

(19)



(11)

EP 1 652 619 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
10.01.2007 Patentblatt 2007/02

(51) Int Cl.:
B24B 13/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05109787.1**

(22) Anmeldetag: **20.10.2005**

(54) **Polierwerkzeug mit mehreren Druckzonen**

Polishing tool having a plurality of pressure zones

Outil de polissage à plusieurs zones de pression

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **29.10.2004 DE 102004052945**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
03.05.2006 Patentblatt 2006/18

(73) Patentinhaber: **Schneider GmbH + Co. KG
35239 Steffenberg (DE)**

(72) Erfinder:

- **Schneider, Gunter
35037 Marburg (DE)**

- **Buchenauer, Helwig
35232 Dautphetal-Buchenau (DE)**
- **Börner, Ulf
35037 Marburg (DE)**
- **Krämer, Klaus
35232 Dautphetal-Friedensdorf (DE)**

(74) Vertreter: **Thews, Karl et al
Sartorius, Thews & Thews
Patentanwälte
Augustaanlage 32 (Augusta Carree)
68165 Mannheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 884 135 EP-A- 1 473 116
WO-A-99/38650**

EP 1 652 619 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Polierwerkzeug für optische Linsen mit mindestens einem an die Form einer Linsenoberfläche der Linsen zumindest teilweise anpassbaren und über eine Antriebswelle antreibbaren Polierkissen mit einer Membrane, wobei durch das Polierkissen eine Anlagekraft der Membrane zumindest in Richtung rechtwinklig bzw. normal zu einer Linsenoberfläche übertragbar ist, und einem mit der Membrane verbindbaren Versteifungselement, das in einer Richtung parallel zu einer Oberfläche der Membrane formstabil und in einer Richtung rechtwinklig bzw. normal zur Oberfläche der Membrane flexibel und/oder biegeweich ausgebildet ist.

[0002] Es ist bereits eine Vorrichtung aus der DE 103 19 945 A1 (EP 0 1 473 116 A1, Stand des Technik nach Art. 54(3) EPÜ) bekannt. Diese zeigt ein Polierwerkzeug für optische Linsen mit mindestens einem an die Form einer Linsenoberfläche zumindest teilweise anpassbaren und über eine Antriebswelle angetriebenen Polierkissen, wobei durch das Polierkissen eine Anlagekraft zumindest rechtwinklig zur Linsenoberfläche übertragbar ist. Zwischen dem Polierkissen und der Linse ist gemäß Ausführungsbeispiel Figur 4 eine in das Polierkissen integrierte Armierung vorgesehen, gegen welche die Polieraufgabe anliegt. Die Armierung ist derart ausgebildet, dass sie in einer Richtung parallel zur Linsenoberfläche formstabil und in einer Richtung rechtwinklig zur Linsenoberfläche flexibel und/oder biegeweich ist.

[0003] Die WO 03/059572 zeigt ein Polierwerkzeug für optische Linsen mit einem an die Form einer Linsenoberfläche anpassbaren und über eine Antriebswelle angetriebenen Polierkissen. Daneben ist ein oberhalb des Polierkissens angeordnetes Vorspannelement vorgesehen, das punktuell über mehrere elastische Andrückarme das Polierkissen umfangsseitig gegen die Polieraufgabe andrückt bzw. vorspannt.

[0004] Die EP 0 971 810 B1 zeigt ein Läppwerkzeug für Augenkorrekturlinsen mit einer Läpp-Membrane, die mit einer Zylinderanordnung in Wirkkontakt steht, so dass die Membrane gegen die zu bearbeitende Oberfläche anlegbar und relativ zu dieser bewegbar ist. Die jeweilige Zylinderachse weist dabei eine vorgegebene Stirnseitengeometrie auf, so dass in Abhängigkeit von der Relativbewegung die Förderung von Poliermittel möglich ist.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Werkzeug zum Polieren von Linsen derart auszubilden und anzuordnen, dass ein gleichmäßiger Poliervorgang und eine kontinuierliche Anpassung des Werkzeugs gewährleistet ist.

[0006] Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Hauptanspruchs. Hierdurch wird erreicht, dass die Membrane des Polierkissens mittels der innerhalb angeordneten Druckkissen abweichend von einer symmetrischen bzw. sphärischen Form verformt und somit an die Linsenoberfläche optimal angepasst werden kann. Die

Druckkissen drücken dabei über ihre Druckmembranen gegen die Polierkissenmembrane bzw. das darin enthaltene Versteifungselement und wölben diese partiell im Bereich der Form und Größe der Druckmembrane aus. Die Druckmembrane ist elastisch, so dass sie sich den Anlageverhältnissen anpasst, d. h. die Druckmembrane kann jegliche Oberflächenform annehmen und bezüglich der so gestalteten Oberfläche gleichmäßig Druckkraft generieren. Beim Einsatz von drei Druckkissen kann eine Wölbung des Polierkissens in der Ebene der Druckkissen generiert werden, wobei das mittlere Druckkissen über die beiden benachbarten Druckkissen hervorsteht, wohingegen die beiden benachbarten Druckkissen einen sanften Auslauf der so gebildeten Wölbung gewährleisten. Die verschiedenen Innendrucke bzw. Druckniveaus gewährleisten die gewünschte, vorzugsweise bogenförmige Auswölbung des Polierkissens mit Rücksicht auf die gewünschten Anlagezonen zwischen dem Polierkissen und der Linsenoberfläche.

[0007] Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass die Druckmembrane bezogen auf eine gegen die Membrane oder das Versteifungselement anlegbare Fläche mindestens 20 % kleiner ausgebildet ist als eine an die Linsenoberfläche anpassbare Fläche der Membrane. Zwecks Anpassung an die Linsenoberfläche und mit Rücksicht auf die in der Linse vorhandenen Krümmungsradien gewährleistet eine relativ kleine Druckmembrane die Ausbildung einer Krümmungszone innerhalb der Membrane. Innerhalb der Krümmungszone weicht die Krümmung der Membrane von ihrer Grundkrümmung ab. Bei dem Einsatz mehrerer Druckmembrane ist der Flächenanteil mindestens 50 % kleiner als jener der Membrane. Es ist auch vorgesehen, eine Druckmembrane einzusetzen, die mit Bezug auf die Form ihrer Anlagefläche an die gewünschte Krümmungszone angepasst ist.

[0008] Hierzu ist es vorteilhaft, dass die Druckmembrane bezogen auf die gegen die Membrane oder das Versteifungselement anlegbare Fläche rund, oval oder knochenförmig ausgebildet ist. Die Form der Druckmembrane ist derart ausgebildet, dass sich die gewünschte Wölbung des Polierkissens bzw. des Versteifungselements mit Rücksicht auf die anliegende Linsenoberfläche ergibt. Neben einer runden bzw. ovalen Form der Druckmembrane stellt die knochenförmige Form die Möglichkeit dar, mittels einer Druckmembrane vorzugsweise gegenüberliegend zum Mittelpunkt des Polierkissens einen entsprechenden Druck auf die Membrane des Polierkissens zu generieren, um somit innerhalb dieser beiden Bereiche eine Anlage des Polierkissens an die Linsenoberfläche zu gewährleisten. Andere Formen der Druckmembrane, die eine Anlage des Polierkissens bzw. dessen Membrane an die Oberfläche der Linse gewährleisten, insbesondere solche Formen, die eine gewünschte geometrische Fläche entstehen lassen, sind ebenfalls vorgesehen.

[0009] Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass das Polierkissen rotationssymmetrisch ausgebildet ist und eine Symmetrieachse S aufweist, wobei das erste Druckkis-

sen konzentrisch zu einer Symmetrieachse S angeordnet ist und das zweite Druckkissen sowie das dritte Druckkissen diametral angeordnet sind. Somit kann die Bearbeitung der Linse ganzflächig erfolgen. Eine zonale Bearbeitung der Linsenoberfläche, die neben der Polierbewegung eine überlagerte Bahnführung des Polierwerkzeugs auf der Linsenoberfläche vorsieht, ist nicht notwendig. Die Polierauflage kommt ganzflächig gegen die Linsenoberfläche zur Anlage und wird über die Druckkissen und das Versteifungselement entsprechend gegen die Oberfläche gedrückt bzw. an diese angepasst, so dass mit Einsetzen der Polierbewegung, vorzugsweise Schwingungs- bzw. Exzenterbewegung, jeder Punkt auf der Linsenoberfläche gleichmäßig und gleichermaßen bearbeitet wird.

[0010] Vorteilhaft ist es auch, dass fünf oder sieben Druckkissen vorgesehen sind, wobei vier oder sechs Druckkissen um das konzentrisch angeordnete erste Druckkissen herum angeordnet sind. Beim Einsatz von fünf Druckkissen können ausgehend von den zentralen Druckkissen wie vorstehend beschrieben zwei verschiedene Krümmungsradien des Polierkissens generiert werden. Beim Einsatz von weiteren Druckkissen können entsprechend den Geometrieverhältnissen, insbesondere den Symmetrieverhältnissen ausgehend vom zentral angeordneten Druckkissen, entsprechende Wölbungsformen des Polierkissens bzw. der Membrane gewährleistet werden.

[0011] Schließlich ist es von Vorteil, dass alle weiteren Druckkissen gleichmäßig verteilt gegenüberliegend zu den diametral angeordneten Druckkissen angeordnet sind. Die Gleichverteilung der Druckkissen gewährleistet eine symmetrische Ausbildung der so generierbaren Wölbung des Polierkissens.

[0012] Daneben ist es von Vorteil, dass ein Anschlussflansch zum Befestigen der Membrane und je ein Anschlussflansch zum Befestigen der jeweiligen Druckmembrane vorgesehen sind. Die aus Anschlussflansch und Membrane bzw. Druckmembrane gebildeten Kissen werden über den Anschlussflansch befestigt und mit Druckluft versorgt. Die jeweilige Membrane bzw. Druckmembrane weist eine vorzugsweise wellenförmige Seitenwand auf, die an den jeweiligen Anschlussflansch dichtend angeschlossen werden kann.

[0013] Von besonderer Bedeutung ist für die vorliegende Erfindung, dass der erste Anschlussflansch für das erste Druckkissen, der zweite und dritte Anschlussflansch für das zweite und dritte Druckkissen und die weiteren Anschlussflansche für die weiteren Druckkissen jeweils an gleiche oder an verschiedene Druckniveaus anschließbar sind.

[0014] Außerdem ist es vorteilhaft, dass das Versteifungselement zumindest teilweise in die Membrane eingeschlossen oder integriert ist oder das Versteifungselement innerhalb des Polierkissens angeordnet ist und von innen gegen die Membrane anlegbar ist. Das Versteifungselement dient der verlustfreien Übertragung der Polierbewegung in Richtung parallel zur Linsenoberfläche

und ist daher an die Membrane angebunden. Die Einbindung in die Membrane selbst in Form einer Armierung stellt dabei eine sehr feste und verlustfreie Verbindungsvariante zwischen den beiden Teilen dar. Alternativ kann das Versteifungselement aber auch von innen gegen die Membrane anliegen und vorzugsweise im Randbereich des Versteifungselements mit der Membrane kraft- und/oder formschlüssig verbunden sein, so dass die vom Werkzeug über die Membrane auf das Versteifungselement generierte Polierbewegung parallel zur Linsenoberfläche möglichst verlustfrei auch im Zentrum des Polierkissens generiert wird.

[0015] Ferner ist es vorteilhaft, dass das Versteifungselement aus Blech, Kunststoff und/oder faserverstärktem Kunststoff gebildet ist. Die Ausbildung aus Blech bzw. faserverstärktem Kunststoff gewährleistet die gewünschte Steifigkeit in Richtung parallel zur Linsenoberfläche mit Rücksicht auf eine Krafteinleitungsstelle, an der das Versteifungselement unmittelbar mit dem Polierwerkzeug bzw. einer Antriebsachse fest verbunden ist.

[0016] Eine zusätzliche Möglichkeit ist gemäß einer Weiterbildung, dass das Versteifungselement in einer Richtung rechtwinklig bzw. normal zur Membrane bzw. zur Linsenoberfläche flexibel ausgebildet ist und eine Dicke zwischen 0,1 mm und 5 mm, zwischen 0,2 mm und 0,8 mm, insbesondere 0,3 mm aufweist, wobei eine flexible und universelle Anpassung des Versteifungselements an verschiedenste Linsenoberflächen vorgesehen ist. Trotz der Festigkeiten bzw. Steifigkeiten der verwendeten Materialien wie Blech oder faserverstärkter Kunststoff gewährleistet die sehr dünne Ausbildung des Versteifungselements die gewünschte Anpassung an die Linsenoberfläche, also im Wesentlichen in eine Richtung normal zur Linsenoberfläche. Dadurch, dass das Versteifungselement während der Bearbeitung über die Polierauflage gegen die Linsenoberfläche angelegt bzw. angeformt ist, ist trotz sehr dünner Wandstärken ein Ausknicken bzw. Einknicken des Versteifungselements nicht möglich. Je nach Form der Linsenoberfläche und den darin enthaltenen Radien bzw. Krümmungen wird durch Anpassung der Dicke des Versteifungselements mit Rücksicht auf den verwendeten Werkstoff die gewünschte Flexibilität des Versteifungselements, und damit die gleichmäßige und universelle Anlage bzw. Anformung desselben an Formen von Linsenoberflächen von Linsen unterschiedlichster optischer Stärke bzw. unterschiedlichster Krümmungsradien gewährleistet.

[0017] Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Ausbildung und Anordnung ist es von Vorteil, dass das Versteifungselement mittels der Druckkissen in eine torische Grundform verformbar ist. Die torische Grundform des Versteifungselements dient der groben bzw. insoweit möglichen Anpassung an die jeweils zu bearbeitende Linsenoberfläche, auch bereits ohne Anlage an die Linse. Die Anpassung an die jeweilige spezifische Linse und deren Oberflächengeometrie wird durch das bzw. die Druckkissen in Verbindung mit der Elastizität des Versteifungselements gewährleistet. Der Polierpro-

zess ist ein kontinuierlicher Vorgang, der eine kontinuierliche bzw. dynamische Anpassung der Druckkissen, des Versteifungselements und der Membrane an die sich lokal verändernde Oberflächengeometrie der relativ bewegten Linse voraussetzt. Die Anpassung der durch die Druckkissen generierten Krümmungen der Membrane des Polierkissens ist durch Variation der Druckverhältnisse in dem bzw. den Kissen während der Bearbeitung ebenfalls vorgesehen.

[0018] Letztlich ist es von Vorteil, dass das Polierkissen zur Aufnahme in ein Antriebsfutter einen Halteflansch mit einer zylinderförmigen Lagerfläche aufweist, der zur radialen Führung der Membrane dient. Das Polierkissen ist innerhalb dieses zylinderförmigen Halteflansches angeordnet, so dass die Polierbewegung des Halteflansches über die Außenwand des Polierkissens auf die Membrane und somit auf das Versteifungselement übertragen wird. Das Versteifungselement ist hierzu vorzugsweise im Randbereich der Membrane mit dieser verbunden, so dass der Formschluss zwischen dem Halteflansch bzw. dessen zylinderförmiger Lagerfläche und dem Versteifungselement über einen Teil der Membrane gegeben ist.

[0019] Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass die Lagerfläche einen Innendurchmesser d_i , der einem Außendurchmesser d_a der Membrane entspricht, sowie eine Höhe h_H , die einer Höhe h_R der Membrane entspricht, aufweist. Somit ist vorgenannte Anlage zwischen der Lagerfläche und der Membrane gewährleistet.

[0020] Vorteilhaft ist es hierzu auch, dass der Halteflansch mehrere Druckmittelanschlüsse für mehrere Druckmittelkanäle aufweist, an die jeweils mindestens ein Anschlussflansch anschließbar ist. Da aufgrund der Symmetrieverhältnisse verschiedene Druckkissen mit gleichem Druck beaufschlagt werden, ist der Einsatz von Druckmittelkanälen, die über entsprechende Anschlussbohrungen mit den jeweiligen Anschlussflanschen verbindbar sind, vorteilhaft und gewährt eine entsprechend symmetrische Druckverteilung.

[0021] Dabei ist es vorteilhaft, dass die Druckmittelanschlüsse mit jeweils mindestens einer antriebsseitigen Druckmittelsteuerleitung verbindbar sind und die Druckmittelsteuerleitung antriebsseitig in das Antriebsfutter für den Halteflansch integriert und mit dem Antriebsfutter an den Halteflansch anschließbar ist. Bei Aufnahme des Werkzeugs kann dieses ohne weitere Anschlussstätigkeiten unmittelbar durch Aufnehmen desselben im Antriebsfutter mit den entsprechenden Druckmittelsteuerleitungen verbunden werden. Da das Antriebsfutter den Halteflansch zwangsläufig klemmt, steht diese Klemmkraft als Anschlusskraft zwischen den antriebsseitigen Druckmittelsteuerleitungen und den Druckmittelanschlüssen zur Verfügung. Entsprechende Kupplungsstücke könnten eventuell federvorbelastet sein, so dass eine Überbestimmung der Haltelager des Halteflansches innerhalb des Antriebsfutters verhindert wird.

[0022] Beim Bearbeitungsablauf ist es vorteilhaft, dass das erste Druckkissen vor und/oder während der Bear-

beitung der Linse mit einem größeren oder kleineren Innendruck beaufschlagt wird als die übrigen Druckkissen und dass das zweite Druckkissen und das dritte Druckkissen vor und/oder während der Bearbeitung der Linse mit einem größeren oder kleineren Innendruck beaufschlagt werden als die übrigen Druckkissen. Somit kann eine optimale Anpassung des Polierkissens an die Oberflächenform der Linse gewährleistet werden. Je nach Polierbewegung des Polierkissens, insbesondere je nach Größe der Schwenkamplitude, ist auch während der Bearbeitung eine Steuerung der verschiedenen Druckniveaus der verschiedenen Druckkissen möglich. Daneben ist aufgrund der relativen Drücke die Anpassung der Membrane an eine konkave oder an eine konvexe Linsenoberfläche möglich.

[0023] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sind in den Patentansprüchen und in der Beschreibung erläutert und in den Figuren dargestellt. Dabei zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Darstellung des Polierkissens in Schnitt A-A;

Figur 2 eine Schnittdarstellung A-A des Polierkissens;

Figur 3 eine perspektivische Darstellung des Polierkissens in Schnitt B-B;

Figur 4 eine Schnittdarstellung B-B des Polierkissens;

Figur 5 eine Ansicht von oben durch die Membrane;

Figur 6a eine perspektivische Darstellung des Polierkissens von unten;

Figur 6b eine perspektivische Darstellung des Polierkissens von oben.

[0024] Ein in Figur 1 dargestelltes Polierwerkzeug 1 weist einen Halteflansch 6 für eine nicht dargestellte Werkzeugaufnahme einer nicht dargestellten Werkzeugmaschine auf. Der Halteflansch 6 weist eine als Mantel ausgebildete, zylinderförmige Führungswand 6.9 auf, wobei innerhalb des so gebildeten Halteflansches 6 ein Polierkissen 7 angeordnet ist. Das Polierkissen 7 besteht aus einer Membrane 7.1, die über einen Anschlussflansch 7.2 mit dem Halteflansch 6 verbunden ist. Die Membrane 7.1 ist kuppelförmig ausgebildet und weist einen gefalteten, zylinderförmigen Randbereich 7.3 auf, der die Verbindung zum Anschlussflansch 7.2 bildet.

[0025] Innerhalb des Polierkissens 7 sind mehrere Druckkissen 16.1, 16.4, 16.6 angeordnet, die aufgrund ihres Innendrucks eine lokale Auswölbung der Membrane 7.1 gewährleisten. Das Druckkissen 16.1 weist eine Druckmembrane 16.1' auf, die über einen Anschlussflansch 6.1 mit dem Anschlussflansch 7.2 verbunden ist. Entsprechendes gilt für die weiteren Druck-

kissen bzw. Druckmembrane 16.4, 16.6. Über einen hier teilweise dargestellten Druckmittelkanal 6.10' des Halteflansches 6 wird das Druckkissen 16.1 mit Druckluft versorgt. Zwecks Versorgung der übrigen Druckkissen 16.4, 16.6 weist der Anschlussflansch 7.2 zwei Ringkanäle 6.11, 6.11' auf, die jeweils eine nicht dargestellte Durchflussverbindung zu den einzelnen Druckkissen 16.4, 16.6 bilden. Die Ringkanäle 6.11, 6.11' sind über weitere Druckmittelkanäle 6.10 gemäß Figur 4 mit Druckmittel versorgbar.

[0026] Zwischen den einzelnen Druckkissen 16.1, 16.4, 16.6 und der Membrane 7.1 ist ein ebenfalls kuppelförmiges Versteifungselement 2 angeordnet. Das Versteifungselement 2 ist im Randbereich 7.3, d. h. zirkumferenziell in einer dafür vorgesehenen Haltenut 7.4 der Membrane 7.1 angeordnet. Die Polierbewegung des Polierwerkzeugs 1, die über die nicht dargestellte Werkzeugaufnahme auf den Halteflansch 6 übertragen wird, wird über die Führungswand 6.9 auf den Randbereich 7.3 der Membrane 7.1 übertragen und von dort auf das Versteifungselement 2. Neben der formschlüssigen Verbindung zwischen dem Versteifungselement 2 und der Membrane 7.1 im Randbereich 7.3 bzw. in der Haltenut 7.4 ist das Versteifungselement 2 über die verschiedenen Druckkissen 16.1, 16.4, 16.6 kraftschlüssig mit der Membrane 7.1 verbunden.

[0027] Zwischen der zylinderförmigen Führungswand 6.9 und der Membrane 7.1 ist ein Zwischenelement 7.6 vorgesehen, das die Polierbewegung von der zylinderförmigen Führungswand 6.9 auf die Membrane 7.1 bzw. deren Randbereich 7.3 überträgt.

[0028] Die Schnittdarstellung gemäß Figur 2 zeigt ein ähnliches Ausführungsbeispiel wie Figur 1. Das rechte und das linke Druckkissen 16.4, 16.6 sind symmetrisch zu einer Symmetrieachse S angeordnet, wobei das mittlere Druckkissen 16.1 koaxial zur Symmetrieachse S platziert ist. Der Anschlussflansch 6.1 für das mittlere Druckkissen 16.1 weist einen Druckmittelkanal 6.1' auf, der das über den Halteflansch 6 geleitete Druckmittel an das mittlere bzw. erste Druckkissen 16.1 weiterführt. Die übrigen Anschlussflansche 6.2 bis 6.7 weisen entsprechende Druckmittelkanäle 6.2' bis 6.7' auf. Der Randbereich 7.3 der Membrane 7.1 liegt dabei unmittelbar an dem zylinderförmigen Mantel bzw. der zylinderförmigen Führungswand 6.9 an.

[0029] Figur 3 zeigt eine weitere perspektivische Schnittdarstellung in einer Ebene senkrecht zu der Schnittebene gemäß Figur 1. Neben dem ersten Druckkissen 16.1 sind weitere Druckkissen, ein zweites Druckkissen 16.2 und ein drittes Druckkissen 16.3, geschnitten dargestellt. Die drei Druckkissen 16.1 bis 16.3 sind hintereinander, diametral zur Membrane 7.1 platziert. Der Anschlussflansch 6.1 weist einen Druckmittelanschluss 6.14' auf, der in den Druckmittelkanal 6.10' führt, wobei der Druckmittelkanal 6.10' über entsprechende Verbindungs-
kanäle 6.16 bis 6.16'' des Anschlussflansches 7.2 mit dem jeweiligen Anschlussflansch 6.1 bis 6.3 für das erste, zweite und dritte Druckkissen 16.1 bis 16.3 in

Durchflussverbindung steht. Über einen weiteren Druckmittelanschluss 6.14 für den nicht weiter dargestellten Druckmittelkanal 6.10 gemäß Figur 4 werden die Ringkanäle 6.11 bzw. 6.11' für die übrigen Druckkissen mit Druckmittel versorgt. Der zylinderförmige Mantel bzw. die zylinderförmige Führungswand 6.9 weist umfangsseitig mehrere in Umfangsrichtung versetzt angeordnete Austrittsöffnungen 6.9' für Poliermittel auf.

[0030] Figur 4 zeigt ein ähnliches Ausführungsbeispiel wie Figur 3 im Schnitt. Neben dem ersten Druckmittelkanal 6.10' zur Versorgung des zentrischen Druckkissens 16.1 ist der weitere Druckmittelkanal 6.10 mit seinem Druckmittelanschluss 6.14 dargestellt, der den Ringkanal 6.11' und über den Ringkanal 6.11' das zweite Druckkissen 16.2 und das dritte Druckkissen 16.3 mit Druckmittel versorgt.

[0031] Figur 5 zeigt eine Ansicht von oben. Innerhalb der zylinderförmigen Führungswand 6.9 sind sieben Druckkissen 16.1 bis 16.7 angeordnet. Das erste Druckkissen 16.1 ist koaxial zur zylinderförmigen Führungswand 6.9 und der darin angeordneten Membrane 7.1 platziert, wohingegen das zweite Druckkissen 16.2 und das dritte Druckkissen 16.3 diametral dazu angeordnet sind. Die weiteren Druckkissen 16.4, 16.5 und die Druckkissen 16.6, 16.7 sind paarweise gegenüberliegend zu den ersten drei Druckkissen 16.1 bis 16.3 angeordnet. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel sind lediglich fünf Druckkissen 16.1 bis 16.5 vorgesehen, wobei jeweils drei Druckkissen diametral angeordnet sind, so dass sich eine kreuzförmige Ausrichtung der Druckkissen 16.1 bis 16.5 ergibt.

[0032] Die perspektivische Darstellung gemäß Figur 6a zeigt den Halteflansch 6 seitlich von unten. Neben dem Druckmittelanschluss 6.14' für das zentrische erste Druckkissen 16.1 ist ein weiterer Druckmittelanschluss 6.14'' vorgesehen, der den Ringkanal 6.11 gemäß Figur 4 mit Druckmittel versorgt. In einem nicht dargestellten Ausführungsbeispiel befinden sich die Druckmittelanschlüsse 6.14 bis 6.14'' im Bereich einer hier nicht weiter dargestellten Klemmfläche des Halteflansches 6, so dass diese beim Festsetzen des Halteflansches 6 in dem hier nicht dargestellten Werkzeugfutter unmittelbar an eine Druckluftsteuerleitung 1.3 des Werkzeugfutters angekoppelt werden.

[0033] Figur 6b zeigt die perspektivische Draufsicht seitlich von oben mit der Membrane 7.1 und den darin angeordneten Druckkissen 16.1 bis 16.7.

Bezugszeichenliste

[0034]

1	Polierwerkzeug
1.3	Druckluftsteuerleitung
2	Versteifungselement
3	Antriebswelle
6	Halteflansch, Anschlusssteil
6.1	Anschlussflansch

6.1'	Druckmittelkanal	
6.2	Anschlussflansch	
6.2'	Druckmittelkanal	
6.3	Anschlussflansch	
6.4	Anschlussflansch	5
6.7	Anschlussflansch	
6.7'	Druckmittelkanal	
6.9	Mantel, zylinderförmige Führung(swand)	
6.9'	Austrittsöffnung für Poliermittel	
6.10	Druckmittelkanal	10
6.10'	Druckmittelkanal	
6.11	Ringkanal	
6.11'	Ringkanal	
6.14	Druckmittelananschluss	
6.14'	Druckmittelananschluss	15
6.14"	Druckmittelananschluss	
6.16	Verbindungskanal	
6.16'	Verbindungskanal	
6.16"	Verbindungskanal	
7	Polierkissen, Luftkissen	20
7.1	Ringmembrane, Membrane	
7.2	Halte­teil, Anschlussflansch	
7.3	Randbereich	
7.4	Haltenut	
7.6	Zwischenelement	25
10	Linse	
10.1	Linsenoberfläche	
16.1	Druckkissen	
16.1'	Druckmembrane	30
16.2	Druckkissen	
16.3	Druckkissen	
16.3'	Druckmembrane	
16.4	Druckkissen	
16.5	Druckkissen	35
16.6	Druckkissen	
16.7	Druckkissen	
16.7'	Druckmembrane	
d _a	Außendurchmesser	
d _i	Innendurchmesser	
h _H	Höhe des Mantels 6.9	40
h _R	Höhe der Ringmembrane	
S	Symmetrieachse	

Patentansprüche

1. Polierwerkzeug (1) für optische Linsen (10) mit mindestens einem an die Form einer Linsenoberfläche (10.1) der Linsen (10) zumindest teilweise anpassbaren und über eine Antriebswelle (3) antreibbaren Polierkissen (7) mit einer Membrane (7.1), wobei durch das Polierkissen (7) eine Anlagekraft der Membrane (7.1) zumindest in Richtung rechtwinklig zu einer Linsenoberfläche (10.1) übertragbar ist, und einem mit der Membrane (7.1) verbindbaren Versteifungselement (2), das in einer Richtung parallel zu einer Oberfläche der Membrane (7.1) formstabil und in einer Richtung rechtwinklig zur Oberfläche der

Membrane (7.1) flexibel und/oder biegeweich ausgebildet ist, wobei innerhalb des Polierkissens (7) mindestens drei Druckkissen (16.1 - 16.7) mit je einer Druckmembrane (16.1' - 16.3') nebeneinander angeordnet sind, die mittel- oder unmittelbar gegen die Membrane (7.1) oder das Versteifungselement (2) anlegbar und/oder vorspannbar sind, wobei die Druckkissen (16.1 - 16.7) relativ zueinander mit verschiedenen Innendrücken beaufschlagbar sind.

2. Polierwerkzeug (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckmembrane (16.1') bezogen auf eine gegen die Membrane (7.1) oder das Versteifungselement (2) anlegbare Fläche mindestens 20 % kleiner ausgebildet ist als eine an die Linsenoberfläche (10.1) anpassbare Fläche der Membrane (7.1).

3. Polierwerkzeug (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Druckmembrane (16.1') bezogen auf die gegen die Membrane (7.1) oder das Versteifungselement (2) anlegbare Fläche rund, oval oder knochenförmig ausgebildet ist.

4. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Polierkissen (7) rotationssymmetrisch ausgebildet ist und eine Symmetrieachse S aufweist, wobei das erste Druckkissen (16.1) konzentrisch zu der Symmetrieachse S angeordnet ist und das zweite Druckkissen (16.2) sowie das dritte Druckkissen (16.3) diametral angeordnet sind.

5. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass fünf oder sieben Druckkissen (16.1 - 16.7) vorgesehen sind, wobei vier oder sechs Druckkissen (16.2 - 16.7) um das konzentrisch angeordnete erste Druckkissen (16.1) herum angeordnet sind.

6. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass alle weiteren Druckkissen (16.4 - 16.7) gleichmäßig verteilt gegenüberliegend zu den diametral angeordneten Druckkissen (16.1 - 16.3) angeordnet sind.

7. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Anschlussflansch (6) zum Befestigen der Membrane (7.1) und je ein Anschlussflansch (6.1 - 6.7) zum Befestigen der jeweiligen Druckmembrane (16.1' - 16.7') vorgesehen sind.

8. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der erste Anschlussflansch (6.1) für das erste Druckkissen (16.1), der zweite und dritte Anschlussflansch (6.2, 6.3) für das zweite und dritte Druckkissen (16.2, 16.3) und die weiteren Anschlussflansche (6.4 - 6.7) für die weiteren Druckkissen (16.4 - 16.7) jeweils an gleiche oder an verschiedene Druckniveaus anschließbar sind.
9. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Versteifungselement (2) zumindest teilweise in die Membrane (7.1) eingeschlossen oder integriert ist oder das Versteifungselement (2) innerhalb des Polierkissens (7) angeordnet ist und von innen gegen die Membrane (7.1) anlegbar ist.
10. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Versteifungselement (2) aus Blech, Kunststoff und/oder faserverstärktem Kunststoff gebildet ist.
11. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Versteifungselement (2) in einer Richtung normal zur Membrane (7.1) eine Dicke zwischen 0,1 mm und 5 mm, zwischen 0,2 mm und 0,8 mm, insbesondere 0,3 mm aufweist.
12. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Versteifungselement (2) mittels der Druckkissen (16.1 - 16.7) in eine torische Grundform verformbar ist.
13. Polierwerkzeug (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Polierkissen (7) zur Aufnahme in ein Antriebsfutter einen Halteflansch (6) mit einer zylinderförmigen Führungswand (6.9) aufweist, der zur radialen Führung der Membrane (7.1) dient.
14. Polierwerkzeug (1) nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Führungswand (6.9) einen Innendurchmesser d_i aufweist, der einem Außendurchmesser d_a der Membrane (7.1) entspricht.
15. Polierwerkzeug (1) nach Anspruch 13 oder 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Führungswand (6.9) eine Höhe h_H aufweist, die einer Höhe h_R der Membrane (7.1) entspricht.
16. Polierwerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Halteflansch (6) mehrere Druckmittelanschlüsse (6.14, 6.14') für mehrere Druckmittelkanäle (6.10, 6.10') aufweist, an die jeweils mindestens ein Anschlussflansch (6.1 - 6.7) anschließbar ist.
17. Polierwerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Druckmittelanschlüsse (6.14, 6.14') mit jeweils mindestens einer antriebsseitigen Druckmittelsteuerleitung (1.3) verbindbar sind.
18. Polierwerkzeug (1) nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Druckmittelsteuerleitung (1.3) antriebsseitig in das Antriebsfutter für den Halteflansch (6) integriert ist und mit dem Antriebsfutter an den Halteflansch (6) anschließbar ist.
19. Verfahren zum Betreiben eines Polierwerkzeugs (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das erste Druckkissen (16.1) vor und/oder während der Bearbeitung der Linse (10) mit einem größeren oder kleineren Innendruck beaufschlagt wird als die übrigen Druckkissen (16.2 - 16.7).
20. Verfahren zum Betreiben eines Polierwerkzeugs (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das zweite Druckkissen (16.2) und das dritte Druckkissen (16.3) vor und/oder während der Bearbeitung der Linse (10) mit einem größeren oder kleineren Innendruck beaufschlagt werden als die übrigen Druckkissen (16.4 - 16.7).

45 Claims

1. A polishing tool (1) for optical lenses (10) with at least one polishing cushion (7) which can at least partially be adapted to the form of a lens surface (10.1) of the lenses (10), and which can be driven via a drive shaft (3), with a membrane (7.1), whereby via the polishing cushion (7) a contact force of the membrane (7.1) at least in a right-angled direction to a lens surface (10.1) can be transmitted, and to a reinforcement element (2) which can be connected with the membrane (7.1), which in one direction parallel to a surface of the membrane (7.1) is dimensionally stable and in a direction at right-angles to the surface of the

membrane (7.1) is flexible and/or bendable, whereby within the polishing cushion (7), at least three pressure cushions (16.1 - 16.7) each with a pressure membrane (16.1'-16.3') are arranged next to each other, which can be brought either directly or indirectly into contact with the membrane (7.1) or the reinforcement element (2), and/or can be pretensioned, whereby the pressure cushions (16.1 - 16.7) can be subjected relative to each other to different inner pressures.

2. A polishing tool (1) according to claim 1
characterized in that

the pressure membrane (16.1') in relation to a surface which can be brought into contact with the membrane (7.1) or the reinforcement element (2), is designed to be at least 20% smaller than a surface of the membrane (7.1) which can be adapted to the lens surface (10.1).

3. A polishing tool (1) according to either of claims 1 or 2
characterized in that

the pressure membrane (16.1') is round, oval or bone-shaped in relation to the surface which can be brought into contact with the membrane (7.1) or the reinforcement element (2).

4. A polishing tool (1) according to any one of the above claims
characterized in that

the polishing cushion (7) is rotationally symmetrical and comprises a symmetry axis S, whereby the first pressure cushion (16.1) is arranged concentrically to the symmetry axis S, and the second pressure cushion (16.2) and the third pressure cushion (16.3) are diametrically arranged.

5. A polishing tool (1) according to any one of the above claims
characterized in that

five or seven pressure cushions (16.1 - 16.7) are provided, whereby four or six pressure cushions (16.2 - 16.7) are arranged around the concentrically arranged first pressure cushion (16.1).

6. A polishing tool (1) according to any one of the above claims
characterized in that

all further pressure cushions (16.4 - 16.7) are evenly distributed opposite the diametrically arranged pressure cushions (16.1 - 16.3).

7. A polishing tool (1) according to any one of the above claims
characterized in that

a connecting flange (6) for attaching the membrane (7.1) and in each case, one connecting flange (6.1 - 6.7) for attaching each pressure membrane (16.1' -

16.7').

8. A polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the first connecting flange (6.1) for the first pressure cushion (16.1), the second and third connecting flange (6.2, 6.3) for the second and third pressure cushion (16.2, 16.3) and the remaining connecting flanges (6.4 - 6.7) for the remaining pressure cushions (16.4 - 16.7) are in each case connectable to the same or to different pressure levels.

9. A polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the reinforcement element (2) is at least partially embedded or integrated into the membrane (7.1), or the reinforcement element (2) is arranged within the polishing cushion (7) and can be brought into contact with the membrane (7.1) from inside.

10. A polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the reinforcement element (2) is formed from sheet metal, plastic and/or fibre reinforced plastic.

11. A polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the reinforcement element (2) comprises in a normal direction to the membrane (7.1) a thickness of between 0.1 mm and 5 mm, between 0.2 mm and 0.8 mm, in particular, 0.3 mm.

12. A polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the reinforcement element (2) can be deformed using the pressure cushions (16.1 - 16.7) into a toric basic form.

13. A polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the polishing cushion (7) comprises a holding flange (6) with a cylinder-shaped guide wall (6.9) for retention in a drive chuck, which is used for the radial guidance of the membrane (7.1).

14. A polishing tool (1) according to claim 13

characterized in that

the guide wall (6.9) comprises an inner diameter d_i , which corresponds to an outer diameter d_a of the membrane (7.1).

15. A polishing tool (1) according to either of claims 13

or 14

characterized in that

the guide wall (6.9) comprises a height h_H which corresponds to a height h_R of the membrane (7.1).

16. A polishing tool (1) according to any one of claims 13 to 15

characterized in that

the holding flange (6) comprises several compressed agent connections (6.14, 6.14') for several compressed agent channels (6.10, 6.10'), to which in each case, at least one connecting flange (6.1 - 6.7) can be connected.

17. A polishing tool (1) according to any one of claims 13 to 16

characterized in that

the compressed agent connections (6.14, 6.14') can in each case be connected with at least one compressed agent control line (1.3) on the drive side.

18. A polishing tool (1) according to claim 17

characterized in that

the compressed agent control line (1.3) is integrated on the drive side into the drive chuck for the holding flange (6), and can be connected with the drive chuck to the holding flange (6).

19. A procedure for operating a polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the first pressure cushion (16.1) is subjected before and/or during the processing of the lens (10) with a greater or lower inner pressure than the remaining pressure cushions (16.2 - 16.7).

20. A procedure for operating a polishing tool (1) according to any one of the above claims

characterized in that

the second pressure cushion (16.2) and the third pressure cushion (16.3) are subjected before and/or during the processing of the lens (10) with a greater or lower inner pressure than the remaining pressure cushions (16.4 - 16.7).

Revendications

1. Polissoir (1) pour lentilles optiques (10) avec au moins un coussin polisseur (7), avec une membrane (7.1), pouvant être adapté au moins partiellement à la forme d'une surface de lentille (10.1) des lentilles (10) et pouvant être entraîné via un arbre d'entraînement (3), une force d'appui de la membrane (7.1) pouvant être transmise par le coussin polisseur (7) au moins dans la direction à angle droit par rapport à une surface de lentille (10.1), et avec un élément de raidissement (2), pouvant être raccordé à la mem-

brane (7.1), qui est constitué de façon indéformable dans une direction parallèle à une surface de la membrane (7.1) et de façon flexible et/ou souple dans une direction à angle droit par rapport à la surface de la membrane (7.1), au moins trois coussins de pression (16.1 - 16.7) étant disposés de façon juxtaposée à l'intérieur du coussin polisseur (7) avec respectivement une membrane de pression (16.1' - 16.3'), coussins de pression qui peuvent être mis en appui et/ou en prétension, indirectement ou directement, contre la membrane (7.1) ou l'élément de raidissement (2), les coussins de pression (16.1 - 16.7) pouvant être alimentés relativement les uns aux autres avec différentes pressions intérieures.

2. Polissoir (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**

la membrane de pression (16.1'), rapportée à une surface pouvant être mise en appui contre la membrane (7.1) ou l'élément de raidissement (2), est constituée de façon à être plus petite d'au moins 20% qu'une surface de la membrane (7.1) adaptable à la surface de lentille (10.1).

3. Polissoir (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**

la membrane de pression (16.1'), rapportée à la surface pouvant être mise en appui contre la membrane (7.1) ou l'élément de raidissement (2), est constituée de façon ronde, ovale ou en forme d'os.

4. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

le coussin polisseur (7) est constitué de façon symétrique en rotation et présente un axe de symétrie S , le premier coussin de pression (16.1) étant disposé de façon concentrique par rapport à l'axe de symétrie S , et le deuxième coussin de pression (16.2) ainsi que le troisième coussin de pression (16.3) étant disposés de façon diamétralement opposée.

5. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

cinq ou sept coussins de pression (16.1 - 16.7) sont prévus, quatre ou six coussins de pression (16.2 - 16.7) étant disposés tout autour du premier coussin de pression (16.1) disposé de façon concentrique.

6. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**

tous les autres coussins de pression (16.4 - 16.7) sont disposés répartis de façon régulière en face des coussins de pression (16.1 - 16.3) disposés de façon diamétralement opposée.

7. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
une bride de raccordement (6) est prévue pour la fixation de la membrane (7.1), et respectivement une bride de raccordement (6.1 - 6.7) est prévue pour la fixation de la membrane de pression (16.1' - 16.7') respective.
8. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
la première bride de raccordement (6.1) pour le premier coussin de pression (16.1), la deuxième et la troisième bride de raccordement (6.2, 6.3) pour le deuxième et le troisième coussin de pression (16.2, 16.3), et les autres brides de raccordement (6.4 - 6.7) pour les autres coussins de pression (16.4 - 16.7) peuvent être respectivement rattachées à des niveaux de pression identiques ou différents.
9. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
l'élément de raidissement (2) est inclus ou intégré au moins partiellement dans la membrane (7.1) ou **en ce que** l'élément de raidissement (2) est disposé à l'intérieur du coussin polisseur (7) et peut être mis en appui depuis l'intérieur contre la membrane (7.1).
10. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que l'élément de raidissement (2) est formé de tôle, de matière plastique et/ou de matière plastique renforcée de fibre.
11. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
l'élément de raidissement (2) présente, dans une direction perpendiculaire à la membrane (7.1), une épaisseur entre 0,1 mm et 5 mm, entre 0,2 mm et 0,8 mm, en particulier 0,3 mm.
12. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
l'élément de raidissement (2) peut être déformé en une forme torique de base au moyen des coussins de pression (16.1 - 16.7).
13. Polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le coussin polisseur (7) présente, pour le logement dans un mandrin d'entraînement, une bride de retenue (6) avec une paroi de guidage (6.9) de forme cylindrique qui sert au guidage radial de la membra-
- ne (7.1).
14. Polissoir (1) selon la revendication 13,
caractérisé en ce que
la paroi de guidage (6.9) présente un diamètre intérieur d_i qui correspond à un diamètre extérieur d_a de la membrane (7.1).
15. Polissoir (1) selon la revendication 13 ou 14,
caractérisé en ce que
la paroi de guidage (6.9) présente une hauteur h_H qui correspond à une hauteur h_R de la membrane (7.1).
16. Polissoir (1) selon une des revendications 13 à 15,
caractérisé en ce que
la bride de retenue (6) présente plusieurs raccord de moyen de pression (6.14, 6.14') pour plusieurs canaux de moyen de pression (6.10, 6.10') auxquels respectivement au moins une bride de raccordement (6.1 - 6.7) peut être rattachée.
17. Polissoir (1) selon une des revendications 13 à 16,
caractérisé en ce que
les raccords de moyen de pression (6.14, 6.14') peuvent être raccordés à respectivement au moins une conduite de commande de moyen de pression (1.3) côté entraînement.
18. Polissoir (1) selon la revendication 17,
caractérisé en ce que
la conduite de commande de moyen de pression (1.3) est intégrée côté entraînement dans le mandrin d'entraînement de la bride de retenue (6) et peut être rattachée avec le mandrin d'entraînement à la bride de retenue (6).
19. Procédé de mise en oeuvre d'un polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le premier coussin de pression (16.1), avant et/ou pendant l'usinage de la lentille (10) est alimenté avec une pression intérieure supérieure ou inférieure à celle alimentant les autres coussins de pression (16.2 - 16.7).
20. Procédé de mise en oeuvre d'un polissoir (1) selon une des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
le deuxième coussin de pression (16.2) et le troisième coussin de pression (16.3), avant et/ou pendant l'usinage de la lentille (10), sont alimentés avec une pression intérieure supérieure ou inférieure à celle alimentant les autres coussins de pression (16.4 - 16.7).

Fig.1

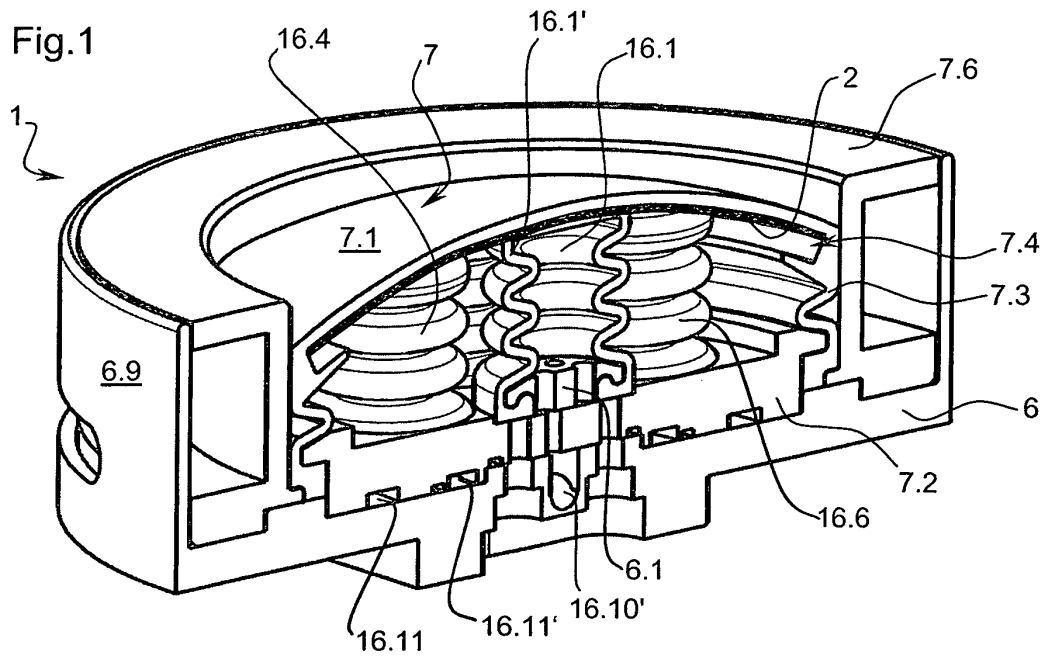


Fig.2

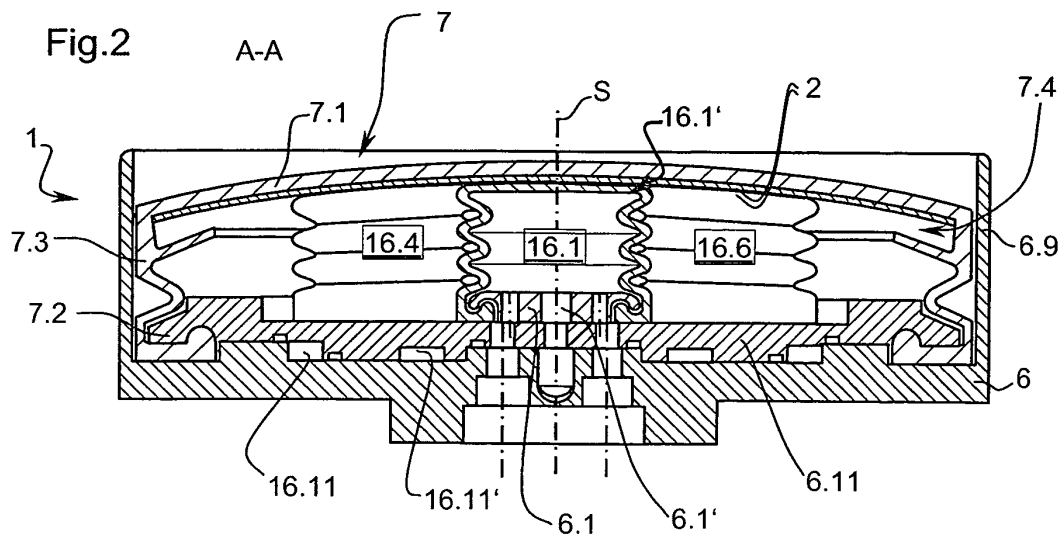


Fig. 3

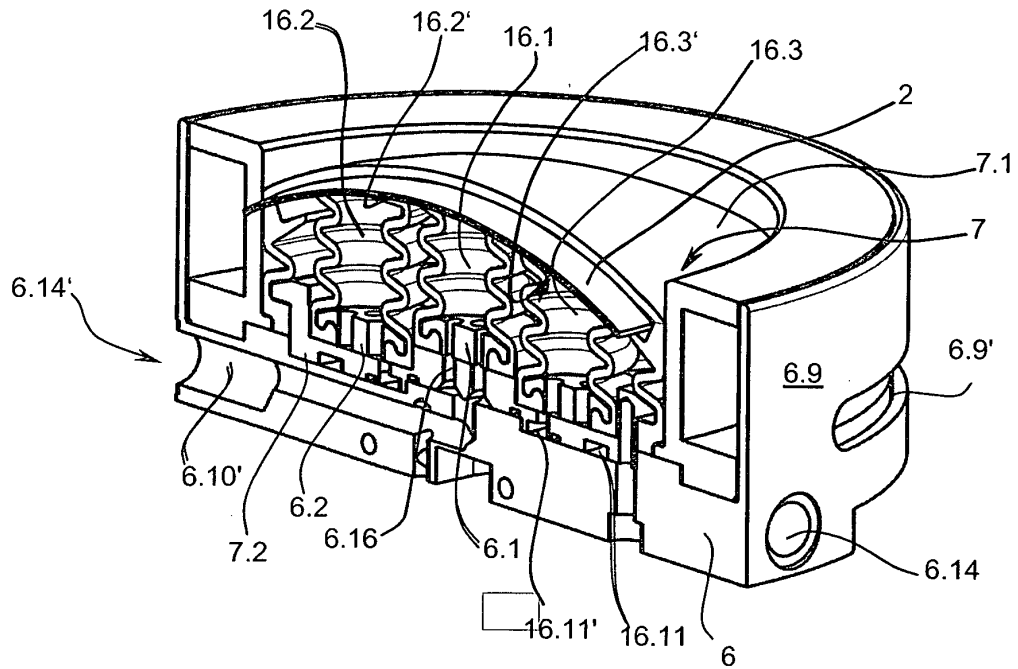


Fig. 4

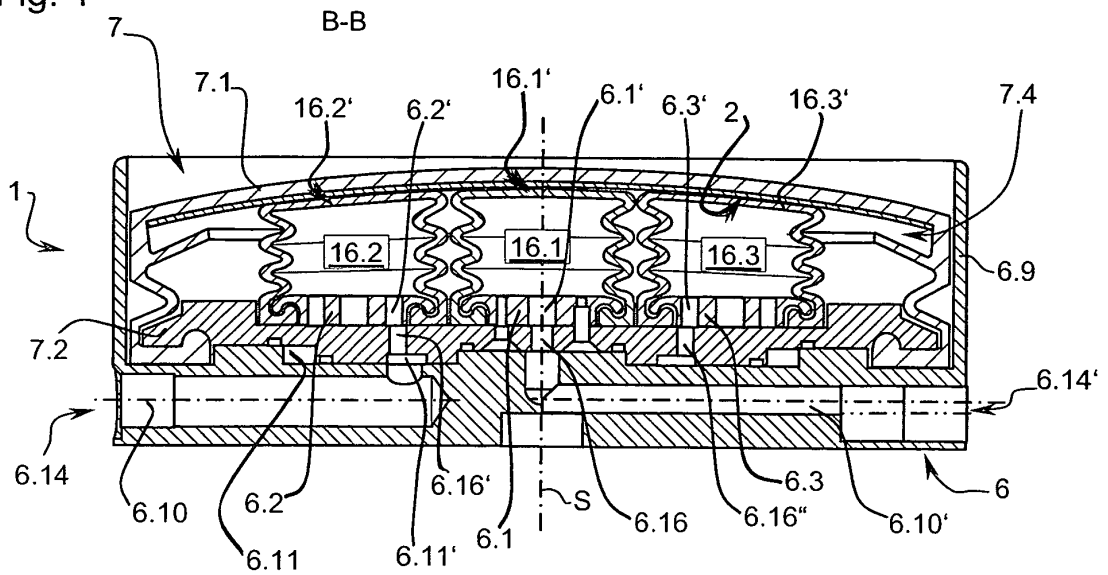


Fig. 5

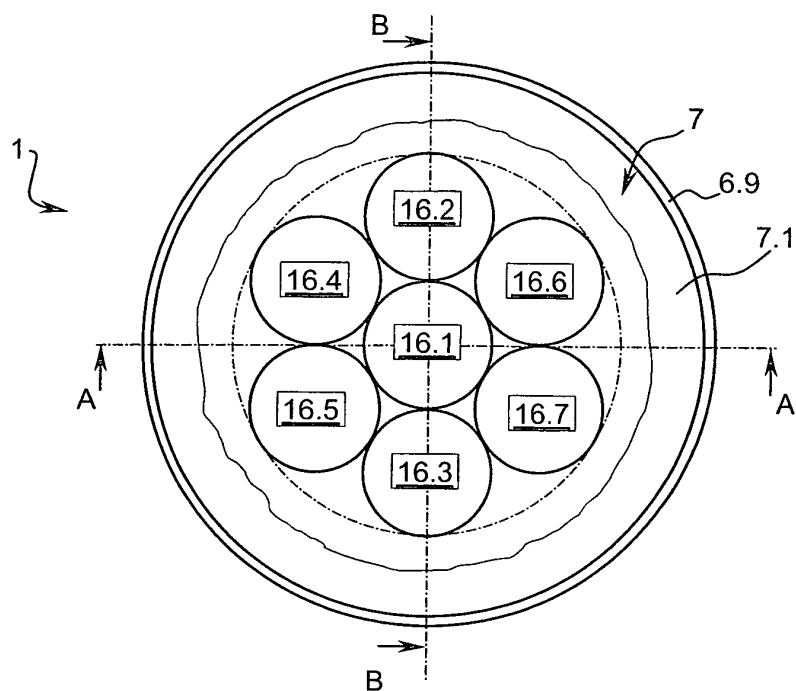


Fig. 6a

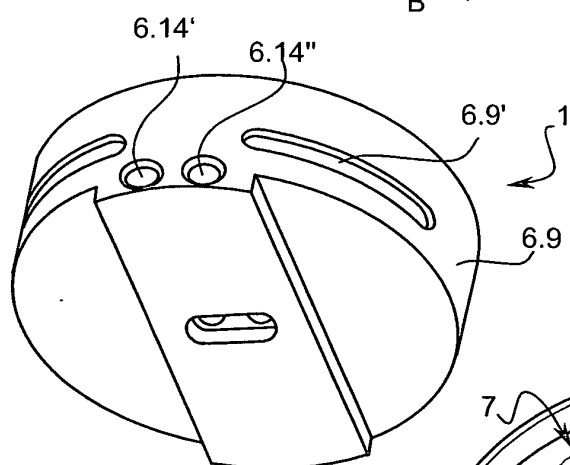


Fig. 6b

