



(11) **EP 1 386 694 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**  
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**09.01.2013 Patentblatt 2013/02**

(51) Int Cl.:  
**B24B 13/02** (2006.01) **B24B 45/00** (2006.01)  
**B24B 41/04** (2006.01) **B24B 47/10** (2006.01)  
**B24B 49/16** (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**20.05.2009 Patentblatt 2009/21**

(21) Anmeldenummer: **03025546.7**

(22) Anmeldetag: **11.01.2001**

(54) **Verfahren zum Polieren und Poliermaschine**

Method of polishing and polishing machine

Procédé et machine de polissage

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**CH DE FR LI**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**04.02.2004 Patentblatt 2004/06**

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)  
nach Art. 76 EPÜ:  
**01909601.5 / 1 251 997**

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

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

(74) Vertreter: **Gnatzig, Klaus et al**  
**Carl Zeiss**  
**Patentabteilung**  
**73446 Oberkochen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

<b>EP-A1- 0 567 894</b>	<b>EP-A1- 0 835 722</b>
<b>WO-A1-97//00155</b>	<b>DE-A1- 2 252 503</b>
<b>DE-A1- 2 742 307</b>	<b>DE-B- 1 239 211</b>
<b>DE-C1- 4 442 181</b>	<b>DE-T2- 68 903 661</b>
<b>DE-T2- 68 924 819</b>	<b>DE-T2- 69 416 943</b>
<b>DE-U1- 29 803 158</b>	<b>GB-A- 1 011 741</b>
<b>JP-A- 63 232 948</b>	<b>US-A- 3 968 598</b>

- **PATENTABSTRACTS OF JAPAN** vol. 013, no. 022 (M-786), 19. Januar 1989 (1989-01-19) & JP 63 232948 A (CANON INC), 28. September 1988 (1988-09-28)
- **PATENTABSTRACTS 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)
- **PROF. DR.-ING. RASCHER/PROF. DR. RER. NAT. SPERBER: 'IFHEM-Innovatives Fertigungskonzept für High Tech-Flächen' REDAKTION MASCHINENBAU FH DEGGENDORF FORSCHUNGSBERICHT 2002**

**EP 1 386 694 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Polieren einer punkunsymmetrischen Freiformfläche gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Poliermaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7.

**[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- Schleifmaschine, 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]** Das in der DE 1 239 211 B beschriebene kardanisch gelagerte Optik-Schleif-Polierwerkzeug ist für eine konvexe Linse vorgesehen. Die Linse ist auf einem Werkstückträger gefasst. Der Werkstückträger sitzt auf einer fest gelagerten Spindel, die keinen Eigenantrieb hat, jedoch frei drehbar ist.

**[0007]** Aus den Patent Abstracts of Japan Bd. 013, Nr. 022 (M-786), 19. Januar 1989 (1989-01-19) & JP 63232948 A (Canon Inc.), 28 September 1988 (1988-09-28) ist ein Polierwerkzeug bekannt, welches auf einer Welle sitzt. Die Welle trägt einen Rotor, welcher von zwei Zylinderkammern umschlossen ist. Beide Seiten des Rotors können mit einem Luftdruck beaufschlagt werden, um das Polierwerkzeug mit einer vorbestimmten Druckkraft zu beaufschlagen. Zwischen den beiden Zylinderkammern sind Luftauslässe vorgesehen, über welche die auf die beiden Seiten des Rotors geleitete Luft austreten kann, ohne die Druckkraft auf die beiden Zeiten des Rotors zu beeinflussen. Auf diese Weise tritt ein Selbststabilisierungseffekt der Druckkraft des Polierwerkzeugs auf das Werkstück statt.

**[0008]** Es ist Aufgabe der Erfindung ein Verfahren sowie eine Poliermaschine mit einem Polierkopf mit Polierteller zum Polieren einer Freiformfläche bereitzustellen, durch die eine qualitativ hochwertige optische Oberfläche polierbar ist und ein konstanter Polierabtrag auf der gesamten zu polierenden optischen Oberfläche gewährleistet werden kann.

**[0009]** Die Aufgabe der Erfindung wird für das Verfahren durch die im Patentanspruch 1 gegebenen Merkmale gelöst. Die Aufgabe der Erfindung wird für die Poliermaschine durch die im Patentanspruch 7 angegebenen Merkmale gelöst.

**[0010]** Weitere vorteilhafte Maßnahmen sind in weiteren abhängigen Ansprüchen beschrieben.

**[0011]** Gemäß der Erfindung wird der Druck in einer Druckkammer des Polierkopfes in Abhängigkeit von der Oberflächenkontur der optischen Fläche geregelt, so dass der auf der optischen Oberfläche aufliegende Drehteller auf dieselbe einen vorbestimmten konstantes Polierdruck ausübt.

**[0012]** Es wird ein Polierkopf, insbesondere zum Polieren von optischen Flächen, eingesetzt, mit einem Polierteller, der mit einer rotatorisch antreibbaren Antriebswelle verbunden ist, wobei der Polierteller mit der Antriebswelle gelenkig und drehfest verbunden ist.

**[0013]** 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.

**[0014]** Zur Übertragung der Drehbewegung der Antriebswelle auf den Polierteller hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, den Polierteller mit der Antriebswelle mit-

tels Formschluß zu verbinden, so daß die Drehbewegung der Antriebswelle aufgrund des Formschlusses auf den Polierteller übertragen wird.

**[0015]** 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.

**[0016]** Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, der gelenkigen Verbindung ein oder mehrere Rastelemente 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.

**[0017]** Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, dem Polierkopf eine Druckkammer zuzuordnen 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.

**[0018]** 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.

**[0019]** Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt die Antriebswelle mittels eines coaxial angeordneten Hohlzylinders, in dem die Antriebswelle drehfest gelagert ist, über diesen Hohlzylinder anzutreiben. Für die Übertragung der Drehbewegung hat sich eine formschlüssige Verbindung als vorteilhaft erwiesen.

**[0020]** Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, die Antriebswelle in dem Hohlzylinder mittels Lagerelementen, z.B. einer Wälzlagerung oder einer Kugellagerung, translatorisch leicht bewegbar zu lagern. 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.

**[0021]** Schließlich hat es sich als vorteilhaft herausgestellt eine Poliermaschine mit dem geschilderten Polierkopf zu bestücken.

**[0022]** Anhand eines Ausführungsbeispieles wird die Erfindung im folgenden näher beschrieben.

**[0023]** Es zeigt:

- |    |         |  |
|----|---------|--|
| 5  | Figur 1 | eine schematische Skizze des Polierkopfes in einem dessen Mittenachse enthaltenen Schnittes; |
| 10 | 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                                    |
| 15 | Figur 4 | Schnitt entlang der Ebene III - III bei einem alternativen Ausführungsbeispiel.              |

**[0024]** 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.

**[0025]** 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.

**[0026]** Zur Sicherung ist die Verbindung zwischen dem Kugelimbuskopf (19) und dem Polierteller (3) mittels eines Rastelementes (15) gesichert. Als Rastelement können beispielsweise ein Federelement bzw. Federstift am Polierteller, der in eine Ausnehmung am Kugelimbuskopf hinein ragt, vorgesehen sein.

**[0027]** 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.

**[0028]** Die Antriebswelle (7) ist über ein 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.

**[0029]** 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 Kol-

bens (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 Pleuel (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 Druckregelventil (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.

**[0030]** 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.

**[0031]** 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 nicht-rotationssymmetrisches Außenprofil, insbesondere ein Mehrkantprofil auf.

**[0032]** 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.

**[0033]** 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.

**[0034]** 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:

#### [0035]

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
36	Reservoir
37	Druckregelventil
39	Werkstück
41	Optische Fläche
43	Außenprofil
49	Hohlzylinder
51	Längsnuten
53	Kugeln
55	Längsnut in Antriebswelle

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Polieren einer punkunsymmetrischen Freiformfläche mit einem Polierkopf (1) mit Polierteller (3), der drehfest gelenkig mit einer rotationssymmetrisch antreibbaren Antriebswelle (7) verbunden ist,

wobei der Polierteller (3) in gleicher Drehrichtung rotatorisch angetrieben wird, wie die zu polierende optische Freiformfläche,

**dadurch gekennzeichnet,**

**dass** der Druck in einer Druckkammer (29) des Polierkopfes (1) in Abhängigkeit von der Oberflächenkontur der optischen Freiformfläche (41) geregelt wird, so dass der auf der optischen Oberfläche (41) aufliegende Polierteller (3) auf dieselbe einen vorbestimmten konstanten Polierdruck ausübt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu bearbeitende Körper (39) mit annähernd gleicher Drehfrequenz angetrieben wird wie der Polierteller (3).
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Polierteller (3) eine radiale Bewegung relativ zum zu bearbeitenden Körper (39) ausführt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von der radialen Position des Poliertellers (3) die Drehfrequenz des Poliertellers (3) oder der zu polierenden Fläche (41) verändert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Hohlzylinder (49) über einen Antrieb einer Poliermaschine rotatorisch angetrieben wird, wobei die Drehbewegung aufgrund einer drehfesten Verbindung durch ein Lagerelement (23) vollständig auf die Antriebswelle (7) für den Polierkopf übertragen wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kolben (33) mittels genau einer in einem Druckkammerzylinder (31) gebildeten Druckkammer (29) mit Druck beaufschlagt wird.
7. Poliermaschine mit einem Polierkopf mit Druckkammer (29) und Polierteller (3), der drehfest gelenkig mit einer rotatorisch (2) antreibbaren Antriebswelle (7) verbunden ist, wobei der Polierteller (3) dazu ausgelegt ist, in gleicher Richtung rotatorisch zu drehen wie eine zu polierende optische Freiformfläche (41), **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Druck in der Druckkammer (29) eine Druckregelung in Abhängigkeit von der Oberflächenkontur der optischen Fläche (41) zur Ausübung eines vorbestimmten konstanten Polierdruckes auf die optische Oberfläche (41) mit dem auf der optischen Oberfläche (41) aufliegenden Polierteller (3) vorgesehen ist.
8. Poliermaschine nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Hohlzylinder (49) über einen Antrieb der Poliermaschine rotatorisch antreibbar ist,

wobei die Drehbewegung aufgrund einer drehfesten Verbindung durch ein Lagerelement (23) vollständig auf die Antriebswelle (7) für den Polierkopf (1) übertragen wird.

9. Poliermaschine nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kolben (33) vorgesehen ist, der mittels genau einer in einem Druckkammerzylinder (31) gebildeten Druckkammer (29) mit Druck beaufschlagbar ist.

## Claims

1. Method of polishing a non-centrosymmetric freeform surface using a polishing head (1) having a polishing plate (3), which is connected articulatedly to a drive shaft (7), which can be driven in rotation, in a rotationally fixed manner, the polishing plate (3) being rotationally driven in the same direction of rotation as the optical freeform surface to be polished, **characterized in that** the pressure in a pressure chamber (29) of the polishing head (1) is regulated as a function of the surface contour of the optical freeform surface (41), such that the polishing plate (3) resting on the optical surface (41) exerts a predetermined constant polishing pressure on the latter.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the body (39) to be processed is driven at approximately the same rotational frequency as the polishing plate (3).
3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the polishing plate (3) performs a radial movement relative to the body (39) to be processed.
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the rotational frequency of the polishing plate (3) or of the surface (41) to be polished is varied as a function of the radial position of the polishing plate (3).
5. Method according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** a hollow cylinder (49) is rotationally driven via a drive of a polishing machine, the rotary movement being fully transmitted to the drive shaft (7) for the polishing head on account of a rotationally fixed connection by means of a bearing element (23).
6. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** pressure is applied to a piston (33) by means of just one pressure chamber (29) formed in a pressure chamber cylinder (31).
7. Polishing machine having a polishing head with pressure chamber (29) and polishing plate (3), which is connected articulatedly to a drive shaft (7), which can be driven in rotation, in a rotationally fixed man-

ner, the polishing plate (3) being designed to rotate in the same direction as an optical freeform surface (41) to be polished, **characterized in that**, for the pressure in the pressure chamber (29), pressure regulation is provided as a function of the surface contour of the optical surface (41) for exerting a predetermined constant polishing pressure on the optical surface (41) using the polishing plate (3) resting on the optical surface (41).

8. Polishing machine according to Claim 7, **characterized in that** a hollow cylinder (49) can be rotationally driven via a drive of the polishing machine, the rotary movement being fully transmitted to the drive shaft (7) for the polishing head (1) on account of a rotationally fixed connection by means of a bearing element (23).
9. Polishing machine according to either of Claims 7 and 8, **characterized in that** a piston (33) is provided, to which pressure can be applied by means of just one pressure chamber (29) formed in a pressure chamber cylinder (31).

#### Revendications

1. Procédé pour le polissage d'une surface à forme libre sans symétrie ponctuelle avec une tête de polissage (1) avec plateau de polissage (3) qui est relié de manière solidaire en rotation et articulée avec un arbre d'entraînement (7) qui peut être entraîné en rotation, le plateau de polissage (3) étant entraîné en rotation dans la même direction de rotation que la surface à forme libre optique à polir, **caractérisé en ce que** la pression dans une chambre de pression (29) de la tête de polissage (1) est réglée en fonction du contour de surface de la surface à forme libre (41) optique, de sorte que le plateau rotatif reposant sur la surface (41) optique exerce une pression de polissage constante prédéfinie sur cette surface.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le corps (39) à usiner est entraîné avec une fréquence de rotation approximativement identique au plateau de polissage (3).
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le plateau de polissage (3) exécute un mouvement radial par rapport au corps (39) à usiner.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la fréquence de rotation du plateau de polissage (3) ou de la surface à polir (41) est modifiée en fonction de la position radiale du plateau de polissage (3).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'un** cylindre creux (49)

est entraîné par rotation au moyen d'un entraînement d'une machine de polissage, le mouvement de rotation étant transmis du fait d'une liaison solidaire en rotation par un élément de palier (23) complètement à l'arbre d'entraînement (7) pour la tête de polissage.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'un** piston (33) est sollicité en pression au moyen d'exactement une chambre de pression (29) formée dans un cylindre de chambre de pression (31).
7. Machine de polissage avec une tête de polissage avec chambre de pression (29) et plateau de polissage (3) qui est relié de manière solidaire en rotation et articulée avec un arbre d'entraînement (7) qui peut être entraîné en rotation, le plateau de polissage (3) étant conçu pour tourner en rotation dans la même direction qu'une surface à forme libre (41) optique à polir, **caractérisée en ce que**, pour la pression dans la chambre de pression (29), il est prévu un réglage de pression en fonction du contour de surface de la surface (41) optique pour exercer une pression de polissage constante prédéfinie sur la surface (41) optique avec le plateau de polissage (3) reposant sur la surface (41) optique.
8. Machine de polissage selon la revendication 7, **caractérisée en ce qu'un** cylindre creux (49) peut être entraîné en rotation au moyen d'un entraînement de la machine de polissage, le mouvement de rotation étant transmis du fait d'une liaison solidaire en rotation par un élément de palier (23) complètement à l'arbre d'entraînement (7) pour la tête de polissage (1).
9. Machine de polissage selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, **caractérisée en ce qu'il** est prévu un piston (33) qui peut être alimenté en pression au moyen d'exactement une chambre de pression (29) formée dans un cylindre de chambre de pression (31).

Fig.1

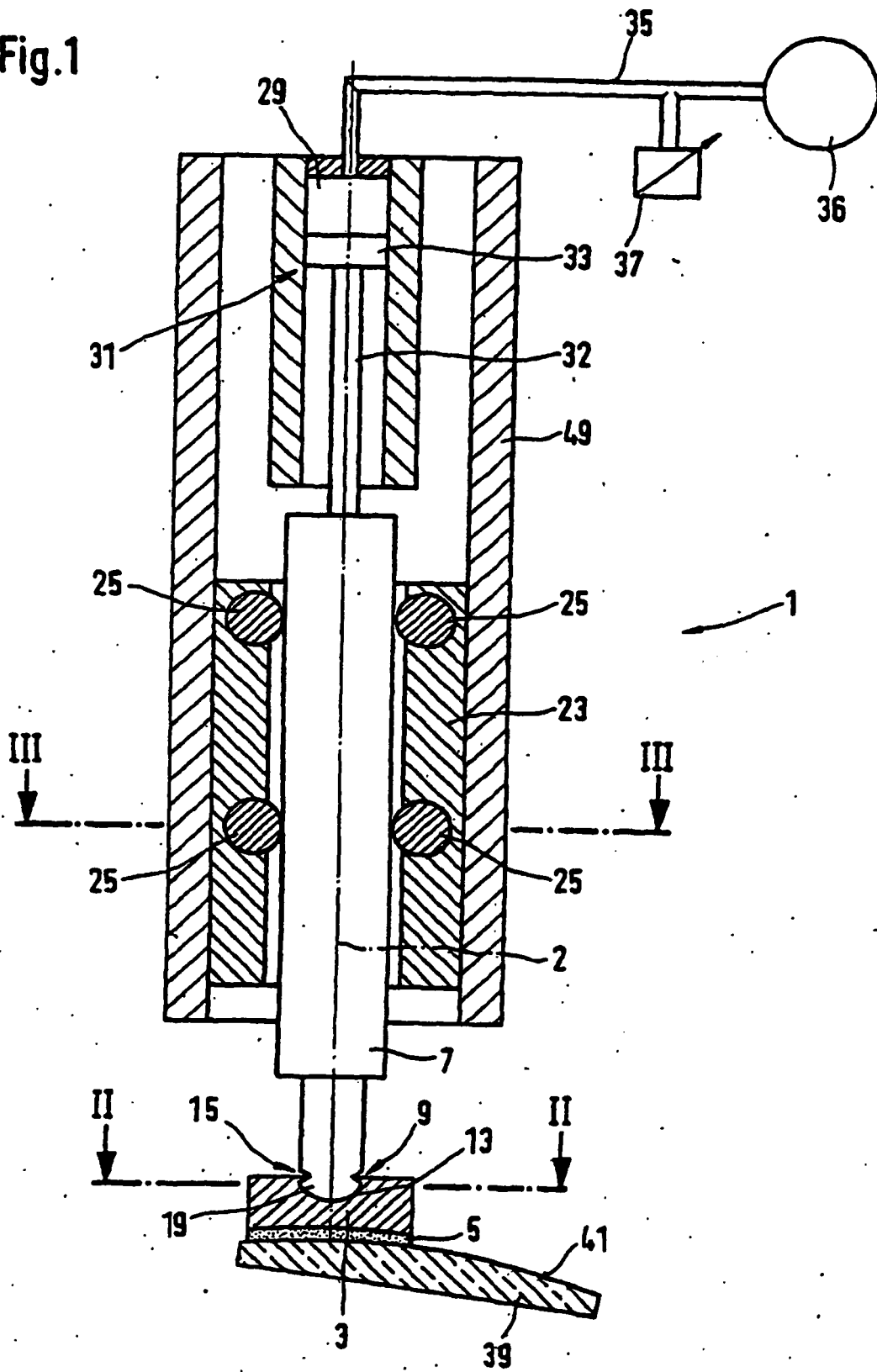


Fig.2

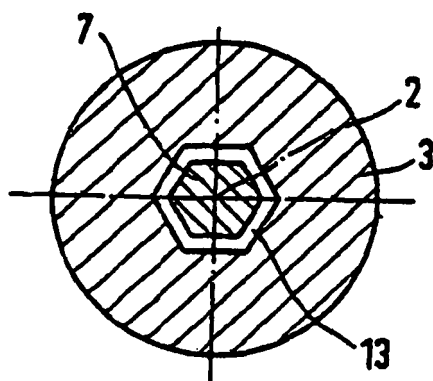


Fig.3

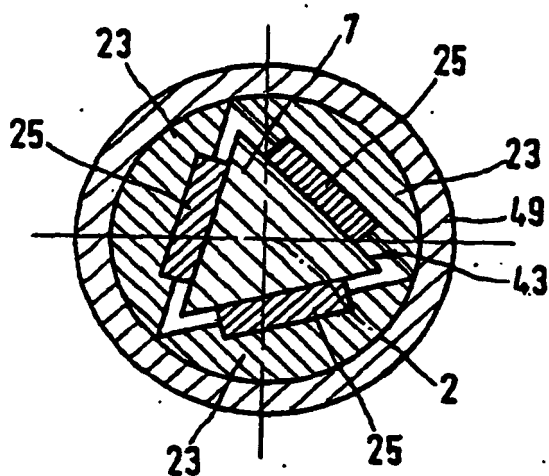
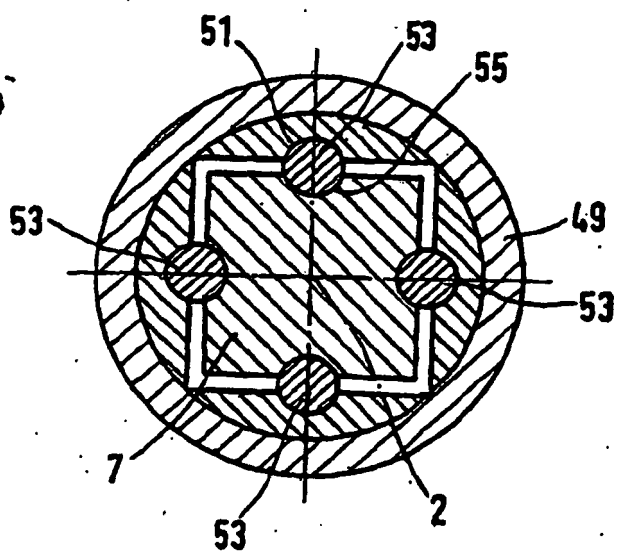


Fig.4



**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 727280 B1 [0002]
- WO 9700155 A [0003]
- DE 1239211 B [0005] [0006]
- JP 63232948 A [0007]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- *Patent Abstracts of Japan*, 19. Januar 1989, vol. 013 [0007]