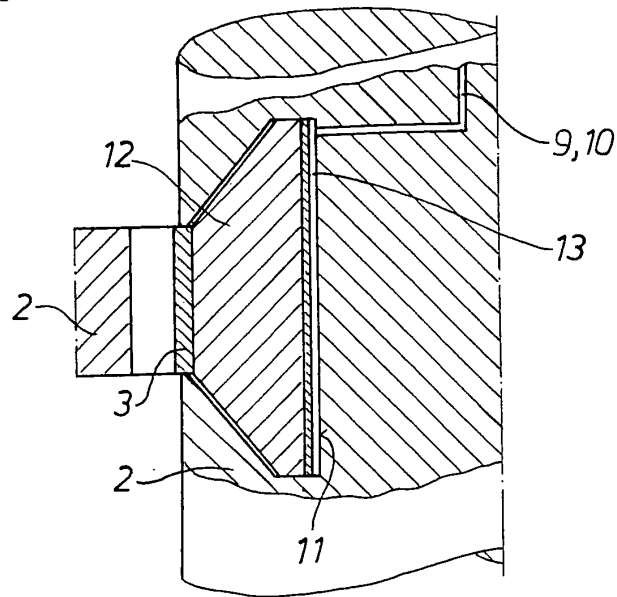


Fig. 11b

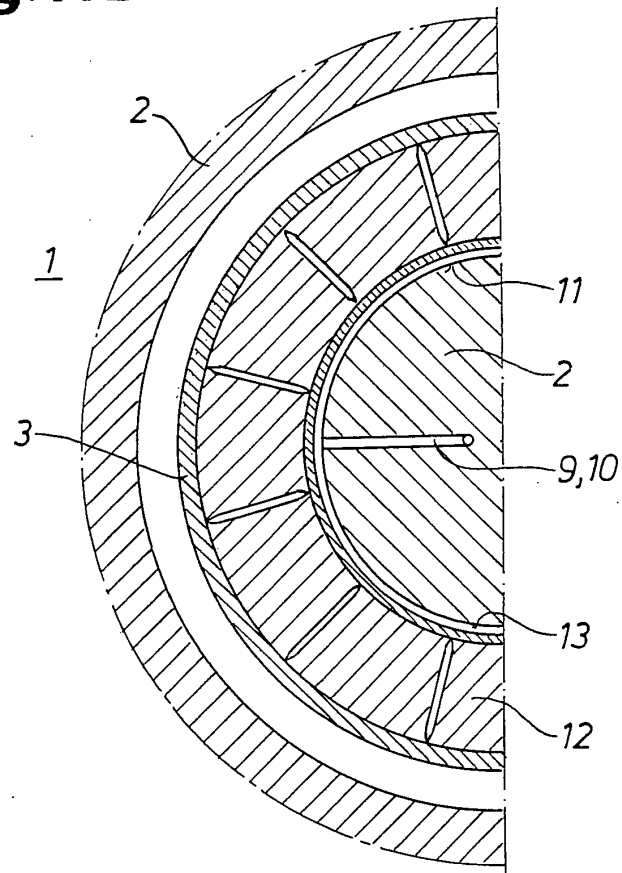


Fig.12a

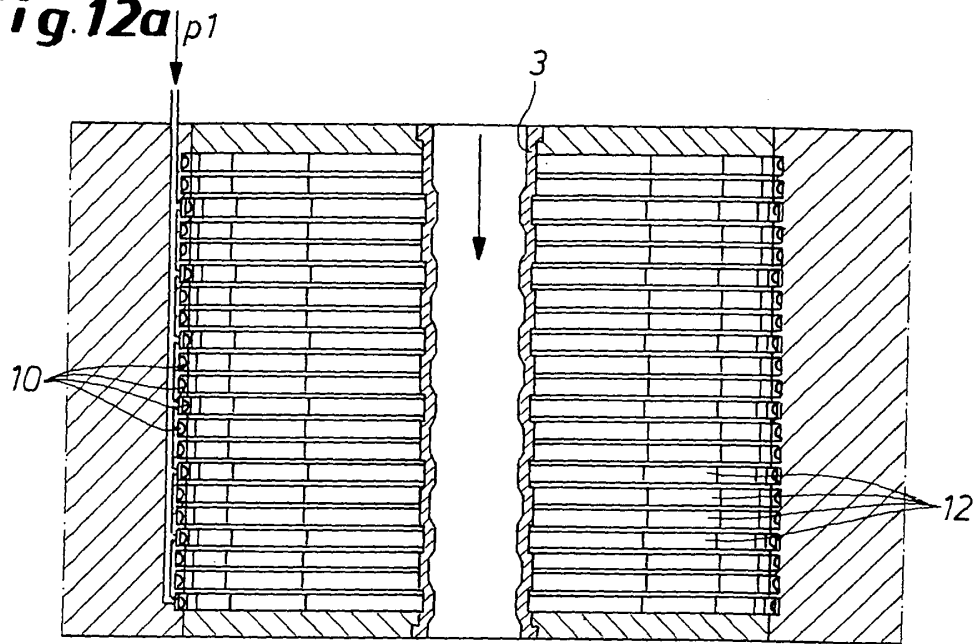


Fig.12b

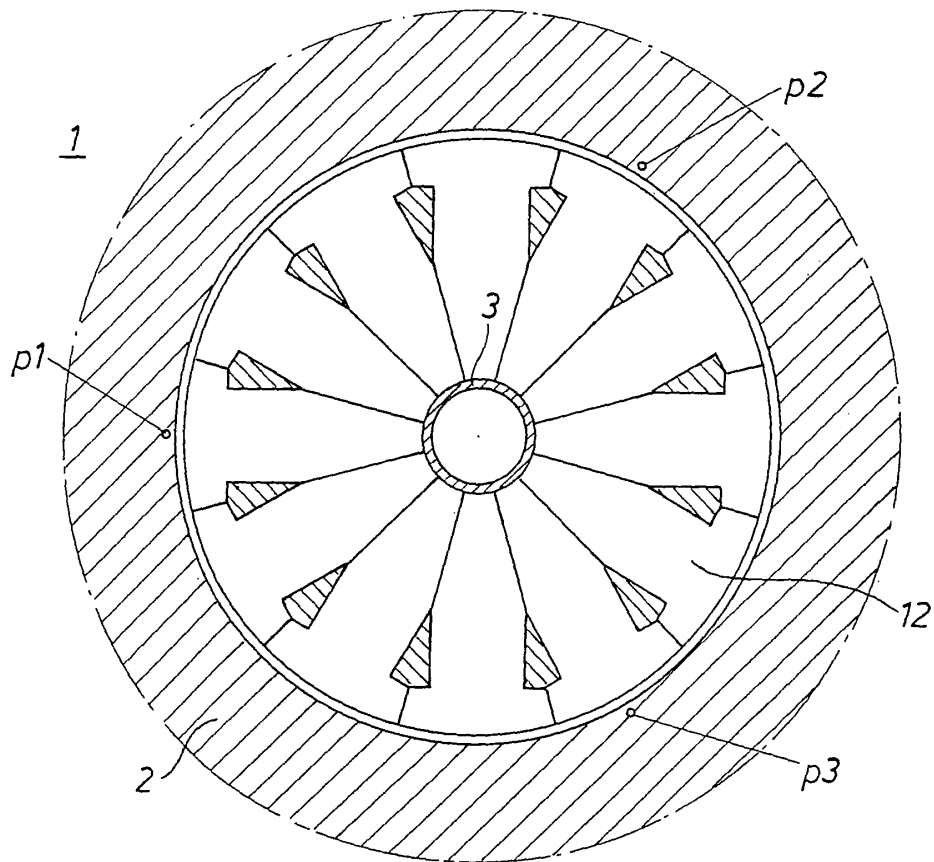


Fig.13

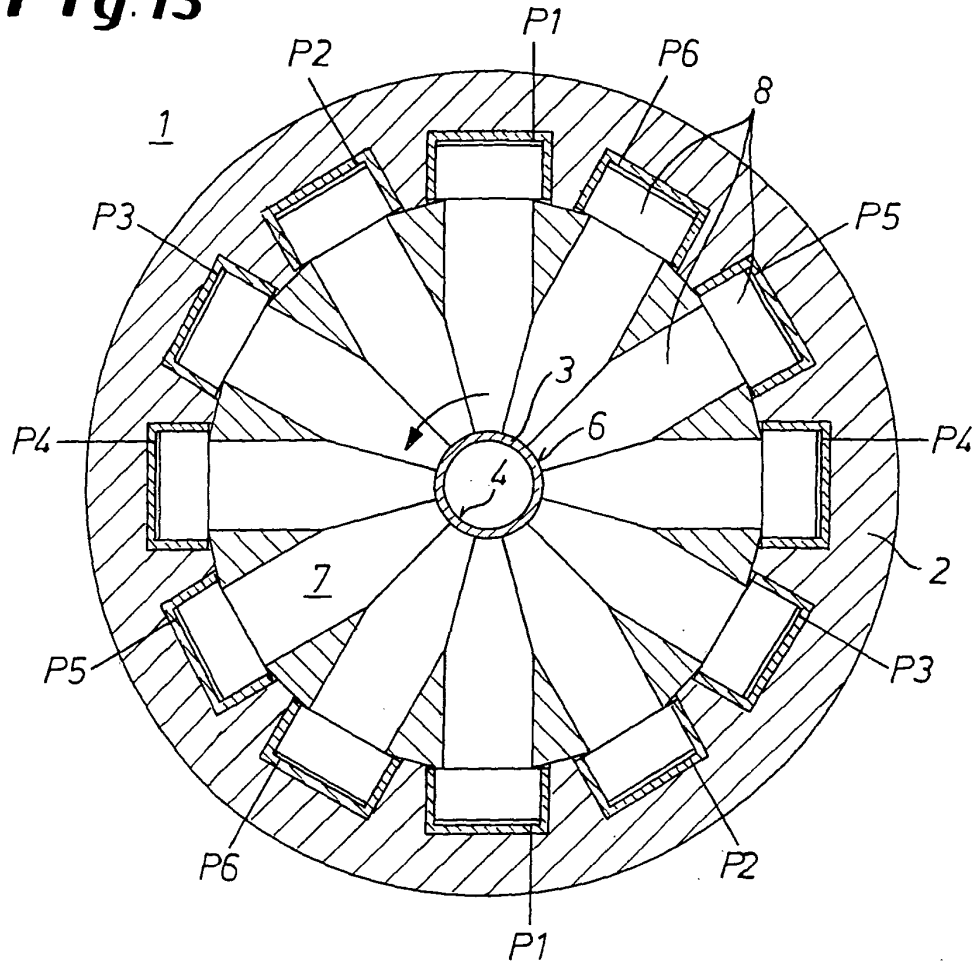
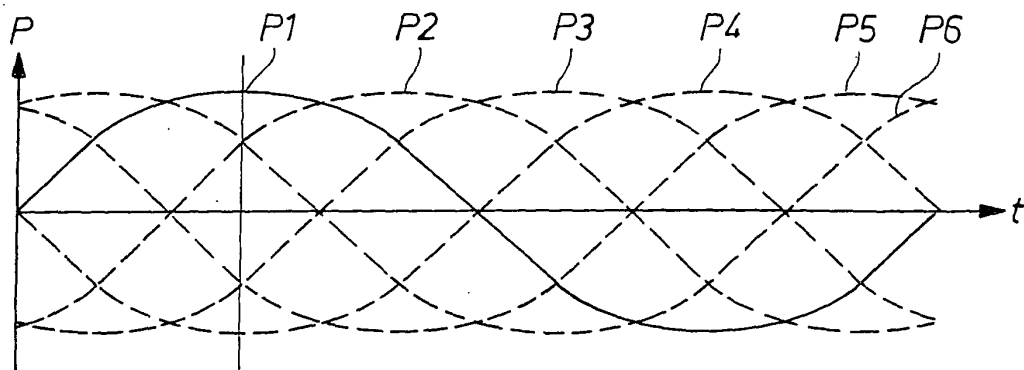


Fig.14





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 00 8976

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	HOLOWNIA B P: "BALANCED DIE METHOD FOR METAL POWDER COMPACTION" POWDER METALLURGY, METALS SOCIETY. LONDON, GB, Bd. 39, Nr. 3, 1996, Seiten 207-209, XP000641581 ISSN: 0032-5899 * Seite 207, rechte Spalte, Zeile 18 - Seite 208, linke Spalte, Zeile 14 *	1	B30B11/02 B30B15/02 B22F3/03
X	US 6 324 970 B1 (MORI HARUHIKO) 4. Dezember 2001 (2001-12-04) * Ansprüche 1,4,7-12 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B30B B22F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 22. August 2005	Prüfer Schruers, H
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	

2
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 05 00 8976

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.

22-08-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 6324970	B1	04-12-2001	JP	3620250 B2	16-02-2005
			JP	11151708 A	08-06-1999
			SG	72888 A1	23-05-2000
			US	2002023551 A1	28-02-2002

EPO FORM P0461

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