

(19)



(11)

EP 1 251 997 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
08.06.2011 Patentblatt 2011/23

(51) Int Cl.:
B24B 13/02 (2006.01) **B24B 45/00** (2006.01)
B24B 41/04 (2006.01) **B24B 47/10** (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
14.04.2004 Patentblatt 2004/16

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2001/000253

(21) Anmeldenummer: **01909601.5**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2001/056740 (09.08.2001 Gazette 2001/32)

(22) Anmeldetag: **11.01.2001**

(54) **POLIERKOPF FÜR EINE POLIERMASCHINE**

POLISHING HEAD FOR A POLISHING MACHINE

TETE DE POLISSAGE POUR UNE POLISSEUSE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR LI

(30) Priorität: **03.02.2000 DE 10004455**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.10.2002 Patentblatt 2002/44

(60) Teilanmeldung:
03025546.7 / 1 386 694

(73) Patentinhaber: **Carl Zeiss Vision GmbH**
73430 Aalen (DE)

(72) Erfinder: **KÜBLER, Christoph**
73447 Oberkochen (DE)

(74) Vertreter: **Braunger, Dieter et al**
Carl Zeiss AG
Patentabteilung
Carl-Zeiss-Straße 22
73447 Oberkochen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 567 894 DE-B- 1 239 211
DE-C- 318 561 DE-C1- 4 442 181
DE-U1- 29 521 396

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 017, no. 018
(M-1352), 13. Januar 1993 (1993-01-13) & JP 04
244372 A (CANON INC), 1. September 1992
(1992-09-01)

EP 1 251 997 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Polierkopf für eine Poliermaschine. Aus der EP 0 567 894 A1, von der die Erfindung ausgeht, ist eine Vorrichtung zur Führung eines Werkzeugs beim Polieren torischer oder sphärischer Flächen bekannt. Die Pinole dieser Vorrichtung ist durch eine koaxial angeordnete Druckmittelzylinder - und Kolbenanordnung translatorisch bewegbar.

[0002] Aus der EP 727 280 B1 ist eine Poliermaschine zum Polieren sphärischer Linsenoberflächen bekannt. Diese Poliermaschine weist einen oberen in einer x-Richtung verfahrbaren Schlitten auf. Mit diesem Schlitten ist eine Werkzeugspindel, die um eine vertikale Achse drehbar gelagert ist, verbunden. Die Werkzeugspindel dient dabei zur Aufnahme eines Abrichtwerkzeuges. Zur Aufnahme des Werkstückes bzw. der Linse ist eine mit einem weiteren Schlitten verbundene Werkstückspindel vorgesehen. Die Werkstückspindel und die Werkstückspindel mit dem Abrichtwerkzeug sind in einem festen Abstand zueinander angeordnet. Der diese beiden Spindeln tragende Schlitten ist in z-Richtung verfahrbar.

[0003] Aus der WO 97/00155 ist eine Poliermaschine und ein Verfahren zum Polieren von optischen Flächen bekannt. Die Poliermaschine weist eine Polierkopf auf, der mit einer elastischen Membran versehen ist. Durch Druckbeaufschlagung der Membran wird die Kraftbeaufschlagung der zu polierenden Fläche geregelt. Nachteilig ist bei dieser Poliermaschine, dass die Größe der auf der zu polierenden Fläche aufliegende Fläche des Polierkopfes bzw. der Membran von der Druckbeaufschlagung abhängt. Der Polierkopf mit der elastischen Membran wird durch eine zugeordnete Feder in Richtung der zu polierenden Fläche vorgespannt. Für die Bereitstellung einer Kippbeweglichkeit der elastischen Membran, um eine auf der Drehachse im Bereich der flexiblen Membran liegenden Punkt, sind Hydraulikzylinder vorgesehen. Die Kraftbeaufschlagung der zu polierenden Fläche wird durch zugeordnete Sensoren, Drehstreifen und Solenoid, detektiert.

[0004] In dem aus dieser Schrift bekannten Verfahren wird das Polieren der optischen Oberfläche in Abhängigkeit von der Drehzahl des polierenden Kopfes und der auf die zu polierende Oberfläche wirkenden Anpresskraft durch Druckbeaufschlagung gesteuert.

[0005] Aus der DE 1 239 211 B ist ein kardanisch gelagertes Optik- Schleif- oder Polierwerkzeug bekannt. Zur Ausrichtung des Poliertellers ist ein Ausrichtglied vorgesehen, das aus elastischem Werkstoff besteht. Dieses Ausrichtglied übt keine das Werkzeug von der Spindel abhebende Kraft aus. Es kann ohne weiteres so ausgebildet werden, dass sogar eine Kraft das Werkzeug an das allseitig bewegliche Gelenk, z. B. ein Kugelgelenk, heranzieht, wobei jedoch die Ausrichtkraft so schwach ist, dass die Einstellung des Werkzeuges auf das Werkstück unter der Wirkung des Arbeitsdruckes möglich ist. Die Verwendung eines solchen Werkzeuges gestattet das automatische Beschicken einer Optik- Schleifma-

schine, da das Werkstück starr und axial unbeweglich auf der Spindel verbleibt und ohne seitliches Wegkippen eine genau definierte Lage relativ zu der Beschickungsvorrichtung, einnimmt.

[0006] Es ist Aufgabe der Erfindung einen Polierkopf zum Polieren einer Freiformfläche bereitzustellen, dessen Antriebswelle derart leichtgängig translatorisch bewegbar ist, dass die eingeleitete translatorische Bewegung bzw. Kraftbeaufschlagung nahezu vollständig auf den Polierteller übertragen wird.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung wird durch die im Patentanspruch 1 gegebenen Merkmale gelöst.

[0008] Ferner wird eine Poliermaschine mit dem Polierkopf in Anspruch 11 sowie ein Verfahren mit einem derartigen Polierkopf in Anspruch 12 beansprucht.

[0009] Durch die Maßnahme den Polierteller drehfest gelenkig mit der Antriebswelle zu verbinden ist es möglich, daß der Polierteller der Oberflächenkontur folgend auf der zu bearbeitenden Oberfläche aufliegt. Durch die gelenkige Verbindung kann der Polierteller Kippbewegungen ausführen, so daß er mit einer maximalen Polierfläche auf der zu polierenden Oberfläche aufliegt.

[0010] Zur Übertragung der Drehbewegung der Antriebswelle auf den Polierteller hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, den Polierteller mit der Antriebswelle mittels Formschluf zu verbinden, so daß die Drehbewegung der Antriebswelle aufgrund des Formschlusses auf den Polierteller übertragen wird.

[0011] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt für die drehfeste gelenkige Verbindung den Polierteller über ein Kugelimbusgelenk mit der Antriebswelle zu verbinden. Durch dieses Kugelimbusgelenk ist es möglich, den Drehpunkt, um den der Polierteller in beliebige Richtungen geschwenkt werden kann, möglichst nah an der zu polierenden Oberfläche des Poliertellers anzuordnen. Die nahe Anordnung der gelenkigen Verbindung zur polierenden Oberfläche des Poliertellers hat den Vorteil, daß der Polierteller den Oberflächenkonturen reaktions-schnell folgen kann.

[0012] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt der gelenkigen Verbindung ein oder mehrere Rastelement zur Sicherung der Verbindung von Antriebswelle und Polierkopf zuzuordnen. Ist als gelenkige Verbindung ein Kugelimbusgelenk vorgesehen, so wird mittels des Rastelementes sichergestellt, daß der Kugelimbuskopf aus der zugeordneten Ausnehmung nicht herausrutschen kann. Dadurch kann der Polierteller ohne Probleme von der zu polierenden Fläche entfernt werden. Durch die durch das Rastelement gewährleistete Lösbarkeit der Verbindung können außerdem verschiedene Polierteller leicht gegeneinander ausgetauscht werden.

[0013] Dem Polierkopf wird eine Druckkammer zugeordnet wobei aus einer Druckbeaufschlagung der Druckkammer eine translatorische Bewegung des Poliertellers entlang einer Mittenachse des Polierkopfes resultiert. Liegt der Polierteller auf einer zu polierenden Oberfläche auf, so resultiert aus einer Druckbeaufschlagung ein erhöhter Polierdruck.

[0014] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn ein der Druckkammer zugeordneter Kolben mit der Antriebswelle in Wirkverbindung steht, so daß eine Druckbeaufschlagung der Druckkammer über die Antriebswelle auf den Polierteller übertragen wird.

[0015] Die Antriebswelle wird mittels eines koaxial angeordneten Hohlzylinders, in dem die Antriebswelle drehfest gelagert ist, über diesen Hohlzylinder angetrieben. Für die Übertragung der Drehbewegung hat sich eine formschlüssige Verbindung als vorteilhaft erwiesen.

[0016] Die Antriebswelle in dem Hohlzylinder wird mittels Lagerelementen, nämlich einer Wälzlagerung oder einer Kugellagerung translatorisch leicht bewegbar gelagert. Durch diese Lagerung wird gewährleistet, daß bei Druckbeaufschlagung der Druckkammer sich die Antriebswelle in dem Hohlzylinder leichtgängig translatorisch bewegen kann und somit die eingeleitete translatorische Bewegung bzw. Kraftbeaufschlagung nahezu vollständig auf den Polierteller übertragen wird.

[0017] Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in weiteren abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0018] Anhand eines Ausführungsbeispiels wird die Erfindung im folgenden näher beschrieben.

[0019] Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Skizze des Polierkopfes in einem dessen Mittenachse enthaltenen Schnittes;

Figur 2 einen Schnitt entlang der Ebene II - II in Figur 1;

Figur 3 einen Schnitt entlang der Ebene III - III in Figur 1; und

Figur 4 Schnitt entlang der Ebene III - III bei einem alternativen Ausführungsbeispiel.

[0020] Der in Figur 1 dargestellte Polierkopf (1) weist einen Polierteller (3) mit einem Polierbelag (5) auf. Der Polierbelag (5) liegt auf einer zu polierenden Oberfläche (41) eines Werkstückes (39) auf.

[0021] Der Polierteller 3 ist über die gelenkige Verbindung an einer Antriebswelle (7) aufgenommen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist für diese drehfeste gelenkige Verbindung ein Kugelimbusgelenk vorgesehen. Die Antriebswelle (7) ist dazu auf der dem Polierteller zugewandten Seite endseitig mit einem Kugelimbuskopf (19) versehen, der in eine im Polierteller (3) ausgebildete Ausnehmung (13) eingreift.

[0022] Zur Sicherung ist die Verbindung zwischen dem Kugelimbuskopf (19) und dem Polierteller (3) mittels eines Rastelementes (15) gesichert ist. Als Rastelement können beispielsweise ein Federelement bzw. Federstift am Polierteller, der in eine Ausnehmung am Kugelimbuskopf hinein ragt, vorgesehen sein.

[0023] Es ist auch möglich, den Kugelimbuskopf (19) an dem Polierteller auszubilden; in diesem Fall ist dann

in der Antriebswelle (7) eine Ausnehmung zur dreh sicheren gelenkigen Aufnahme des Kugelimbuskopfes vorzusehen. Allerdings ist in diesem Fall der Abstand zwischen der Gelenkstelle - also dem Punkt, um den eine Kippung des Poliertellers relativ zur starren Antriebswelle erfolgen kann - und der zu polierenden Fläche (41) größer.

[0024] Die Antriebswelle (7) ist über Lagerelement (23) translatorisch verschiebbar und drehfest in einem Hohlzylinder (49) gelagert. Der Hohlzylinder (49) wird rotatorisch angetrieben über einen nicht dargestellten Antrieb der Poliermaschine, wobei die Drehbewegung aufgrund der drehfesten Verbindung durch das Lagerelement (23) vollständig auf die Antriebswelle (7) für den Polierkopf übertragen wird.

[0025] Auf der vom Polierkopf abgewandten Seite der Antriebswelle (7) ist in dem Hohlzylinder (49) ein Hydraulik- oder Pneumatiksystem, das zur Beaufschlagung des Polierkopfes mit dem erforderlichen Polierdruck dient, vorgesehen. Dieses weist einen Druckkammerzylinder (31) mit einem darin translatorisch verschiebbar aufgenommenen Kolben (33) auf. Zur Entkoppelung des Kolbens (33) von der Drehbewegung der Antriebswelle (7) und des Hohlzylinders können Drehlager zwischen dem Druckkammerzylinder (31) und dem Hohlzylinder (49) sowie zwischen dem vom Kolben (33) angetriebenen Pleul (32) und der Antriebswelle (7) vorgesehen sein. Zur Druckbeaufschlagung des Kolbens (33) ist der im Druckkammerzylinder (31) gebildeten Druckkammer (29) eine Druckversorgung (35) mit einem Druckreg Ventil (37) und einem Druckreservoir (36) zugeordnet. Durch Druckbeaufschlagung der Druckkammer (29) wird eine entlang einer Mittenachse (2) des Polierkopfes (1) gerichteten Kraft auf den Kolben (33) eingeleitet. Aus dieser Kraft resultiert eine translatorische Bewegung des Poliertellers bzw. eine Erhöhung der wirkenden Polierkraft, sofern der Polierbelag (5) auf einer zu polierenden optischen Fläche (41) eines Werkstückes (39) aufliegt.

[0026] Die drehfeste translatorisch bewegbare Kopplung zwischen dem Hohlzylinder (49) und der Antriebswelle (7) erfolgt über ein Wälzlager (23). Die Antriebswelle (7) weist dazu ein nicht rotationssymmetrisches Außenprofil (43), vorzugsweise ein Mehrkantprofil auf. Der Formschluß zwischen dem Außenprofil (43) der Antriebswelle (7) und der Innenwand des Hohlzylinders wird über Rollen oder Walzen (25) erreicht, die in dem Lagerelement (23) symmetrisch zum Außenprofil der Antriebswelle (7) aufgenommen sind und an dem Außenprofil (43) der Antriebswelle abrollen. Die Drehachsen der Rollen oder Walzen sind dabei senkrecht zur Rotationsachse der Antriebswelle (7) ausgerichtet.

[0027] Anstelle der Wälzlagerung der Antriebswelle (7) in dem Hohlzylinder (49) kann auch eine Kugellagerung, wie in Figur 4 dargestellt, vorgesehen sein. Zur drehfesten translatorisch verschiebbaren Verbindung sind die Kugeln (53) in Längsnuten (51) des Hohlzylinders (49) und weiteren Längsnuten (55) der Antriebswelle (7) gelagert, wobei sich die Längsnuten parallel zur Rotationsachse der Antriebswelle (7) erstrecken. Auch

in diesem Fall weist die Antriebsachse wenigstens in einem der Lagerung entsprechenden Bereich ein nichtrotationssymmetrisches Außenprofil, insbesondere ein Mehrkantprofil auf

[0028] Im folgenden wird das Polierverfahren näher beschrieben. Zum Polieren wird der Polierkopf, dessen Durchmesser kleiner ist als der Durchmesser der zu polierenden Fläche, in einer Schwenkbewegung in radialer Richtung über die zu polierende optische Fläche (41) bewegt. Sowohl das Werkstück (39) als auch der Polierteller werden dabei mit nahezu gleicher Drehzahl in identischer Richtung angetrieben. Bei Bewegung des Poliertellers über die zu polierende optische Fläche (41) kann vorgesehen sein, daß die Drehzahlen des Poliertellers oder die Drehzahl des Werkstückes, insbesondere in Abhängigkeit von der radialen Position des Poliertellers, zu verändern. Diese Drehzahländerung hat einen positiven Einfluß auf einen konstanten Polierabtrag.

[0029] Durch die Wahl eines sehr großen Speichervolumens (36) im Verhältnis zum sich verändernden Volumen des Kolbens (31), werden die Druckschwankungen sehr klein gehalten, so daß der Polierteller mit konstanter Kraft auf der zu polierenden optischen Fläche aufliegt. Das Druckregelventil trägt auch noch zum Ausgleich von Druckschwankungen bei.

[0030] Durch die beschriebene Anordnung in Verbindung mit einer Poliermaschine nach dem Stand der Technik sind insbesondere nicht rotationssymmetrische optische Oberflächen (41) polierbar, wobei der Polierabtrag über die gesamte optische Fläche konstant ist. Für den gleichmäßigen Polierabtrag ist es erforderlich, daß der Polierbelag des Poliertellers (3) möglichst großflächig auf der zu polierenden optischen Fläche (41) aufliegt. Dies wird insbesondere dadurch gewährleistet, daß durch die drehfeste gelenkige Verbindung zwischen dem Polierteller und der Antriebswelle (7) der Polierteller um einen auf der Mittenachse (2) des Polierkopfes liegenden Punkt in beliebige Richtungen gekippt werden kann und die Ausrichtung des Poliertellers dadurch der Oberflächenkontur der zu polierenden Fläche (41) folgen kann.

Bezugszeichenliste:

[0031]

- 1 Polierkopf
- 2 Mittenachse
- 3 Polierteller
- 5 Polierbelag (~ Belag)
- 7 Antriebswelle
- 9 gelenkige Verbindung
- 13 Ausnehmung im Polierteller
- 15 Rastelement
- 19 Kugelimbuskopf
- 20 Ausnehmung
- 23 Lagerelemente
- 25 Walzen oder Rollen
- 29 Druckkammer

- 31 Druckkammerzylinder
- 32 Pleuel
- 33 Kolben
- 35 Druckversorgung
- 5 36 Reservoir
- 37 Druckregelventil
- 39 Werkstück
- 41 Optische Fläche
- 43 Außenprofil
- 10 49 Hohlzylinder
- 51 Längsnuten
- 53 Kugeln
- 55 Längsnut in Antriebswelle

Patentansprüche

1. Polierkopf, zum Polieren von optischen Freiformflächen, mit einem Polierteller, der mit einer rotatorisch antreibbaren Antriebswelle verbunden ist, und der Polierteller (3) mit der Antriebswelle (7) gelenkig und drehfest verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Druckkammer (29) vorgesehen ist, wobei aus einer Druckbeaufschlagung der Druckkammer (29) eine translatorische Bewegung des Poliertellers (3) entlang einer Mittenachse (2) des Polierkopfes resultiert, wobei die Antriebswelle (7) drehfest und translatorisch entlang der Mittenachse (2) des Polierkopfes verschiebbar in einem angetriebenen Hohlzylinder (49) gelagert ist und die Antriebswelle (7) mindestens in einem Teilbereich ein nichtrotationssymmetrisches Außenprofil (43) aufweist, wobei das Außenprofil (43) über eine Wälzlagerung (23, 25) drehfest mit dem Hohlzylinder in Verbindung steht oder das Außenprofil (43) Längsnuten (51) aufweist, in denen Kugeln (53) angeordnet sind, über die die Antriebswelle (7) mit dem Hohlzylinder (49), der innenseitig im gegensinnig ausgebildeten Längsnuten (51) versehen ist, verbunden ist.
2. Polierkopf nach Anspruch 1, ist **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Drehbewegung der Antriebswelle (7) mittels Formschluss auf den Polierteller (3) übertragen wird.
3. Polierkopf nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Polierteller (3) um einen auf der Mittenachse (2) liegenden Punkt kippbar an der Antriebswelle (7) gelagert ist.
4. Polierkopf nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Formschluss zur Übertragung der Drehbewegung der Antriebswelle (7) auf den Polierteller (3) in der gelenkigen Verbindung hergestellt ist.
5. Polierkopf nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** als gelenkige Verbindung ein Kuge-

linbusgelenk vorgesehen ist.

6. Polierkopf nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Rastelement (15) zur Sicherung der gelenkigen Verbindung von Polierteller (3) und Antriebswelle (7) vorgesehen ist. 5
7. Polierkopf nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druckkammer (29) einen Druckkammerzylinder (31) umfasst, in dem ein Kolben (33) translatorisch bewegbar angeordnet ist. 10
8. Polierkopf nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (33) mit der Antriebswelle (7) in Wirkverbindung steht. 15
9. Polierkopf nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Antriebswelle (7) drehfest und translatorisch entlang einer Mittenachse (2) des Polierkopfes verschiebbar gelagert ist und mit einem rotatorisch angetriebenen Kolben drehfest verbunden ist. 20
10. Polierkopf nach mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Außenprofil (43) in Form eines Mehrkantprofils ausgebildet ist. 25
11. Poliermaschine mit einem Polierkopf gemäß mindestens einem der vorangegangenen Ansprüche. 30
12. Verfahren zum Polieren einer punkunsymmetrischen Freiformfläche mit einer Poliermaschine nach Anspruch 11, wobei der Polierteller (3), der in gleicher Drehrichtung rotatorisch angetrieben wird, wie die zu polierende optische Fläche. 35
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu bearbeitende Körper (3) mit annähernd gleicher Drehfrequenz angetrieben wird wie der Polierteller (3). 40
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Drehteller (3) eine radiale Bewegung relativ zum zu bearbeitenden Körper (39) ausführt. 45
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von der radialen Position des Drehtellers (3) die Drehfrequenz des Drehtellers (3) oder der zu polierenden Fläche (41) verändert wird. 50
16. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 12 - 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck in der Kammer (29) in Abhängigkeit von der Ober-

flächenkontur der optischen Fläche (41) geregelt wird, so dass der auf der optischen Oberfläche (41) aufliegende Drehteller auf dieselbe einen vorbestimmten konstanten Polierdruck ausübt.

Claims

1. Polishing head, for polishing optical freeform surfaces, having a polishing disc which is connected to a drive shaft which can be rotationally driven, and the polishing disc (3) is connected to the drive shaft (7) in an articulated and rotationally locked manner, **characterized in that** a pressure chamber (29) is provided, a translatory movement of the polishing disc (3) along a centre axis (2) of the polishing head resulting from pressurizing of the pressure chamber (29), the drive shaft (7) being mounted in a driven hollow cylinder (49) in such a way as to be rotationally locked and displaceable in a translatory manner along the centre axis (2) of the polishing head and the drive shaft (7) having an outer profile (43) which is non-rotationally symmetrical at least in one section, the outer profile (43) being connected to the hollow cylinder in a rotationally locked manner via a rolling-contact bearing arrangement (23, 25) or the outer profile (43) having longitudinal grooves (51), in which balls (53) are arranged, via which balls (53) the drive shaft (7) is connected to the hollow cylinder (49), which is provided on the inside with longitudinal grooves (51) formed in the opposite direction. 55
2. Polishing head according to Claim 1, **characterized in that** a rotary movement of the drive shaft (7) is transmitted to the polishing disc (3) by means of positive locking.
3. Polishing head according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the polishing disc (3) is mounted on the drive shaft (7) in such a way as to be tiltable about a point lying on the centre axis (2).
4. Polishing head according to one of the preceding claims, **characterized in that** the positive locking for transmitting the rotary movement of the drive shaft (7) to the polishing disc (3) is produced in the articulated connection.
5. Polishing head according to Claim 5, **characterized in that** a ball socket joint is provided as articulated connection.
6. Polishing head according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** a catch element (15) is provided for securing the articulated connection of polishing disc (3) and drive shaft (7).
7. Polishing head according to at least one of the pre-

ceding claims, **characterized in that** the pressure chamber (29) comprises a pressure-chamber cylinder (31), in which a piston (33) is arranged such as to be movable in a translatable manner.

8. Polishing head according to Claim 10, **characterized in that** the piston (33) is in operative connection with the drive shaft (7).

9. Polishing head according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the drive shaft (7) is mounted in such a way as to be rotationally locked and displaceable in a translatable manner along a centre axis (2) of the polishing head and is connected to a rotationally driven piston in a rotationally locked manner.

10. Polishing head according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the outer profile (43) is designed in the form of a polygonal profile.

11. Polishing machine having a polishing head according to at least one of the preceding claims.

12. Method of polishing a non-centrosymmetric freeform surface with a polishing machine according to Claim 11, the polishing disc (3) being rotationally driven in the same direction of rotation as the optical surface to be polished.

13. Method according to Claim 12, **characterized in that** the body (39) to be treated is driven at approximately the same rotational frequency as the polishing disc (3).

14. Method according to Claim 13, **characterized in that** the rotary disc (3) performs a radial movement relative to the body (39) to be treated.

15. Method according to Claim 14, **characterized in that** the rotational frequency of the rotary disc (3) or of the surface (41) to be polished is varied as a function of the radial position of the rotary disc (3).

16. Method according to at least one of Claims 12 to 15, **characterized in that** the pressure in the chamber (29) is controlled as a function of the surface contour of the optical surface (41), so that the rotary disc resting on the optical surface (41) exerts a predetermined constant polishing pressure on the latter.

Revendications

1. Tête de polissage, pour le polissage de surfaces optiques à forme libre, comprenant un polissoir qui est relié à un arbre d'entraînement pouvant être entraîné en rotation, et le polissoir (3) étant relié de manière

articulée et fixe en rotation à l'arbre d'entraînement (7), **caractérisée en ce qu'il** est prévu une chambre de compression (29), un mouvement translatif du polissoir (3) le long d'un axe central (2) de la tête de polissage résultant d'une sollicitation par pression de la chambre de compression (29), l'arbre d'entraînement (7) étant installé de manière fixe en rotation et déplaçable en translation le long de l'axe central (2) de la tête de polissage dans un cylindre creux entraîné (49) et l'arbre d'entraînement (7) présentant, au moins dans une zone partielle, un profil extérieur non symétrique en rotation (43), le profil extérieur (43) étant en liaison fixe en rotation avec le cylindre creux par l'intermédiaire d'un palier à roulements (23, 25) ou le profil extérieur (43) présentant des rainures longitudinales (51) dans lesquelles sont disposées des billes (53), par l'intermédiaire desquelles l'arbre d'entraînement (7) est relié au cylindre creux (49) qui est pourvu sur sa face interne de rainures longitudinales (51) réalisées en sens inverse.

2. Tête de polissage selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'un** mouvement de rotation de l'arbre d'entraînement (7) est transmis au polissoir (3) au moyen d'une correspondance géométrique.

3. Tête de polissage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** le polissoir (3) est installé sur l'arbre d'entraînement (7) de manière à pouvoir basculer autour d'un point se trouvant sur l'axe central (2).

4. Tête de polissage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la correspondance géométrique pour la transmission du mouvement de rotation de l'arbre d'entraînement (7) au polissoir (3) est établie dans la jonction articulée.

5. Tête de polissage selon la revendication 5, **caractérisée en ce qu'il** est prévu comme jonction articulée une articulation à empreinte hémisphérique.

6. Tête de polissage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'il** est prévu un moyen d'enclenchement (15) pour sécuriser la jonction articulée du polissoir (3) et de l'arbre d'entraînement (7).

7. Tête de polissage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la chambre de compression (29) comporte un cylindre de chambre de compression (31) dans lequel est disposé un piston (33) mobile en translation.

8. Tête de polissage selon la revendication 10, **carac-**

térisée en ce que le piston (33) est en liaison fonctionnelle avec l'arbre d'entraînement (7).

9. Tête de polissage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'arbre d'entraînement (7) est installé de manière fixe en rotation et déplaçable en translation le long d'un axe central (2) de la tête de polissage et est relié de manière fixe en rotation à un piston entraîné en rotation. 5
10
10. Tête de polissage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le profil extérieur (43) est réalisé sous la forme d'un profil à plusieurs arêtes. 15
11. Polisseuse comportant une tête de polissage selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes. 20
12. Procédé de polissage d'une surface à forme libre non symétrique à un point avec une polisseuse selon la revendication 11, le polissoir (3), qui est entraîné en rotation dans le même sens de rotation, étant entraîné comme la surface optique à polir. 25
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** le corps à usiner (3) est entraîné avec approximativement la même fréquence de rotation que le polissoir (3). 30
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** la molette tournante (3) exécute un mouvement radial par rapport au corps à usiner (39). 35
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la fréquence de rotation de la molette tournante (3) ou de la surface à polir (41) change en fonction de la position radiale de la molette tournante (3). 40
16. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 12 à 15, **caractérisé en ce que** la pression dans la chambre (29) est régulée en fonction du contour surfacique de la surface optique (41) de manière à ce que la molette tournante reposant sur la surface optique (41) exerce sur celle-ci une pression de polissage constante prédéfinie. 45

50

55

Fig.1

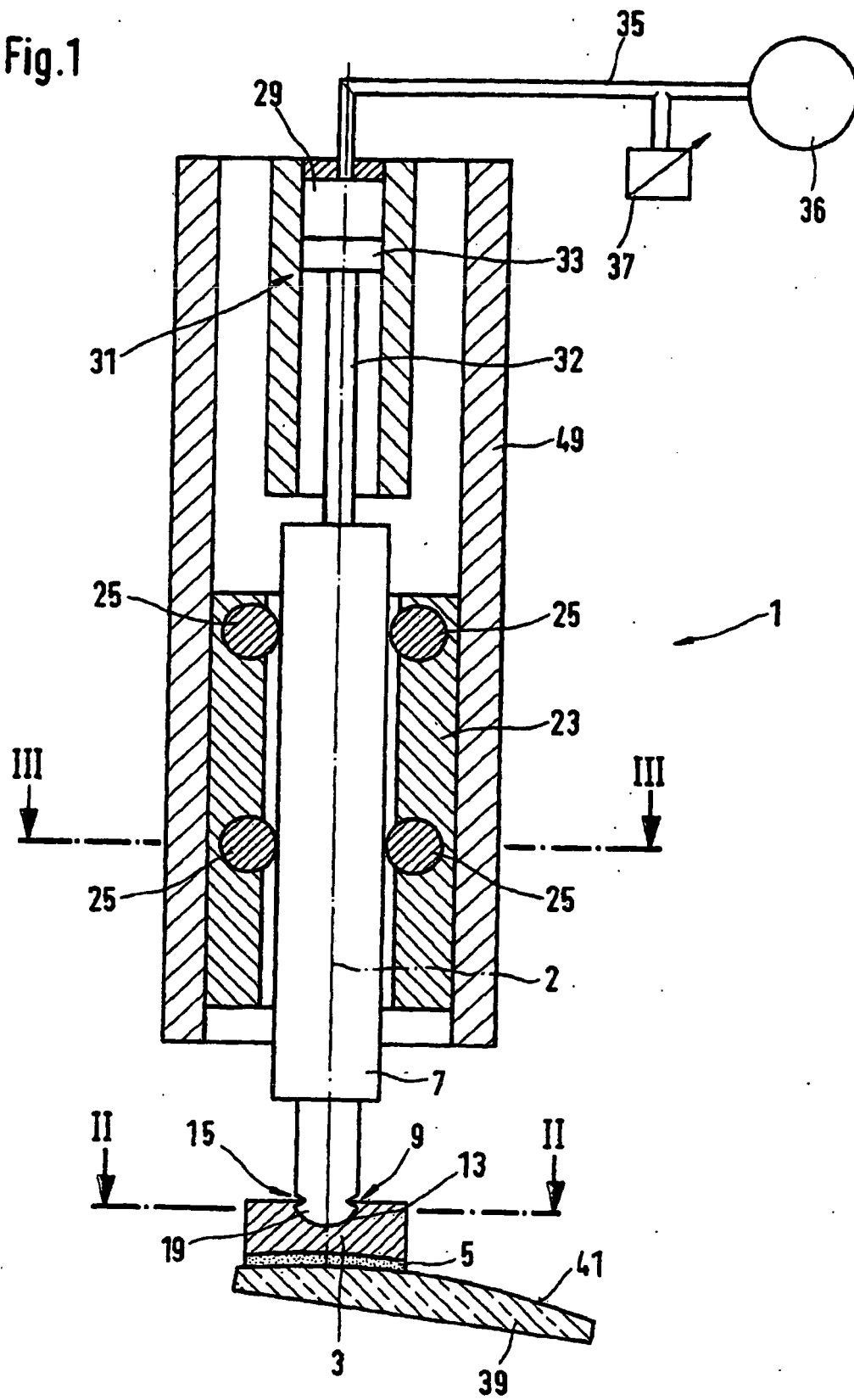


Fig.2

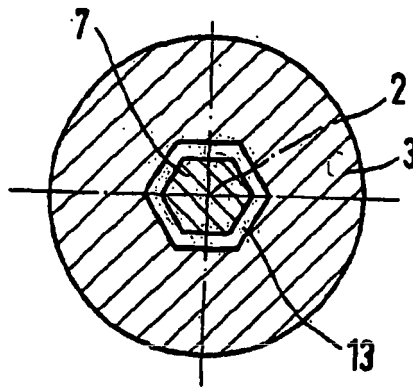


Fig.3

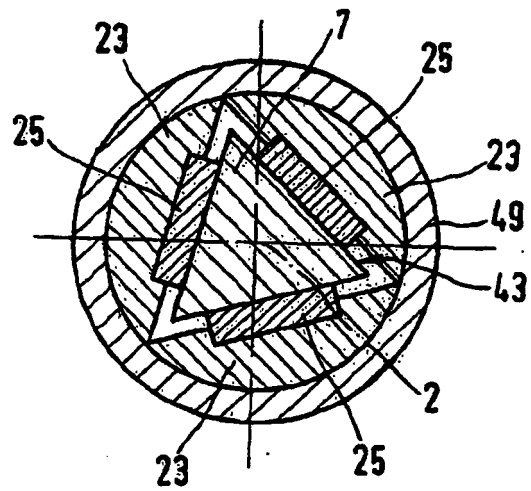
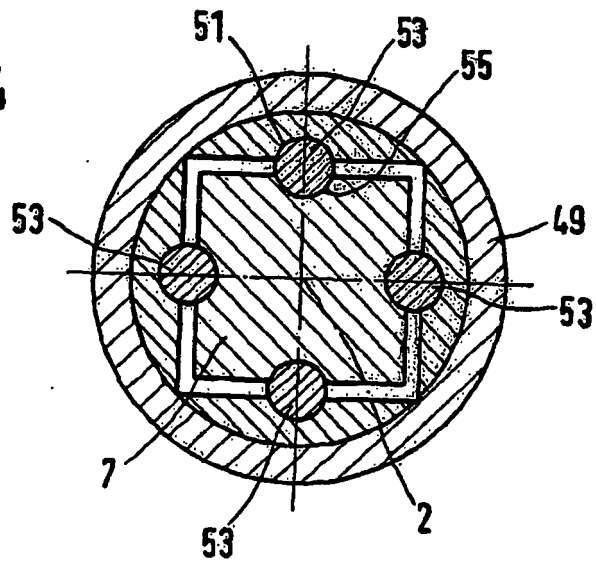


Fig.4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0567894 A1 [0001]
- EP 727280 B1 [0002]
- WO 9700155 A [0003]
- DE 1239211 B [0005]