



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 336 756 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.08.2003 Patentblatt 2003/34

(51) Int Cl.7: **F04B 1/12**

(21) Anmeldenummer: **03001458.3**

(22) Anmeldetag: **22.01.2003**

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

(72) Erfinder: **Gärtner, Bernd**
89194 Schnürpflingen (DE)

(74) Vertreter: **Körfer, Thomas, Dipl.-Phys. et al**
Mitscherlich & Partner,
Patent- und Rechtsanwälte,
Sonnenstrasse 33
80331 München (DE)

(30) Priorität: **18.02.2002 DE 10206729**

(71) Anmelder: **BRUENINGHAUS HYDROMATIK**
GMBH
89275 Elchingen (DE)

(54) **Hohlkolben mit Hohlkugelfüllung**

(57) Ein Hohlkolben (1) für eine Kolbenmaschine umfaßt einen Hauptkörper (7), in welchem eine Ausnehmung (8) zumindest über einen Teil der axialen Länge des Hauptkörpers (7) ausgebildet ist. Die Ausnehmung (8) ist zumindest zu einem Teil mit einer Hohlkugelfüllung (2) gefüllt, welche mit dem Hauptkörper (7) mittels Sintern einen Verbund bildet.

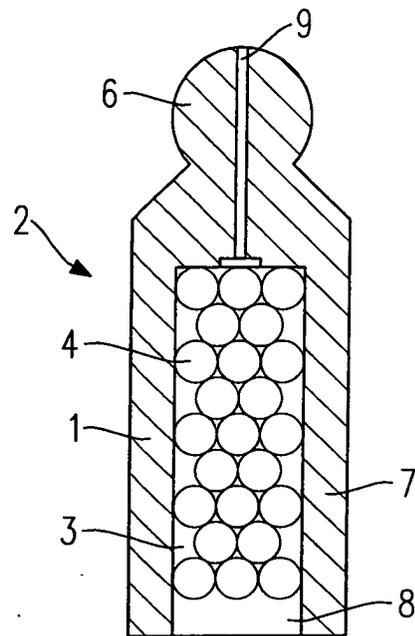


Fig. 1A

EP 1 336 756 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hohlkolben für eine Kolbenmaschine, insbesondere eine Axialkolbenmaschine, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Hohlkolbens.

[0002] Die bei Axialkolbenmaschinen früher eingesetzten Massivkolben setzten einem Betrieb bei höheren Drehzahlen Grenzen. Bei höheren Drehzahlen ergeben sich Festigkeitsprobleme für die Zylinder und für die Kolben-Rückhalteinrichtung aufgrund der hohen auftretenden Fliehkraft Massenkräfte sowie thermische Probleme an den Berührungsflächen zwischen Kolben und Zylinder aufgrund der aus den Fliehkräften resultierenden Reibungskräfte. Um Axialkolbenmaschinen mit erhöhter Drehzahl betreiben zu können, werden daher Hohlkolben mit leichten Füllstücken eingesetzt.

[0003] Beispielsweise ist aus der DE 39 19 329 A1 ein Kolben für eine Axialkolbenmaschine bekannt, welcher als Hohlkörper ausgebildet ist, in den ein Einsatzstück eingesetzt und mittels eines dessen äußere Stirnfläche übergreifenden Umschlags der das Einsatzstück umgebenden Wand des Hohlkörpers axial gesichert ist. Dabei ist der Umschlag durch Einpressen der länger als endgültig bemessenen Wand des Hohlkörpers in mehrere einander gegenüberliegende Ausnehmungen oder in eine Ringausnehmung des Einsatzstückes und Ablängen des so gestalteten Kolbens etwa im Bereich der Ausnehmungen oder der Ringausnehmung gebildet. Das Einsatzstück ist dabei vorzugsweise aus Aluminium hergestellt.

[0004] Nachteilig an dem aus der DE 39 19 329 A1 bekannten Kolben ist dabei, daß das Einsatzstück aus einem anderen Material als der Hohlkörper des Kolbens besteht, so daß nachfolgende insbesondere thermische Bearbeitungsschritte bedingt durch die unterschiedliche Wärmeausdehnung nur begrenzt durchführbar sind. Weiterhin muß das Einsatzstück paßgenau gefertigt sein, um Unwucht und Totvolumen zu minimieren, was eine hohe Anforderung an die Fertigungsverfahren stellt. Die unterschiedlichen Verfahren zum Abschließen des Kolbens wie der in der vorliegenden Druckschrift angeführte Umschlag mit eingepreßter Ausnehmung oder auch das Verschweißen mit einem Deckel lassen oftmals große Totvolumina entstehen.

[0005] Zwar ist aus der DE 199 29 760 A1 ein Verfahren zur Herstellung metallischer, oxydischer oder keramischer Hohlkugeln bekannt, bei welchem Ausgangsstoffe für die Hüllschicht auf bewegte kugelförmige Trägerelemente aufgebracht und die so hergestellten Grünlinge nachfolgend pyrolisiert und gesintert werden. Dabei werden die kugelförmigen Trägerelemente in Bewegung versetzt und ein flüssiges bis pastöses Bindemittel aufgebracht. Gesondert wird mindestens ein trockener, pulver- oder granulatförmiger Ausgangsstoff zur Ausbildung der Hüllschicht zugeführt. Nachfolgend werden die Grünlinge im wesentlichen in statischer Ruhe gesintert, wobei das Material der Trägerelemente vor

Abschluß der Sinterung pyrolisiert wird.

[0006] Die Verwendung der mittels dem in der DE 199 29 760 A1 beschriebenen Verfahren hergestellten Hohlkugeln zum Befüllen von Hohlkolben für Kolbenmaschinen ist dort jedoch nicht beschrieben und wird durch diese Druckschrift auch nicht angeregt.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Hohlkolben zu schaffen, welcher einerseits eine gegenüber einem Massivkolben reduzierte Masse und andererseits eine hohe Festigkeit aufweist und ein Verfahren zur Herstellung solcher Hohlkolben anzugeben.

[0008] Die Aufgabe wird bezüglich des Hohlkolbens durch die Merkmale des Anspruchs 1 und bezüglich des Herstellungsverfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 24 gelöst.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemäß ausgestalteten Kolbens und des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Der Hohlkolben kann sowohl in einer Bauweise mit einer angeformten Gelenkkugel als auch in inverser Bauweise mit einer in ein Lager eingesetzten Gelenkkugel ausgeführt sein.

[0011] Das Lager kann dabei einstückig mit dem Hohlkolben verbunden oder als separates Bauteil in diesen eingeschoben sein. Letztere Ausführungsform ist besonders vorteilhaft, weil der Hohlkolben dadurch aus einem einfachen Rohrstück kostengünstig herstellbar ist.

[0012] Weiterhin ist von Vorteil, daß der Hohlkolben je nach den Anforderungen an seinem befüllbaren Ende offen gelassen werden kann oder auch zur Verringerung des Totvolumens oder Erhöhung der Stabilität mit einem Deckel versehen sein kann.

[0013] Auch eine Durchführung des Hydraulikfluids durch ein Rohr kann bei dichter Kugelpackung mit sehr geringem Totvolumen in einfacher Weise realisiert werden.

[0014] Besonders vorteilhaft ist die einfache Herstellbarkeit durch das erfindungsgemäße Verfahren.

[0015] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen und der Darstellung der sich gegenüber dem Stand der Technik ergebenden Vorteile anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1A-C Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Hohlkolben in konventioneller Bauweise;

Fig. 2A-E Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Hohlkolben in inverser Bauweise; und

Fig. 3A-C Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Hohlkolben in inverser Bauweise mit einer Wandung aus einem Rohrstück.

[0016] Die in den Fig. 1 bis 3 dargestellten erfindungs-

gemäßen Ausführungsbeispiele von Hohlkolben sind insbesondere zur Anwendung in Axialkolbenmaschinen geeignet. Eine derartige Axialkolbenmaschine kann dabei beispielsweise in Schrägscheibenbauweise mit verstellbarem Verdrängungsvolumen ausgeführt sein und umfaßt in bekannter Weise als wesentliche Bauteile ein hohlzylindrisches Gehäuse, einen am Gehäuse befestigten Anschlußblock, eine Schrägscheibe, einen Steuerkörper, eine Triebwelle und eine Zylindertrommel. In der Zylindertrommel sind Zylinderbohrungen radial gleichmäßig verteilt angeordnet. In den Zylinderbohrungen sind die in den Fig. 1 und 2 näher beschriebenen Hohlkolben axial verschiebbar angeordnet, wobei sich die in den Fig. 1A bis 1C als Kugelköpfe ausgebildeten Gelenkköpfe der Hohlkolben über Gleitschuhe an der Schrägscheibe abstützen. Die Hohlkolben können jedoch auch in inverser Bauweise ausgeführt sein, wie in den Fig. 2A bis 2E dargestellt, wobei die Gleitschuhe die als Kugelköpfe ausgebildeten Gelenkköpfe tragen und mit diesen in entsprechende Lager der Hohlkolben eingreifen.

[0017] Um die Axialkolbenmaschinen mit höherer Drehzahl betreiben zu können, werden die Kolben als Hohlkolben ausgeführt und mit einem geeigneten Kern versehen, welcher beispielsweise aus Aluminium gefertigt sein kann. Der Kern dient dabei einerseits der Gewichtersparnis und andererseits der Stabilisierung des Hohlkolbens. Die Nachteile solcher ganz oder teilweise durch einen Kern ausgefüllten Hohlkolben sind vielfältig. Neben dem erhöhten Fertigungsaufwand und den dadurch entstehenden Kosten sind insbesondere das Totvolumen, welches fertigungstechnisch im Kolben verbleibt, die Herstellung einer zentralen Bohrung sowie der Verschluss des Hohlkolbens mit den dazu benötigten Verfahrenstechniken und Bearbeitungsschritten von Nachteil.

[0018] Erfindungsgemäß wird daher der Hohlkolben 1, wie in den Fig. 1 bis 3 dargestellt, mit einer Hohlkugelfüllung 2 versehen, um die im Hohlkolben 1 verbleibenden Hohlräume 3 bzw. das Totvolumen zu minimieren, die Masse des Hohlkolbens 1 gegenüber einem Massivkolben zu verringern und trotzdem eine hohe Stabilität des Hohlkolbens 1 zu erreichen. Weiterhin ermöglicht die Hohlkugelfüllung 2 den Durchgang des Hydraulikfluids ohne die Notwendigkeit einer den Hohlkolben 1 durchlaufenden Bohrung. Wird für die Hohlkugelfüllung 2 das gleiche Material wie für den Hohlkolben 1 verwendet, ist außerdem im Anschluß an die Füllung eine Weiterverarbeitung beispielsweise mit Wärmebehandlung in einfacher Weise möglich, da sowohl der Hohlkolben 1 als auch die Hohlkugelfüllung 2 aus dem gleichen Material gefertigt sind und somit gleicher Wärmedehnung unterliegen.

[0019] Die Herstellung der Hohlkolben 1 mit der Hohlkugelfüllung 2 erfolgt dabei erfindungsgemäß in mehreren Schritten. Zunächst wird der Hohlkolben 1 in bekannter Weise hergestellt, beispielsweise durch Drehen. Danach erfolgt die Befüllung mit der aus einzelnen

Hohlkugeln 4 bestehenden Hohlkugelfüllung 2. Die einzelnen Hohlkugeln 4 können dabei entweder bereits gesintert sein oder in einem weiteren Herstellungsschritt in dem Hohlkolben 1 gemeinsam mit diesem gegebenenfalls unter zusätzlichem Druck gesintert werden, um eine feste Diffusionsverbindung zwischen dem Hauptkörper des Hohlkolbens 1, den Hohlkugeln 4 und einem eventuell aufzusetzenden Deckel 5 herzustellen. Alternativ können die einzelnen Hohlkugeln 4 auch durch Kleben oder Verlöten verbunden werden.

[0020] Die einzelnen Hohlkugeln 4 werden dabei, wie bereits weiter oben beschrieben, z. B. durch ein pulvermetallurgisches Verfahren hergestellt. Hierbei werden Substratmaterialien wie z. B. Styropor® mittels Wirbelbeschichtung in einem kontinuierlichen Warmluftstrom mit einer Binder-Metallpulversuspension besprüht und anschließend entweder in Form von einzelnen Kugeln oder in einem Verbund wärmebehandelt. Dabei findet eine Pyrolyse des Styroporkerns und des Binders bzw. eine Versinterung des Metallpulvers statt, wodurch Hohlkugelformkörper oder metallische Einzel-Hohlkugeln 4 entstehen. Für die Befüllung der Hohlkolben 1 eignen sich insbesondere die Einzel-Hohlkugeln 4, welche in einfacher Weise in die Hohlkolben 1 einbringbar sind.

[0021] Typische Abmessungen der Hohlkugeln 4 sind dabei Durchmesser von ca. 0,5 mm bis 10 mm und Wandstärken von ca. 20 µm bis 1000 µm. Der Durchmesser und die Wandstärke der Hohlkugeln 4 können dabei gemäß den Hochdruck-Anforderungen frei gewählt werden.

[0022] Die Fig. 1A bis 1C zeigen gemäß dem oben genannten Verfahren hergestellte Hohlkolben 1 für eine Kolbenmaschine wie oben beschrieben. Die Hohlkolben 1 sind dabei in konventioneller Weise ausgeführt, d. h. als Kugelköpfe ausgebildete Gelenkköpfe 6 der Hohlkolben 1 stützen sich über Gleitschuhe an der Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine ab.

[0023] Das in Fig. 1A dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt dabei die einfachste Variante eines erfindungsgemäßen Hohlkolbens 1. Der Hohlkolben 1 umfaßt einen Hauptkörper 7, welcher eine sich zumindest über einen Teil der axialen Länge des Hauptkörpers 7 erstreckende Ausnehmung 8 aufweist. Die Ausnehmung 8 kann mittels spanender oder nichtspanender Verfahren in gängiger Weise hergestellt werden. Mit dem Hauptkörper 7 ist in der vorliegenden Bauform des Hohlkolbens 1 der Gelenkkopf 6 ausgebildet, welcher eine Bohrung 9 aufweist, durch welche das Hydraulikfluid zum Gleitschuh zum Zwecke der Schmierung und hydrostatischen Entlastung strömt.

[0024] Die Hohlkugeln 4 der Hohlkugelfüllung 2 werden nun in die Ausnehmung 8 des Hohlkolbens 1 eingefüllt und nach angemessener Verdichtung mittels Sintern, Löten oder Kleben miteinander sowie mit dem Hohlkolben 1 verbunden. Das den Hohlkolben 1 durchfließende Hydraulikfluid findet zwischen den einzelnen Hohlkugeln 4 genügend Raum, um zum Gleitschuh zu

strömen. Das Totvolumen des Hohlkolbens 1 ist dabei die Summe aller zwischen den Hohlkugeln 4 verbleibenden Hohlräume 3.

[0025] Der Vorteil des in Fig. 1A dargestellten Ausführungsbeispiels ist insbesondere die einfache und damit kostengünstige Herstellbarkeit.

[0026] In Fig. 1B ist ein zweites Ausführungsbeispiel eines Hohlkolbens 1 in konventioneller Bauweise dargestellt. Um das Totvolumen weiter zu reduzieren, wird in diesem Ausführungsbeispiel nach Befüllen des Hohlkolbens 1 mit Hohlkugeln 4 ein Deckel 5 eingesetzt, welcher den Hohlkolben 1 abschließt. In dem Deckel 5 ist eine Bohrung 10 ausgebildet, welche dem Hydraulikfluid das Zuströmen in die Ausnehmung 8 des Hohlkolbens 1 ermöglicht. Um sowohl die Verbindung des Deckels 5 mit dem Hohlkolben 1 als auch die Verbindung der Hohlkugeln 4 der Hohlkugelfüllung 2 untereinander sowie mit dem Hohlkolben 1 und dem Deckel 5 zu erreichen, wird der Hohlkolben 1 gesintert. Dadurch ergibt sich ein Hohlkolben 1 mit einem sehr geringen Totvolumen, einer hohen Stabilität und einer gegenüber einem Massivkolben deutlich reduzierten Masse. Das Hydraulikfluid fließt wie im vorigen Ausführungsbeispiel durch die noch vorhandenen Hohlräume 3 zwischen den Hohlkugeln 4.

[0027] Fig. 1C zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäß ausgestalteten Hohlkolbens 1. Da es in manchen Situationen möglich sein kann, daß beispielsweise bedingt durch die zu geringe Größe der Hohlräume 3 zwischen den Hohlkugeln 4 das Hydraulikfluid nicht mehr genügend ungedrosselt durch den Hohlkolben 1 strömen kann, kann eine zentrale Durchgangsbohrung 11 in einem in den Hohlkolben 1 eingesetzten Rohr 12 vorgesehen sein. Die Befüllung des Hohlkolbens 1 mit Hohlkugeln 4 erfolgt dann dementsprechend um das Rohr 8 herum. Ebenso wie im vorigen Ausführungsbeispiel wird nach der Befüllung und der Montage des Rohrs 12 und des Deckels 5 der Hohlkolben 1 gesintert, um die Verbindung zwischen den einzelnen Bauteilen untereinander, den Hohlkugeln 4 untereinander sowie zwischen den Hohlkugeln 4 und den genannten Bauteilen zu erzielen. Das Rohr 12 kann dabei wahlweise den Deckel 5 durch eine Ausnehmung 13 wie in Fig. 1C dargestellt durchgreifen oder der Deckel 5 und das Rohr 12 können einteilig unter Einbeziehung der Bohrung 10 ausgeführt sein.

[0028] Vorteilhaft ist bei diesem Ausführungsbeispiel insbesondere die effektive Reduzierung des Totvolumens und die hohe Stabilität des Hohlkolbens 1.

[0029] Die Fig. 2A bis 2E zeigen Ausführungsbeispiele für die inverse Ausführung der Hohlkolben 1, bei welcher die als Kugelköpfe ausgebildete Gelenkköpfe 6 mit Gleitschuhen 14, welche sich an der Schrägscheibe der Axialkolbenmaschine abstützen, beispielsweise einstückig ausgebildet sind und in ein Lager 15 in dem Hauptkörper 7 des Hohlkolbens 1 schwenkbar eingreifen. Die Gelenkköpfe 6 weisen ebenfalls eine Bohrung 9 zur Fluidleitung auf.

[0030] In Fig. 2A ist eine einfache Ausführungsform gezeigt, welche den Vorteil der einfachen und kostengünstigen Herstellbarkeit hat. Die Hohlkugelfüllung 2 wird in die Ausnehmung 8 des Hohlkolbens 1 eingebracht. Dann wird der Hohlkolben 1 gesintert, um die erforderliche Verbindung zwischen den einzelnen Hohlkugeln 4 und dem Hohlkolben 1 herzustellen. Abschließend wird der Gelenkkopf 6 des Gleitschuhs 14 in das Lager 15 eingesetzt. Wie in den Ausführungsbeispielen, welche in den Fig. 1A und 1B dargestellt sind, umfließt das Hydraulikfluid die Hohlräume 3 zwischen den Hohlkugeln 4.

[0031] Um das Totvolumen zu reduzieren bzw. zur Vermeidung möglicher Rückstände in den Hohlräumen 3 bei der Wärmebehandlung, kann auch, wie in Fig. 2B dargestellt, zwischen der Hohlkugelfüllung 2 und dem Gelenkkopf 6 ein Deckel 16 eingesintert sein, welcher ebenfalls eine Bohrung 17 zur Fluidleitung aufweist.

[0032] Eine ähnlich einfache Ausführungsform wie in Fig. 2A ist in Fig. 2C dargestellt, wo das Lager 15 gegen den Hohlkolben 1 abgeschlossen ist. Diese Form des Hohlkolbens 1 muß zur Fluidleitung in die Ausnehmung 8 des Hohlkolbens 1 ebenfalls mit einer Bohrung 17 versehen sein. Das Befüllen des Hohlkolbens 1 ist dadurch von der gegenüberliegenden Seite mit anschließendem Sintern wie bei Fig. 1A möglich.

[0033] Fig. 2D weist analog zu Fig. 1B einen Deckel 5 mit einer Bohrung 10 auf, welcher zur Reduzierung des Totvolumens nach der Befüllung des Hohlkolbens 1 mit Hohlkugeln 4 in den Hohlkolben 1 eingesetzt und anschließend durch Sintern mit dem Hohlkolben 1 und den Hohlkugeln 4 verbunden wird.

[0034] Ebenso ist in den in Fig. 2E dargestellten Hohlkolben 1 in Analogie zu Fig. 1C ein Rohr 12 mit einer Durchgangsbohrung 11 angeordnet, durch welche das Hydraulikfluid zum Gleitschuh zum Zweck der Schmierung und hydrostatischen Entlastung strömt. Die Hohlkugeln 4 sind wiederum kleiner und so eingefüllt, daß sie nach dem Sintern mit dem Rohr 12, dem Deckel 5 und dem Hohlkolben 1 sowie untereinander einen Verbund bilden.

[0035] Die Fig. 3A bis 3C zeigen weitere Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäß ausgestalteten Hohlkolben 1 in inverser Bauweise. Die Ausführungsbeispiele sind in Analogie zu den in den Fig. 2C bis 2E dargestellten Ausführungsbeispielen zu sehen, wobei in den im folgenden beschriebenen Ausführungsbeispielen die Wandung des Hauptkörpers 7 aus einem Rohrstück geformt ist und eine in den Fig. 2C bis 2E einteilig mit dem Hauptkörper 7 des Hohlkolbens 1 ausgebildete Lagerhülse 18 als separates Bauteil ausgebildet ist. Die Lagerhülse 18 weist ebenfalls eine Bohrung 17 auf. Die Verbindung zwischen dem Hauptkörper 7 und der Lagerhülse 18 kann wie bei den anderen Bauteilen mittels Sintern hergestellt werden.

[0036] Vorteil der separaten Lagerhülse ist insbesondere die einfachere Herstellbarkeit des Hauptkörpers 7 aus einem Rohrstück, welche besonders kostengünstig

ist.

Patentansprüche

1. Hohlkolben (1) für eine Kolbenmaschine mit einem Hauptkörper (7), in welchem eine Ausnehmung (8) zumindest über einen Teil der axialen Länge des Hauptkörpers (7) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Ausnehmung (8) zumindest zu einem Teil mit einer Hohlkugelfüllung (2) gefüllt ist, welche mit dem Hauptkörper (7) mittels Sintern einen Verbund bildet.
2. Hohlkolben nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Hohlkugelfüllung (2) aus einzelnen schüttfähigen Hohlkugeln (4) besteht.
3. Hohlkolben nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen den Hohlkugeln (4) nach dem Sintern Hohlräume (3) verbleiben.
4. Hohlkolben nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein den Hohlkolben (1) durchströmendes Hydraulikfluid die Hohlräume (3) durchströmt.
5. Hohlkolben nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hohlkolben (1) einen als Kugelkopf ausgebildeten Gelenkkopf (6) aufweist, welcher mit einem Gleitschuh verbindbar ist.
6. Hohlkolben nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hohlkolben (1) nach der Befüllung an einer dem Gelenkkopf (6) entgegengesetzten Seite offen ist.
7. Hohlkolben nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hohlkolben (1) nach der Befüllung an einer dem Gelenkkopf (6) entgegengesetzten Seite durch einen Deckel (5) abgeschlossen ist.
8. Hohlkolben nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (5) mittels Sintern mit dem Hohlkolben (1) verbunden ist.
9. Hohlkolben nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (5) eine Bohrung (10) aufweist.
10. Hohlkolben nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hohlkolben eine mit diesem einstückig ausgebildete Lagerhülse (15) aufweist, in welches ein mit einem Gleitschuh (14) einstückig ausgebildeter Gelenkkopf (6) einsetzbar ist.
11. Hohlkolben nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein dem Gelenkkopf (6) zugewandtes Ende des Hohlkolbens (1) offen und ein dem Gelenkkopf abgewandtes Ende des Hohlkolbens (1) abgeschlossen ist.
12. Hohlkolben nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der Kugelfüllung (2) und dem Gelenkkopf (6) ein Deckel (16) ausgebildet ist.
13. Hohlkolben nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (16) eine Bohrung (17) aufweist.
14. Hohlkolben nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein dem Gelenkkopf (6) zugewandtes Ende des Hohlkolbens (1) mittels einer einstückig mit dem Hohlkolben ausgebildeten Lagerhülse (18) abgeschlossen und ein dem Gelenkkopf abgewandtes Ende des Hohlkolbens (1) offen ist.
15. Hohlkolben nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Hohlkolben (1) nach der Befüllung an einer dem Gelenkkopf (6) entgegengesetzten Seite durch einen Deckel (5) abgeschlossen ist.
16. Hohlkolben nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (5) mittels Sintern mit dem Hohlkolben (1) verbunden ist.
17. Hohlkolben nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Deckel (5) eine Bohrung (10) aufweist.
18. Hohlkolben nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Ausnehmung (8) ein Rohr (12) angeordnet ist, welches sich über die axiale Länge der Ausnehmung (8) erstreckt.
19. Hohlkolben nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, daß** in dem Rohr (12) eine Durchgangsbohrung (11) ausgebildet ist.
20. Hohlkolben nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet,**

daß die Kugelfüllung (2) das Rohr (12) umgibt.

21. Hohlkolben nach einem der Ansprüche 1 bis 20,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Wandung des Hohlkolbens (1) aus einem 5
einstückigen Rohrstück hergestellt ist.
22. Hohlkolben nach Anspruch 21,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Lagerhülse (18) als separates Bauteil aus- 10
gebildet ist.
23. Hohlkolben nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Lagerhülse (18) in den Hohlkolben einge- 15
schoben und mittels Sintern mit diesem verbunden
ist.
24. Verfahren zur Herstellung eines Hohlkolbens (1) für
eine Kolbenmaschine mit folgenden Verfahrenss- 20
schritten:
- Herstellen eines Hauptkörpers (7) des Hohlkol- 25
bens (1), in welchem eine Ausnehmung (8) zu-
mindest über einen Teil der axialen Länge des
Hohlkolbens (1) ausgebildet ist,
 - Befüllen der Ausnehmung (8) zumindest teil-
weise mit einer Hohlkugelfüllung (2) aus Hohl-
kugeln (4) und
 - Sintern des Hohlkolbens (1) mit der Hohlkugel- 30
füllung (2) zur Herstellung eines Verbundes
zwischen dem Hauptkörper (7) und der Hohl-
kugelfüllung (2).
25. Verfahren nach Anspruch 24, 35
dadurch gekennzeichnet,
daß die Ausnehmung (8) mit einzelnen schüttfähigen
Hohlkugeln gefüllt wird.
26. Verfahren nach Anspruch 24, 40
dadurch gekennzeichnet,
daß die Hohlkugelfüllung außerhalb der Ausneh-
mung (8) durch Sintern vorgeformt wird und dann
in die Ausnehmung (8) eingesetzt wird. 45
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 24 bis 26,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein zusätzlicher Verfahrensschritt vor dem Sin-
tern vorgesehen ist, in welchem der Hohlkolben (1)
mit einem Deckel (5) versehen wird. 50

55

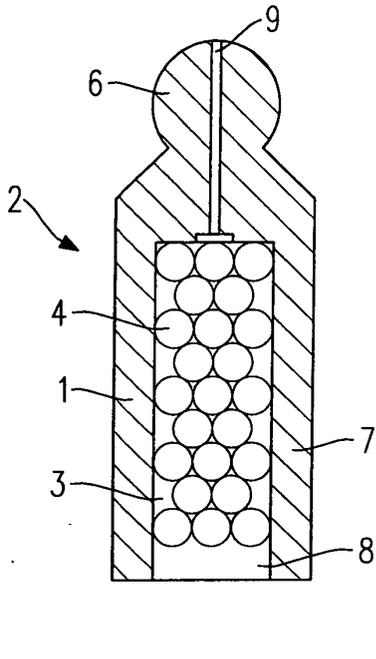


Fig. 1A

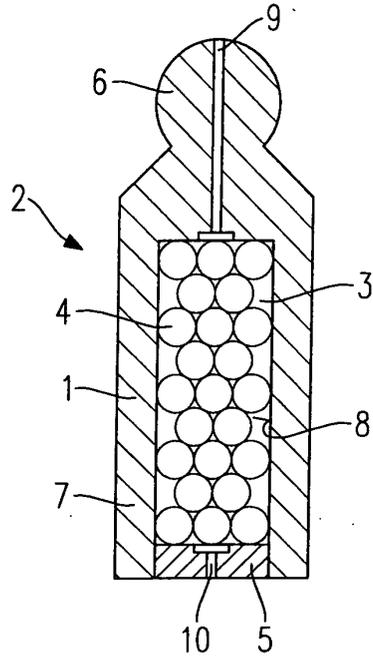


Fig. 1B

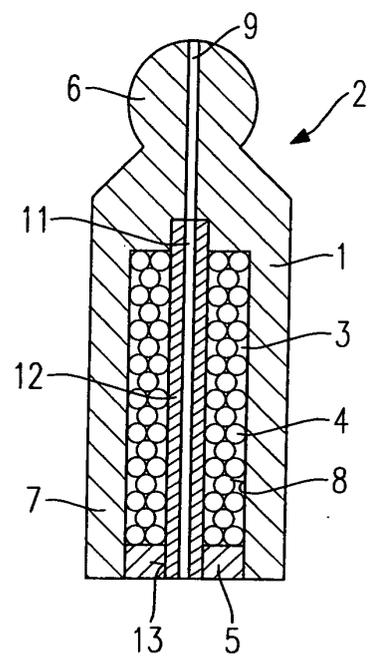


Fig. 1C

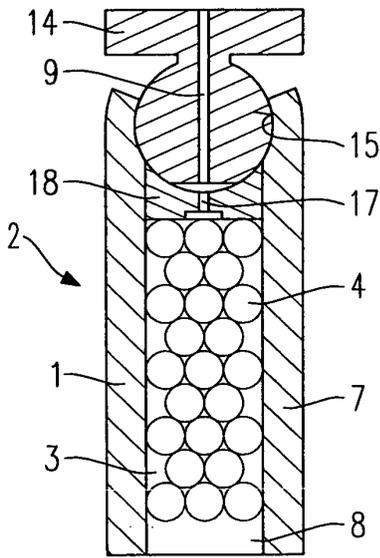


Fig. 3A

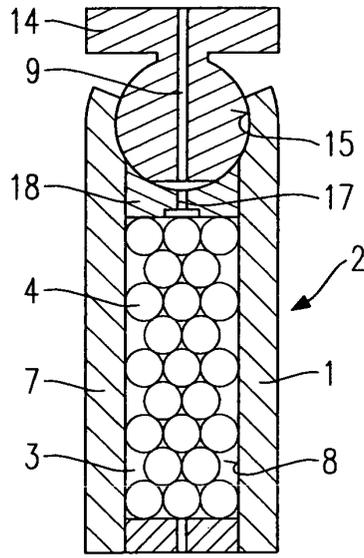


Fig. 3B

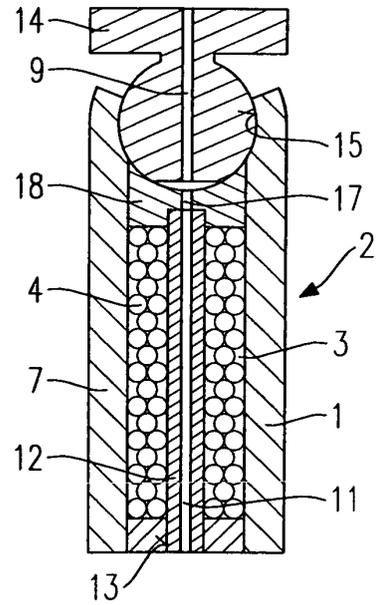


Fig. 3C

Fig. 2A

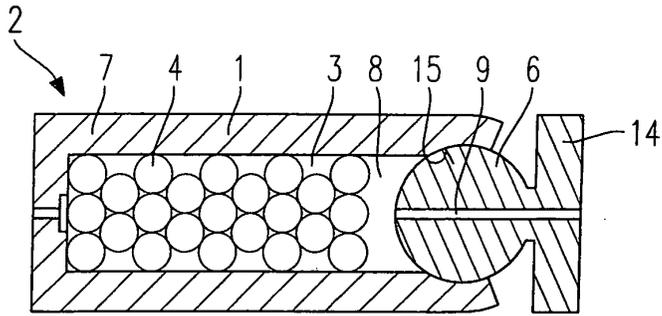


Fig. 2B

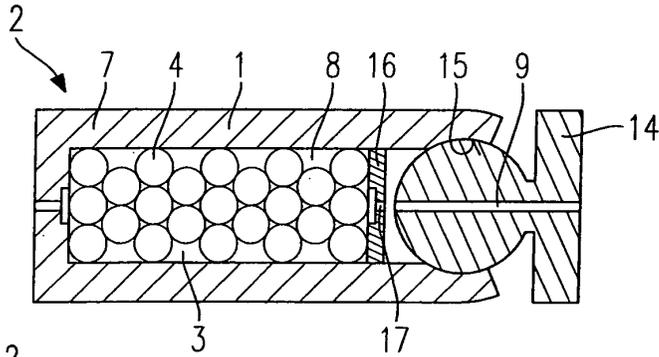


Fig. 2C

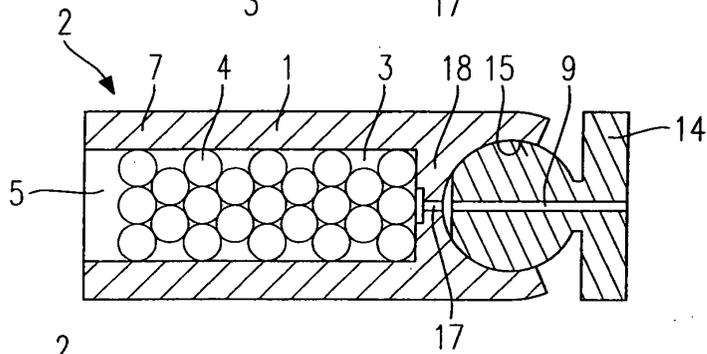


Fig. 2D

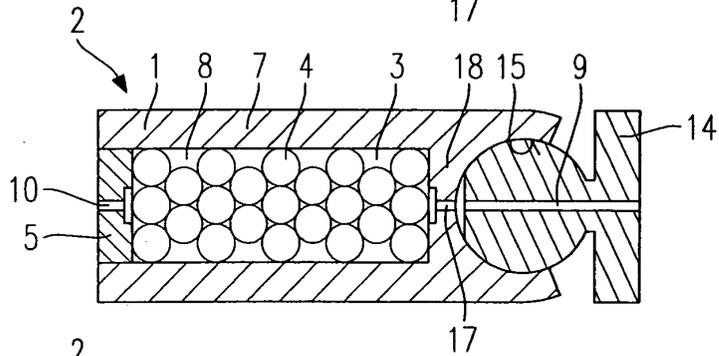


Fig. 2E

