



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 916 448 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
19.05.1999 Patentblatt 1999/20

(51) Int. Cl.⁶: **B24B 13/00, B24B 41/06**

(21) Anmeldenummer: **98119831.0**

(22) Anmeldetag: **20.10.1998**

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

(72) Erfinder: **Mandler, Roland**
35452 Heuchelheim (DE)

(74) Vertreter:
Knoblauch, Andreas, Dr.-Ing. et al
Kühhornshofweg 10
60320 Frankfurt (DE)

(30) Priorität: **14.11.1997 DE 19750428**

(71) Anmelder:
Optotech Optikmaschinen GmbH
35435 Wettenberg (DE)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum beidseitigen Polieren optischer Linsen**

(57) Bei dem Verfahren zum beidseitigen Polieren optischer Linsen ist vorgesehen, daß beide Seiten der Linse (18) in einer einzigen Maschine poliert werden, wozu mindestens vier Spindeln vorhanden sind, nämlich zwei Werkzeugspindeln (4, 11) mit Polierwerkzeugen (5, 13) und zwei Kombispindeln (6, 10) mit Kombiwerkzeugen (7, 12), die Werkstückaufnahmen (14, 15) und Abrichtwerkzeuge (16, 17) enthalten. Die Linse (18) wird nach dem ersten Poliervorgang von der ersten Werkstückaufnahme ohne zu wenden in die zweite Werkstückaufnahme transportiert und die Linse (18) hierzu, nach dem achsngenauen und höhenrichtigen Positionieren in X- und Z-Richtung der beiden beteiligten Werkstückaufnahmen, durch Beaufschlagen des Innenraums der ersten Werkstückaufnahme mit unter Druck stehender Poliersuspension aus der ersten Werkstückaufnahme heraus- und in die zweite Werkstückaufnahme hineingedrückt. Für das Positionieren der Kombispindeln in X- und Z-Richtung werden nur Bauteile benutzt, die für den Poliervorgang an der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ohnehin vorhanden sind. Nach dem Transport der Linse (18) in die zweite Werkstückaufnahme wird die zweite Seite der Linse (18) mit dem zweiten Formwerkzeug poliert. Die beiden beteiligten Formwerkzeuge werden mit den Abrichtwerkzeugen der zugehörigen Kombiwerkzeuge abgerichtet ohne daß ein Werkzeugwechsel erforderlich ist.

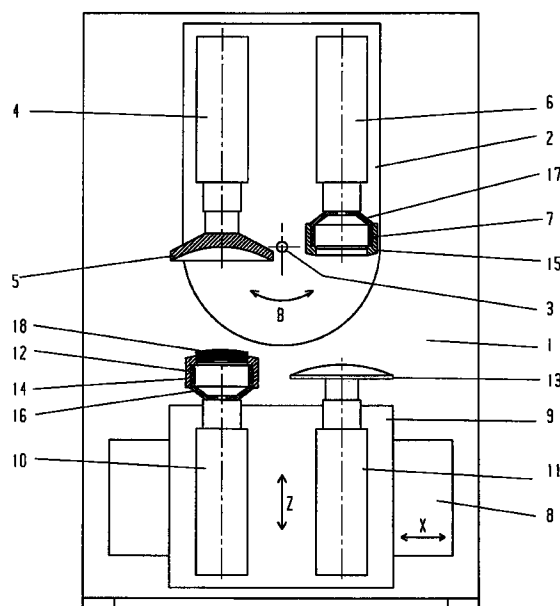


Abb. 1

EP 0 916 448 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum beidseitigen Polieren einer optischen Linse, bei dem die Linse in einer ersten Werkstückaufnahme angeordnet und auf einer ersten Seite poliert wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum beidseitigen Polieren optischer Linsen.

[0002] Optische Linsen werden durch mehrere Schleifvorgänge oder andere spannehmende Bearbeitungsmethoden aus transparenten Materialien hergestellt. Es kann sich dabei um Mineralglas oder geeignete Kunststoffe handeln. An die genannten formgebenden Bearbeitungsvorgänge schließt sich in jedem Fall mindestens ein Poliervorgang an, mit dem die Oberflächenrauigkeit der Linse soweit herabgesetzt wird, daß die Lichtstreuung an der Oberfläche vernachlässigbar wird.

[0003] Bei den heute üblichen Verfahren wird für das Polieren der Linsen etwa die doppelte Zeit benötigt, als für die davorliegenden, formgebenden Bearbeitungsvorgänge. Es ist daher ein besonders wichtiges Entwicklungsziel die Polierzeiten zu verkürzen. Da die eigentliche Polierzeit bei der das Polierwerkzeug an der Linse im Eingriff ist, verfahrensbedingt nicht ohne weiteres gekürzt werden kann, kommt der Reduzierung der Nebenzeiten besondere Bedeutung zu.

[0004] Nach dem Stand der Technik werden Linsen mit folgender Technologie poliert:

[0005] Die Poliermaschinen verfügen über einen obenliegenden Schwenkkopf, der die Werkzeugspindel trägt an deren unterem Ende das Polierwerkzeug - üblicherweise ein Formwerkzeug - befestigt ist. Der Schwenkkopf seinerseits ist, um die sogenannte B - Achse schwenkbar, an einem X - Schlitten befestigt, der horizontale Bewegungen senkrecht zur B - Achse ausführen kann. Im unteren Teil der Poliermaschine befindet sich ein Z - Schlitten, der sich vertikal bewegen kann und die Werkstückspindel mit vertikaler Achse trägt. Die Achsen von Werkzeugspindel und Werkstückspindel liegen in einer gemeinsamen Ebene, die auf der B - Achse senkrecht steht. Beide Spindeln verfügen über einen eigenen Antrieb, der sie in Rotation versetzen kann. Andere Achsaufteilungen sind natürlich ebenso möglich wie eine Vertauschung von oben nach unten.

[0006] Damit die Relativgeschwindigkeit zwischen Formwerkzeug und Linse an jeder Stelle der Linsenoberfläche möglichst optimal ist, muß eine der beiden Spindelachsen beim Polieren schräg gestellt werden. Bei den heute üblichen Poliermaschinen wird dies durch Schwenken des vorgenannten, obenliegenden Schwenkkopfes mit der daran befestigten Werkzeugspindel erreicht, die damit schräg steht. Das Formwerkzeug hat dabei etwa den doppelten Durchmesser wie die Linse, die so an das Werkzeug angelegt wird, daß ihr Rand nicht über das Drehzentrum des Formwerkzeuges hinausreicht. Aus geometrischen Gründen muß der Schnittpunkt der beiden Spindelachsen mit dem

Krümmungsmittelpunkt der Linse zusammenfallen, was nach dem Schrägstellen des Schwenkkopfes durch Verfahren des X - Schlittens und des Z - Schlittens erreicht werden kann.

[0007] Die Formwerkzeuge sind auf der Seite, die beim Polieren an der Linse anliegt, mit einem weichen Material belegt. Durch Zugabe einer Poliersuspension, die feine Feststoffpartikel enthält, wird der erwünschte Materialabtrag erreicht. Wenn auch beim Polieren im wesentlichen nur die Oberflächenrauigkeit vermindert wird, so findet doch im Feinbereich noch eine gewisse Korrektur der Linsenform statt. Aus diesem Grund müssen die Polierwerkzeuge sehr präzise gearbeitet sein und wegen dem beim Polieren auftretenden Verschleiß immer wieder mit einem sogenannten Abrichtwerkzeug nachgearbeitet werden. Früher mußte hierzu die Werkstückaufnahme von der Werkstückspindel entfernt werden, damit das Abrichtwerkzeug an dieser Spindel befestigt werden konnte. Bei diesem Umwechseln der Bauteile kam es zu Toleranzfehlern bezüglich der Achslage von Werkstückaufnahme, Abrichtwerkzeug und Kontur des Formwerkzeuges bedingt durch die natürlichen Toleranzen an den beteiligten Bauteilen. Diese Toleranzfehler in der Achslage der beteiligten Bauteile führte zu einer Minderung der Linsengenauigkeit.

[0008] Neuerdings gibt es Abrichtwerkzeuge, die mit einer Werkstückaufnahme kombiniert sind, nachstehend Kombiwerkzeug genannt. Eine entsprechende Vorrichtung wurde unter dem amtlichen Aktenzeichen 961 07 870.6 beschrieben und zum Patent angemeldet. Bei Verwendung dieser Kombiwerkzeuge werden die vorgenannten Toleranzprobleme vermieden, da ein Auswechseln der Werkstückaufnahme gegen ein Abrichtwerkzeug zum Abrichten des Formwerkzeuges nicht mehr nötig ist.

[0009] Als wesentlicher Nachteil bleibt jedoch bei den heute üblichen Polierverfahren (auch bei Verwendung der Kombiwerkzeuge), daß die zu bearbeitende Linse nach dem Polieren der ersten Oberfläche aus der Werkstückaufnahme entnommen und gedreht werden muß, damit sie in eine zweite Poliermaschine mit dem entsprechenden Formwerkzeug für die zweite Linsenoberfläche eingelegt werden kann. Dieser Vorgang ist zeitaufwendig und birgt außerdem die Gefahr von Beschädigungen an der bereits fertiggestellten ersten Linsenoberfläche.

[0010] Damit die erste, bereits fertiggestellte Linsenoberfläche beim Polieren der zweiten Oberfläche nicht von der Werkstückaufnahme beschädigt wird, muß sie mit einem Schutzlack versehen werden. Das Aufbringen dieses Lackes ist zeitaufwendig, ebenso wie das spätere Entfernen des Schutzlackes. Hinzu kommen unerwünschte Trocknungszeiten und Umweltprobleme beim Verwenden von Lösungsmittelhaltigen Lacken. Desweiteren ist das Aufbringen von Lackschichten sehr homogener Dicke im Hinblick auf die Linsengenauigkeit wünschenswert, in der Praxis jedoch nur schwer zu realisieren.

[0011] Bei den heute üblichen Verfahren zum Polieren von Linsen werden Werkstückaufnahmen benutzt, die im wesentlichen aus einem Hohlzylinder aus Kunststoff bestehen, der in seinem inneren Durchmesser der Linse angepaßt ist, so daß sie in diesen eingelegt werden kann. Im Inneren weist der Hohlzylinder üblicherweise eine Gummimembran auf, die mit Druck beaufschlagt werden kann und sich dann flächig an die Linse anlegt. Dadurch wird diese gegen das Formwerkzeug gedrückt. Wegen der besonderen Eigenschaften und Ungenauigkeiten der Membran ist dieser Anpressdruck zwischen Linse und Formwerkzeug über der Fläche gesehen mit kleinen Unregelmäßigkeiten behaftet. Dies ist ein Nachteil bei den bekannten Vorrichtungen zum Linsenpolieren, der sich ungünstig auf die Linsengenauigkeit auswirkt.

[0012] Es sind auch Vorrichtungen bekannt geworden, bei denen auf diese Membran verzichtet wird. Statt dessen liegt die Linse in der Werkzeugaufnahme zunächst mit ihrem Rand auf einem kleinen Bund auf. Bei Beaufschlagung der Linsenrückseite mit Preßluft hebt sie sich von diesem Bund ab und wird gegen das Formwerkzeug gedrückt. Die Druckverteilung ist jetzt zwar gleichmäßiger, als dies bei Verwendung einer Membran der Fall ist, dafür ergeben sich jedoch andere Nachteile. Da Luft kompressibel ist, ist die Anpressung der Linse an das Formwerkzeug nicht so stabil, wie dies wünschenswert wäre. Außerdem kommt es durch die Luft, die durch den Spalt zwischen Linse und Werkstückaufnahme strömt zum Antrocknen von Poliersuspension an dem Linsenrand, was wegen des erforderlichen Reinigungsaufwandes sehr nachteilig ist. Ungünstig ist auch, daß die beim Polieren entstehende Reibungswärme beim Arbeiten mit Preßluft nur ungenügend abgeführt werden kann, so daß sich die Linse ungleichmäßig erwärmt, was zu Verzug infolge Wärme-
dehnung und damit zu Ungenauigkeiten führen kann.

[0013] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, optische Linsen kostengünstiger und präziser herzustellen, als dies nach dem Stand der Technik bisher möglich ist.

[0014] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß eine zweite Werkstückaufnahme gegenüber der ersten Werkstückaufnahme positioniert wird und die Linse ohne zu wenden in die zweite Werkstückaufnahme übergeben und von der Seite der ersten Werkstückaufnahme her auf ihrer anderen Seite poliert wird.

[0015] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Vorrichtung (Maschine) zur Durchführung des Verfahrens werden zumindest einiger der vorgenannten Nachteile vermieden.

[0016] Beide Seiten der Linse werden also in einer einzigen Maschine poliert. Nach dem ersten Poliervorgang kann die Linse von der ersten Werkstückaufnahme ohne zu wenden in die zweite Werkstückaufnahme transportiert werden. Hierbei kann die Ausrichtung der Linse zur Maschine mit hoher Genauigkeit beibehalten werden. Es ist kein Werkzeug-

wechsel erforderlich, weil für den ersten Poliervorgang ein Werkzeug auf der einen Seite der Linse bereit gehalten werden kann, während für das Polieren der zweiten Seite ein Werkzeug auf der anderen Seite der Linse verfügbar ist. Da die beiden Werkzeuge in der entsprechenden Vorrichtung vorhanden sind, können sie dort bereits mit einer hohen Genauigkeit positioniert und bewegt werden, so daß Fehler, die bei einem Werkzeugwechsel üblicherweise auftreten, vermieden werden können.

[0017] In einer ersten Ausführungsvariante können vier Spindeln vorhanden sein, nämlich zwei Werkzeugspindel mit Polierwerkzeugen und zwei Kombispindeln mit Kombiwerkzeugen, die Werkstückaufnahmen und Abrichtwerkzeuge enthalten, oder - bei einer zweiten Ausführungsvariante - mindestens sechs Spindeln vorhanden sein, nämlich zwei Werkzeugspindeln mit Polierwerkzeugen, zwei Werkstückspindeln mit Werkstückaufnahmen und zwei Abrichtspindeln mit Abrichtwerkzeugen.

[0018] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0019] Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zum beidseitigen Polieren optischer Linsen gelöst mit einer ersten Werkzeugspindel, an der ein erstes Formwerkzeug angeordnet ist, einer zweiten Werkzeugspindel, an der ein zweites Formwerkzeug angeordnet ist, einer ersten Werkstückspindel mit einer Werkstückaufnahme und einer zweiten Werkstückspindel mit einer zweiten Werkstückaufnahme, wobei das erste Formwerkzeug in einer Arbeitsstellung relativ zur ersten Werkstückaufnahme, die erste Werkstückaufnahme in eine Übergabeposition relativ zur zweiten Werkstückaufnahme, in der die beiden Werkstückaufnahmen zueinander ausgerichtet sind, und die zweite Werkstückaufnahme in eine Arbeitsposition relativ zum zweiten Formwerkzeug positionierbar sind und die beiden Formwerkzeuge auf unterschiedliche Seiten der Linse wirken.

[0020] Mit dieser Ausgestaltung wird erreicht, daß das erste Formwerkzeug auf die eine Seite der Linse wirken kann, um sie zu polieren, während das zweite Formwerkzeug auf die andere Seite der Linse wirken kann, um diese zu Polieren. Der Wechsel zwischen den beiden Bearbeitungsvorgängen erfolgt dadurch, daß die Linse aus der ersten Werkstückaufnahme in die zweite Werkstückaufnahme übergeben wird. Da die beiden Werkstückaufnahmen hierbei zueinander ausgerichtet sind, kann die Übergabe erfolgen, ohne daß die Linse gedreht oder gewendet werden muß. Die Formwerkzeuge können mit einer hohen Genauigkeit gegenüber den Werkstückaufnahmen positioniert werden, weil keine Werkzeugwechsel erforderlich sind.

[0021] Weitere Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0022] Dabei werden bei der Vierspindel-Version im oberen und auch im unteren Teil der Poliermaschine je eine Werkzeug- und eine Kombispindel angeordnet. Die beiden Kombispindeln werden in diesem Fall mit dem

vor erwähnten Kombiwerkzeug bestückt, daß sowohl über ein Abrichtwerkzeug, als auch über eine Werkstückaufnahme verfügt.

[0023] Bei der Sechsspindel-Version sind im oberen und auch im unteren Teil der Poliermaschine je eine Werkzeug-, Werkstück- und Abrichtspindel angeordnet. In diesem Fall kann ohne das Kombiwerkzeug gearbeitet werden, d.h. die Werkstückspindel wird mit einer Werkstückaufnahme ausgerüstet, während an der Abrichtspindel ein übliches Abrichtwerkzeug befestigt wird.

[0024] Der nachstehende Text nimmt auf die Vierspindel-Version Bezug, sinngemäß das gleiche gilt jedoch auch für die Sechsspindel-Version.

[0025] Bei einer der Varianten der erfindungsgemäßen Vorrichtung befindet sich im oberen Teil der Maschine ein sogenannter Schwenkkopf, der um die B-Achse geschwenkt werden kann, wobei die B-Achse horizontal angeordnet ist. An dem Schwenkkopf sind die oben liegende Kombispindel und die Werkzeugspindel befestigt, deren beider Achsen parallel sind, in Ruhelage senkrecht stehen und in einer Ebene liegen, die senkrecht zu der B-Achse angeordnet ist. Durch Schwenken des Schwenkkopfes um die B-Achse können die genannten beiden Spindeln gemeinsam schräg gestellt werden. Sie verfügen über einen Antrieb mit dem sie in Rotation versetzt werden können.

[0026] Im unteren Teil der Maschine befinden sich ebenfalls eine angetriebene Kombi- und eine Werkzeugspindel, deren beider Achsen parallel sind, senkrecht stehen und in der gleichen Ebene liegen, wie die beiden darüber liegenden Spindeln. Die beiden unten liegenden Spindeln sind gegenüber den beiden oben liegenden Spindeln rechts-links vertauscht, d.h. paarweise ist immer eine Werkzeugspindel einer Kombispindel in vertikaler Richtung gesehen, zugeordnet.

[0027] Die beiden unten liegenden Spindeln sind an einem Z-Schlitten befestigt, der vertikale Bewegungen erlaubt, wodurch die Spindeln ebenfalls in dieser Richtung verstellt werden können. Der Z-Schlitten seinerseits ist an einem X-Schlitten befestigt, der es gestattet, horizontale Bewegungen senkrecht zur B-Achse auszuführen. Damit ist es möglich, die beiden unten liegenden Spindeln in der X- und Z-Richtung zu verfahren.

[0028] Bei der sechsspindeligen Ausführung wird den beiden oben liegenden und den beiden unten liegenden Spindeln jeweils als dritte Spindel noch eine Abrichtspindel zugeordnet. Von den Vorschubschlitten bzw. dem Schwenkkopf werden dann die angehängten drei Spindeln in der gleichen Art und Weise bewegt wie vorher bei der vierspindeligen Maschine beschrieben.

[0029] Es sind auch weitere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen. So könnten z. B. die beiden oben liegenden Spindeln (Werkzeug- und Kombispindel) an einem eigenem Schwenkkopf befestigt sein, so daß sie unabhängig voneinander aus der vertikalen Lage ausgeschwenkt werden können. Dementsprechend würden auch die

beiden unten liegenden Spindeln (Werkzeug- und Kombispindel) an jeweils einem eigenen Z-Schlitten befestigt. Jeder dieser beiden Z-Schlitten würde an einem separaten X-Schlitten befestigt. Bei der hier beschriebenen Anordnung von insgesamt zwei Schwenkköpfen und jeweils zwei X- und zwei Z-Schlitten ergäbe sich die Möglichkeit, zwei Linsen gleichzeitig zu polieren, woraus sich eine erhebliche Kostenersparnis, sowohl bei den Arbeits- wie auch bei den Investitionskosten, ergibt.

[0030] Die Richtungsangaben "X", "Z" und "B" werden zu Abkürzungszwecken verwendet. Für die hier vorliegende Erläuterung soll angenommen werden, daß die "X"-Richtung eine Ebene in horizontaler Richtung und die "Z"-Richtung die Ebene in vertikaler Richtung aufspannt, während die "B"-Richtung auf dieser Ebene senkrecht steht. Unter Beibehaltung dieser Richtungsangaben relativ zueinander ist es möglich, die absoluten Richtungen im Raum zu ändern.

[0031] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und bei der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist desweiteren vorgesehen, daß die Werkstückaufnahme aus einem becherförmigen Hohlzylinder besteht, in dessen Öffnung die Linse mit ihrem Rand auf einen kleinen Bund aufgelegt wird. Damit die Linse gegen das Polierwerkzeug (Formwerkzeug) gedrückt werden kann, wird der Innenraum der Werkstückaufnahme mit Poliersuspension gefüllt und diese mit einem wählbaren Druck beaufschlagt. Diese hydrostatische Lagerung hat eine ganze Reihe von Vorteilen, auf die später noch eingegangen wird.

[0032] Von der unter Druck stehenden Poliersuspension wird die Linse dann gegen das Formwerkzeug gedrückt und so der erforderliche Polierdruck erzeugt. Die Poliersuspension tritt außerdem aus dem sehr feinen Spalt zwischen Linse und Werkstückaufnahme aus und gelangt so, wie erwünscht, zwischen die Polierflächen des Formwerkzeugs und die zu polierende Oberfläche der Linse.

[0033] Der Verfahrensablauf mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der entsprechenden CNC-gesteuerten Vorrichtung einschließlich der verschiedenen Alternativen ist dann wie folgt:

[0034] Zunächst werden die beiden Formwerkzeuge nacheinander abgerichtet wozu der Schwenkkopf aus seiner Nulllage herausgeschwenkt wird und durch Verfahren in X - und Z - Achse entweder das Kombiwerkzeug (vierspindelige Ausführung) oder das Abrichtwerkzeug üblicher Bauart (sechsspindelige Ausführung) mit dem Formwerkzeug in Kontakt gebracht wird, nachdem beide Spindelantriebe gestartet wurden. Der Abrichtvorgang läuft dann ab, wobei sehr feine Zustellbewegungen in Z - Richtung ausgeführt werden.

[0035] Nach Beendigung des Abrichtvorganges an beiden Formwerkzeugen werden die Spindeln wieder auseinandergefahren und die erste Linse in die Werkstückaufnahme der ersten Werkstückspindel eingelegt. Falls mit dem Kombiwerkzeug abgerichtet wurde, wird dieses jetzt entweder manuell oder automatisch so

umgestellt, daß nun nicht mehr die mit Schleifkörpern besetzte Ringschneide übersteht, sondern die Werkstückaufnahme, ein Kunststoffring mit dem genannten Bund zur Aufnahme der Linse.

[0036] Der Poliervorgang läuft dann ab mit schräggestelltem Schwenkkopf (mit Werkzeugspindel und Formwerkzeug), nachdem die Linse und das Formwerkzeug durch Verfahren in X- und Z-Richtung in Kontakt gebracht wurden. Die aus dem Ringspalt zwischen Werkstückaufnahme und Linse austretende Poliersuspension verteilt sich dabei in idealer Weise zwischen den Polierflächen des Formwerkzeuges und der Linsenoberfläche.

[0037] Die vorbeschriebenen Nachteile, die sich beim Arbeiten mit luftbeaufschlagten Werkstückaufnahmen ergeben, werden bei der hier vorgeschlagenen hydrostatischen Lagerung vermieden. Da die wasserhaltige Suspension praktisch inkompressibel ist wird die Linse stabil und gleichmäßig gegen das Formwerkzeug gedrückt. Durch die gute Wärmeleitung und hohe spezifische Wärme des Wassers wird die Linse auf der Vorder- und Rückseite sehr gut gekühlt und damit auch die vorgenannten unerwünschten Erwärmungen an der Linse vermieden. Außerdem sorgt die aus dem genannten Ringspalt ständig austretende Suspension dafür, daß die Linse auch am Rand feucht bleibt und sich keine angetrockneten Rückstände in diesem Bereich bilden können. Auch die beim Arbeiten mit einer Gummimembran auftretenden Nachteile werden vermieden. Da keine Membran verwendet wird, sondern die Flüssigkeit direkt auf die Linsenrückseite drückt können Ungenauigkeiten infolge ungenauen Membrandrucks nicht auftreten. Die hier genannten Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens führen zu einer ersten Qualitätssteigerung und Kostensenkung beim Polieren von Linsen.

[0038] Wenn im folgenden von der Werkstückaufnahme gesprochen wird, so ist diese immer ein Teil des betreffenden Kombiwerkzeugs.

Ein ganz wesentlicher Vorteil bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht darin, daß die Linse nach dem Polieren der ersten Seite, von der ersten Werkstückaufnahme ohne Handeingriff an die zweite Werkstückaufnahme übergeben werden kann, wo dann das Polieren der zweiten Seite stattfindet. Hierzu wird die Suspension in dem ersten Kombiwerkzeug mit Werkstückaufnahme zunächst druckentlastet und die Werkzeug- und Kombispindel dann in Z-Richtung auseinandergefahren. Anschließend wird der Schwenkkopf in die Nullstellung zurückschwenkt und der X- und Z-Schlitten so verfahren, daß die erste Kombispindel zur zweiten coaxial angeordnet ist, d.h., daß die Achse der ersten Werkstückaufnahme mit der Linse mit der Achse der zweiten Werkstückaufnahme zusammenfällt und sich die beiden Werkstückaufnahmen fast berühren, d.h. im kleinstmöglichen Abstand zu einander stehen. Durch Druckbeaufschlagung der Poliersuspension

in der ersten Werkstückaufnahme wird die Linse hydraulisch aus dieser heraus- und in die zweite Werkstückaufnahme hineingedrückt.

[0039] Die Vorteile sind offensichtlich und wie folgt:

[0040] Ganz besonders vorteilhaft ist, daß die Linsen auf ihren beiden Seiten auf einer einzigen Maschine poliert werden können. Die Investitionskosten sind entsprechend niedriger, da eine zweite Maschine entfallen kann. Auch die Arbeitskosten sind deutlich geringer, als bei den Verfahren entsprechend dem Stand der Technik, da die Linse ohne Handeingriff auf beiden Seiten poliert wird und dazu auf dem kürzesten Wege von der ersten in die zweite Werkstückaufnahme gelangt. Besonders hervorzuheben ist, daß die Linse beim Umwechseln von der ersten Werkstückaufnahme in die zweite nicht gedreht werden muß und keine gesonderten Vorrichtungen für dieses Umwechseln erforderlich sind. Die Linse gelangt von der ersten in die zweite Werkstückaufnahme ausschließlich mit Hilfe von Maschinenteilen, Vorrichtungen und Steuerungselementen, die ohnehin für das Linsenpolieren und unabhängig von diesem Umwechseln erforderlich sind. Dementsprechend niedrig sind die Kosten für die erfindungsgemäße Poliermaschine, die eine zweite Poliermaschine überflüssig macht und außerdem Zwischenlager und Handhabungseinrichtungen für das Umwechseln der Linsen einspart.

[0041] Da die Linsen nach dem Polieren der ersten Seite nicht mehr manuell von der Werkstückaufnahme einer ersten Poliermaschine in die Werkstückaufnahme einer zweiten Poliermaschine gelegt werden müssen, damit die zweite Seite poliert werden kann und auch keine Werkstückaufnahmen mit Gummimembranen benutzt werden, besteht ein weiterer wesentlicher Vorteil darin, daß keine Beschädigungsgefahr an der ersten fertiggestellten Linsenoberfläche gegeben ist. Aus diesem Grunde kann das Aufbringen des vorerwähnten Schutzlackes entfallen. Es entsteht so kein Arbeits- und Investitionsaufwand für diesen Arbeitsgang "Schutzlack aufbringen". Das gleiche gilt naturgemäß für den Arbeitsgang "Schutzlack entfernen".

[0042] Weitere Details zu dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens werden anhand der Abb. 1 bis 3 erläutert. Es wird davon ausgegangen, daß alle Maschinenfunktionen CNC-gesteuert sind. In den Abbildungen wird nur das Grundprinzip anhand der vier Maschinenspindeln und ihrer Lage zueinander dargestellt. Wie bei der vier-spindeligen Maschine vorgesehen, werden in den Abbildungen zwei Kombiwerkzeuge gezeigt (Abrichtwerkzeug mit integrierter Werkstückaufnahme). Im dargestellten Fall sind die beiden oben liegenden Spindeln an einen Schwenkkopf befestigt, der um die B-Achse geschwenkt werden kann, während die beiden unten liegenden Spindeln mit einem Vorschubsystem verbunden sind, das Bewegungen in der X- und Z-Richtung erlaubt. Nicht gezeigt werden die verschiedenen Antriebssysteme und andere Details.

[0043] Prinzipiell sind jedoch auch andere Anordnungen möglich, insbesondere ist auch vorgesehen, die vier Spindeln unabhängig voneinander zu bewegen, um zwei Linsenseiten gleichzeitig polieren zu können, wobei wieder Kombiwerkzeuge zum Einsatz kommen.

[0044] Die sechsspindelige Poliermaschine entspricht in Arbeitsweise und Aufbau der hier gezeigten vierspindeligen Maschine. Bei der Ausführung als sechsspindelige Maschine würde jeweils die Spindel für das Abrichtwerkzeug mit der Spindel für die Werkstückaufnahme an einem gemeinsamen Bewegungssystem befestigt sein.

[0045] In Abb. 1 wird die Maschine - stark schematisiert - als Übersicht dargestellt.

[0046] Abb. 2 zeigt die Übergabe der Linse von der unteren Werkstückaufnahme an die obere.

[0047] In Abb. 3 sind die wesentlichen Bearbeitungsschritte in acht Phasen dargestellt.

Zu Abb. 1:

[0048] An einem Maschinenrahmen (1) ist im oberen Bereich ein Schwenkkopf (2) um die B-Achse (3) schwenkbar gelagert. An dem Schwenkkopf (2) ist die Werkzeugspindel I (4) befestigt, die an ihrem unteren Ende das Formwerkzeug I (5) für eine konvexe Linsenoberfläche trägt. Ebenfalls mit dem Schwenkkopf (2) verbunden ist die Kombispindel II (6), an deren unterem Ende das Kombiwerkzeug II (7) befestigt ist.

[0049] Im unteren Bereich des Maschinenrahmens ist ein X-Schlitten (8) so gelagert, daß er horizontale Bewegungen senkrecht zur B-Achse (3) ausführen kann. Mit dem X-Schlitten (8) ist ein Z-Schlitten (9) verbunden, der senkrechte Bewegungen ermöglicht und die Kombispindel I (10) sowie die Werkzeugspindel II (11) trägt. Am oberen Ende der Kombispindel I (10) ist das Kombiwerkzeug I (12) befestigt, während am oberen Ende der Werkzeugspindel II (11) das Formwerkzeug II (13) angeordnet ist. Das Kombiwerkzeug I (12) besteht aus einem inneren Teil, dem Abrichtwerkzeug I (16), das mit der Kombispindel I (10) verbunden ist und einem äußeren Teil, der Werkstückaufnahme I (14). Analog hierzu besteht das Kombiwerkzeug II (7) aus einem innen liegenden Abrichtwerkzeug II (17), das mit der Kombispindel II (6) verbunden ist und einer außen liegenden Werkstückaufnahme II (15).

Zu Abb. 2:

[0050] In Abb. 2 wird gezeigt, wie die zu bearbeitende Linse (18) von dem Kombiwerkzeug I (12) in das Kombiwerkzeug II (7) transportiert wird. Hierzu wurde die Kombispindel I (10) zunächst durch Verfahren in der X-Achse genau senkrecht unter die Kombispindel II (6) gefahren und anschließend durch Verfahren der Kombispindel I (10) in der Z-Achse erreicht, daß die Werkstückaufnahme I (14) und die Werkstückaufnahme II (15) sich fast berühren. Das Abrichtwerkzeug I (16) und

das Abrichtwerkzeug II (17) sind einerseits mit der Kombispindel I (10) und andererseits mit der Kombispindel II (6) verbunden und tragen die ihnen jeweils zugeordnete Werkstückaufnahme I (14) und Werkstückaufnahme II (15).

[0051] Die Linse (18) befindet sich zunächst in der Werkstückaufnahme I (14) des Kombiwerkzeugs I (12). Sie wird durch Druckbeaufschlagung des mit Poliersuspension gefüllten inneren Hohlraums (19) der Kombispindel I (10) und des Innenraums (20) des Kombiwerkzeugs I (12) mittels hydraulischer Krafteinwirkung in die Werkstückaufnahme II (15) des Kombiwerkzeugs II (7) gedrückt. Bei diesem Vorgang wird der innere Hohlraum (21) der Kombispindel II (6) und damit auch der Innenraum (22) des Kombiwerkzeugs II (7) druckentlastet.

[0052] Die Linse (18) befindet sich damit in Polierposition für die zweite Seite.

[0053] Ein wesentlicher Vorteil bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens besteht darin, daß die bei dem Übergabevorgang der Linse (18) austretende Poliersuspension nicht schädlich ist, da der Poliervorgang ohnehin unter reichlicher Zugabe von Poliersuspension abläuft. Die Verwendung des gleichen Mediums für den Transport der Linse (18) von der Werkstückaufnahme I (14) in die Werkstückaufnahme II (15), das Anpressen der Linse (18) gegen das Formwerkzeug I (5) bzw. das Formwerkzeug II (13) sowie für den Poliervorgang selbst ist damit ein wesentlicher Bestandteil der vorliegenden Erfindung.

Zu Abb. 3:

[0054] In dieser Abbildung wird das Polieren einer Linse (18) einschließlich Abrichten des Formwerkzeugs I (5) und des Formwerkzeugs II (13) in acht Phasenbildern dargestellt. Der Übersichtlichkeit halber wurden nur die vier Spindeln mit den daran befestigten Werkzeugen und der Linse (18) gezeichnet. Insbesondere nicht dargestellt wurde der Schwenkkopf (2). Beim Abrichten der Formwerkzeuge (5) und (13) wie auch bei dem Polieren der Linse (18) werden die Achsen der beteiligten Spindeln schräg zueinander gestellt, wobei der Achsenschnittpunkt im Krümmungsmittelpunkt der Linse (18) bzw. der Formwerkzeuge (5) oder (13) liegen muß.

[0055] Da die bildlichen Darstellungen aus Platzgründen jeweils an der Umrahmung ausgerichtet wurden (rechts u. links = gleicher Abstand zu den Begrenzungslinien), ergibt sich die Verschiebung der Spindeln von Phasenbild zu Phasenbild als relativer Abstand zu dem eingezeichneten Achsenkreuz.

Phasenbild 1 = Grundstellung

[0056] Hier wird die Grundstellung der vier Spindeln der Poliermaschine dargestellt.

Phasenbild 2 = Abrichten von Formwerkzeug I (5)

[0057] Am Kombiwerkzeug I (12) wurde die Werkstückaufnahme I (14) entfernt (manuell oder automatisch) und damit das Abrichtwerkzeug I (16) freigelegt. Der Schwenkkopf (2) wurde schräg gestellt und damit auch die Werkzeugspindel I (4) mit dem Formwerkzeug I (5). Durch Verfahren in X- und Z-Richtung wurde das Abrichtwerkzeug I (16) in Kontakt mit dem Formwerkzeug I (5) gebracht, nachdem zuvor die Antriebe der Kombispindel I (10) und der Werkzeugspindel I (4) gegenläufig gestartet wurden. Durch Vorschub des Abrichtwerkzeugs I (16) in Z-Richtung wird der erwünschte Materialabtrag im Feinbereich erzeugt.

Phasenbild 3 = Abrichten von Formwerkzeug II (13)

[0058] Am Kombiwerkzeug II (7) wurde die Werkstückaufnahme II (15) entfernt (manuell oder automatisch) und damit das Abrichtwerkzeug II (17) freigelegt. Der Schwenkkopf (2) wurde in die andere Richtung schräg gestellt und damit auch die Kombispindel II (6). Durch Verfahren in X- und Z-Richtung wurde das Formwerkzeug II (13) in Kontakt mit dem Abrichtwerkzeug II (17) gebracht, nachdem zuvor die Antriebe für die Kombispindel II (6) und die Werkzeugspindel II (11) gegenläufig gestartet wurden. Durch Vorschub des Formwerkzeugs II (13) in Z-Richtung wird der erwünschte Materialabtrag im Feinbereich erzeugt.

Phasenbild 4 = Einlegen der Linse (18) in die Werkstückaufnahme I (14)

[0059] Am Kombiwerkzeug I (12) wurde die Werkstückaufnahme I (14) und am Kombiwerkzeug II (7) die Werkstückaufnahme II (15) wieder befestigt (manuell oder automatisch). Zur besseren Handhabung wurde der Schwenkkopf (2) in die Nullstellung zurückgeschwenkt, so daß die Achsen der Werkzeugspindel I (4) und der Kombispindel II (6) senkrecht stehen. Durch Verfahren in X- und Z-Richtung wurde die Kombispindel I (10) mit der Werkstückaufnahme I (14) in eine Position gefahren, die das Einlegen der Linse (18) erlaubt (von Hand oder automatisch).

Phasenbild 5 = Polieren der ersten, konvexen Seite von Linse (18)

[0060] Der Schwenkkopf (2) wurde schräg gestellt und damit auch die Werkzeugspindel I (4) mit dem Formwerkzeug I (5). Durch Verfahren in X- und Z-Richtung wurde die Linse (18) in der Werkstückaufnahme I (14) der Kombispindel I (10) in drucklosen Kontakt mit dem Formwerkzeug I (5) gebracht, nachdem zuvor die Antriebe für die Werkzeugspindel I (4) und die Kombispindel I (10) gestartet wurden. Anschließend wird die Poliersuspension über den inneren Hohlraum (19) der Kombispindel I (10) in den Innenraum (20) des Kombi-

werkzeugs I (12) geleitet und unter Druck gesetzt. Dabei legt sich die Linse (18) an das Formwerkzeug I (5) an und die aus dem Ringspalt zwischen der Linse (18) und der Werkstückaufnahme I (14) austretende Poliersuspension sorgt für den gewünschten Materialabtrag beim Polieren. Eine Vorschubbewegung der Maschinenspindel ist nicht erforderlich, da die Linse (18) von der Poliersuspension stetig Richtung Formwerkzeug I (5) gedrückt wird.

Phasenbild 6 = Transport der Linse (18) von der Werkstückaufnahme I (14) in die Werkstückaufnahme II (15)

[0061] Der Schwenkkopf (2) wurde wieder senkrecht gestellt und damit auch die Werkzeugspindel I (4) mit dem Formwerkzeug I (5) und die Kombispindel II (6) mit dem Kombiwerkzeug II (7). Der X-Schlitten und der Z-Schlitten wurden so verfahren, daß die Kombispindel I (10) zur Kombispindel II (6) koaxial ausgerichtet ist, d.h., daß die Achse der Werkstückaufnahme I (14) mit der Achse der Werkstückaufnahme II (15) zusammenfällt und sich die beiden Werkstückaufnahmen (14) und (15) fast berühren, d.h. im kleinstmöglichen Abstand zu einander stehen. Durch Druckbeaufschlagung des inneren Hohlraums (19) der Kombispindel I (10) und damit auch des Innenraums (20) des Kombiwerkzeugs I (12) wird die Linse (18) hydraulisch aus der Werkstückaufnahme I (14) heraus- und in die Werkstückaufnahme II (15) hineingedrückt.

Phasenbild 7 = Polieren der zweiten, konkaven Seite der Linse (18)

[0062] Der Schwenkkopf (2) wurde schräg gestellt und damit auch die Kombispindel II (6) mit dem Kombiwerkzeug II (7) und der Werkstückaufnahme II (15), die die Linse (18) trägt. Durch Verfahren in X- und Z-Richtung wurde das Formwerkzeug II (13) in drucklosen Kontakt mit der Linse (18) gebracht, nachdem zuvor die Antriebe für die Werkzeugspindel II (11) und die Kombispindel II (6) gestartet wurden. Anschließend wird die Poliersuspension über den inneren Hohlraum (21) der Kombispindel II (6) in den Innenraum (22) des Abrichtwerkzeugs II (17) geleitet und unter Druck gesetzt. Dabei legt sich die Linse (18) an das Formwerkzeug II (13) an und die aus dem Ringspalt zwischen der Linse (18) und der Werkstückaufnahme II (15) austretende Poliersuspension sorgt für den gewünschten Materialabtrag beim Polieren.

Phasenbild 8 = Entnahme der fertigpolierten Linse (18)

[0063] Zur besseren Handhabung wurde der Schwenkkopf (2) in die Nullstellung zurückgeschwenkt, so daß die Achsen der Werkzeugspindel I (4) und der Kombispindel II (6) senkrecht stehen. Durch Verfahren

in X- und Z-Richtung wurden die Kombispindel I (10) und die Werkzeugspindel II (11) in eine Position gefahren, in der das Kombiwerkzeug I (12) und das Formwerkzeug II (13) bei der Entnahme (von Hand oder automatisch) der Linse (18) nicht stören.

[0064] Es ist auch vorgesehen, daß vor der Entnahme der Linse (18) diese von der Werkstückaufnahme II (15) in die Werkstückaufnahme I (14) transportiert wird, so daß die Linse (18) aus der unten liegenden Werkstückaufnahme I (14) entnommen werden kann. Diese Variante wurde hier nicht dargestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum beidseitigen Polieren einer optischen Linse (18), bei dem die Linse (18) in einer ersten Werkstückaufnahme (14) angeordnet und auf einer ersten Seite poliert wird, dadurch gekennzeichnet, daß eine zweite Werkstückaufnahme (15) gegenüber der ersten Werkstückaufnahme (14) positioniert wird und die Linse (18) ohne zu wenden in die zweite Werkstückaufnahme übergeben und von der Seite der ersten Werkstückaufnahme (14) her auf ihrer anderen Seite poliert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse (18) in der Werkstückaufnahme (14, 15) von einer unter Druck stehenden Poliersuspension gegen ein Formwerkzeug (5, 13) gedrückt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Linse (18) durch die unter Druck stehende Poliersuspension aus der ersten Werkstückaufnahme (14) heraus- und in die zweite Werkstückaufnahme (15) hineingedrückt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die zum Polieren verwendeten Formwerkzeuge (5, 13) durch Abrichtwerkzeuge (16, 17) abgerichtet werden, wobei für die Positionierung der Abrichtwerkzeuge (16, 17) relativ zu den Formwerkzeugen (5, 13) die gleichen Mittel verwendet werden, wie für die Positionierung der Formwerkzeuge (5, 13) relativ zu den Werkstückaufnahmen (14, 15).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Werkstückaufnahme (14, 15) als Halterung für ein Abrichtwerkzeug (16, 17) verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Werkstückaufnahme (14, 15) und ein Formwerkzeug (5, 13), die auf einer Seite der Linse angeordnet sind, gemeinsam bewegt werden, und eine Werkstückaufnahme (15, 14) und ein Formwerkzeug (13, 5), die auf der anderen Seite der Linse (18) angeordnet sind, ebenfalls gemeinsam bewegt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Werkstückaufnahmen (14, 15) und die beiden Formwerkzeuge (5, 13) unabhängig voneinander bewegt werden.
8. Vorrichtung zum beidseitigen Polieren optischer Linsen (18) mit einer ersten Werkzeugspindel (4), an der ein erstes Formwerkzeug (5) angeordnet ist, einer zweiten Werkzeugspindel (11), an der ein zweites Formwerkzeug (13) angeordnet ist, einer ersten Werkstückspindel mit einer ersten Werkstückaufnahme (14) und einer zweiten Werkstückspindel (10) mit einer zweiten Werkstückaufnahme (15), wobei das erste Formwerkzeug (5) in einer Arbeitsstellung relativ zur ersten Werkstückaufnahme (14), die erste Werkstückaufnahme (14) in einer Übergabeposition relativ zur zweiten Werkstückaufnahme (15), in der die beiden Werkstückaufnahmen (14, 15) zueinander ausgerichtet sind, und die zweite Werkstückaufnahme (15) in einer Arbeitsposition relativ zum zweiten Formwerkzeug (13) positionierbar sind und die beiden Formwerkzeuge (5, 13) auf unterschiedliche Seiten der Linse wirken.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Formwerkzeug (5) und die zweite Werkstückaufnahme (15) in einem Teil einer Maschine (1) und das zweite Formwerkzeug (13) und die erste Werkstückaufnahme (14) in einem anderen Teil der Maschine (1) angeordnet sind, wobei beide Teile auf verschiedenen Seiten einer Ebene liegen.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Werkstückspindeln als Kombispindel (6, 10) ausgebildet ist, bei der die Werkstückaufnahme (14, 15) auf ein Abrichtwerkzeug (16, 17) aufgesetzt ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Kombiwerkzeug (12, 7) von Abrichtbetrieb auf Polierbetrieb umstellbar ist, wobei beim Abrichtbetrieb eine Schneidkante des entsprechenden Abrichtwerkzeugs (16, 17) nach vorne übersteht, während beim Polierbetrieb im vorderen Teil die Werkstückaufnahme (14, 15) angeordnet ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu den ersten und zweiten Werkzeug- und Werkstückspindeln (4, 11, 6, 10) je eine erste Abrichtspindel in einem Teil der Maschine (1) zum Abrichten des

zweiten Formwerkzeugs (13) und eine zweite Abrichtspindel im anderen Teil der Maschine (1) zum Abrichten des zweiten Formwerkzeugs (13) vorgesehen ist.

5

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindeln (4, 6) des einen Teils relativ zu den Spindeln (10, 11) des anderen Teils verschwenkbar und entlang einer ersten Achse (X) und entlang einer zweiten Achse (Z) verschiebbar sind. 10
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Spindeln (4, 6; 10, 11), die in einem Teil des Maschinenrahmens (1) angeordnet sind, jeweils an einer gemeinsamen Bewegungsvorrichtung (2, 9) angeordnet sind. 15
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß eine Bewegungsvorrichtung (2) als Schwenkkopf, der um eine Achse (3) verschwenkbar ist, und die andere als Schlitten (9) ausgebildet ist. 20
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkzeugspindel und die Kombispindel oder die Werkstückspindel und die Abrichtspindel jeweils an einer eigenen Bewegungsvorrichtung angeordnet sind. 25
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Kombispindeln (10, 6) über jeweils einen inneren Hohlraum (19, 21) verfügen, der mit einem Innenraum (20, 22) des jeweiligen Kombiwerkzeugs (12, 7) verbunden ist, und daß diese Hohl- und Innenräume (19-22) mit Poliersuspension, gegebenenfalls unter Druckbeaufschlagung, befüllbar sind. 30
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck der Poliersuspension bei einander gegenüberstehenden Werkstückaufnahmen (14, 15) auf einen Druck bringbar ist, der ausreicht, um die Linse (18) von der einen in die andere Werkstückaufnahme (14, 15) zu verlagern. 35
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Abrichtwerkzeuge (16, 17) als Topfwerkzeuge (Becherform) ausgebildet sind. 40

55

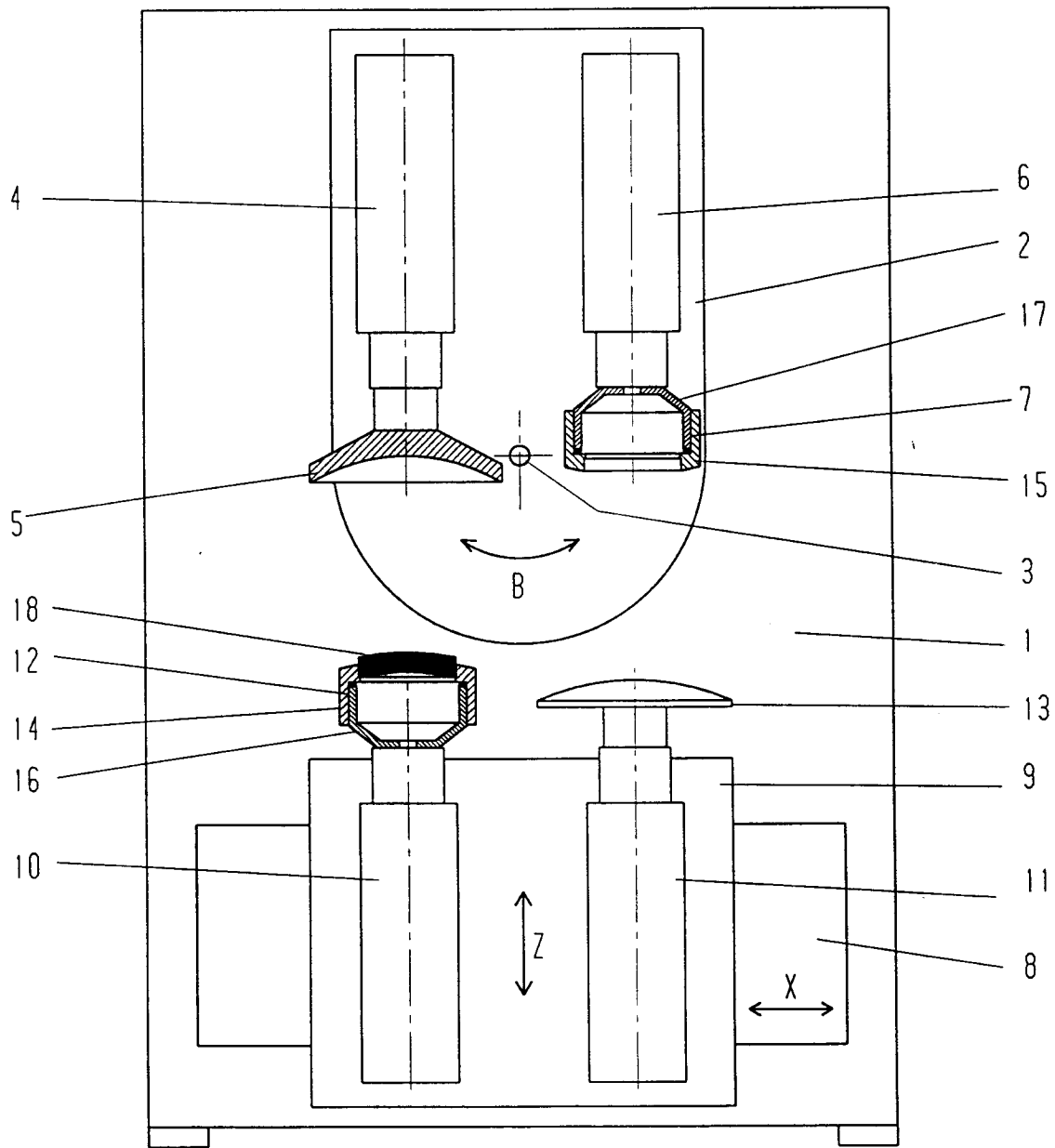


Abb. 1

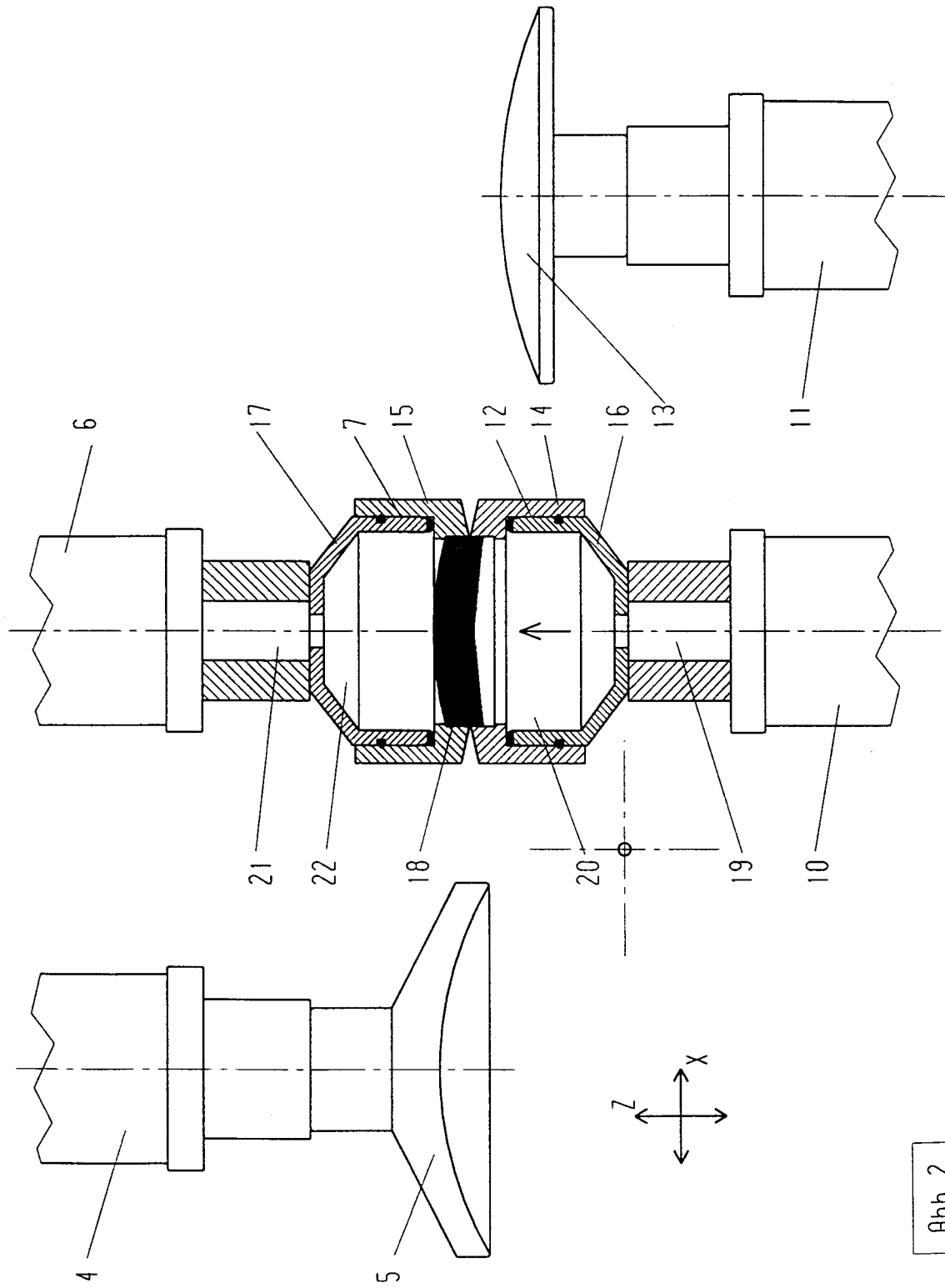


Abb. 2

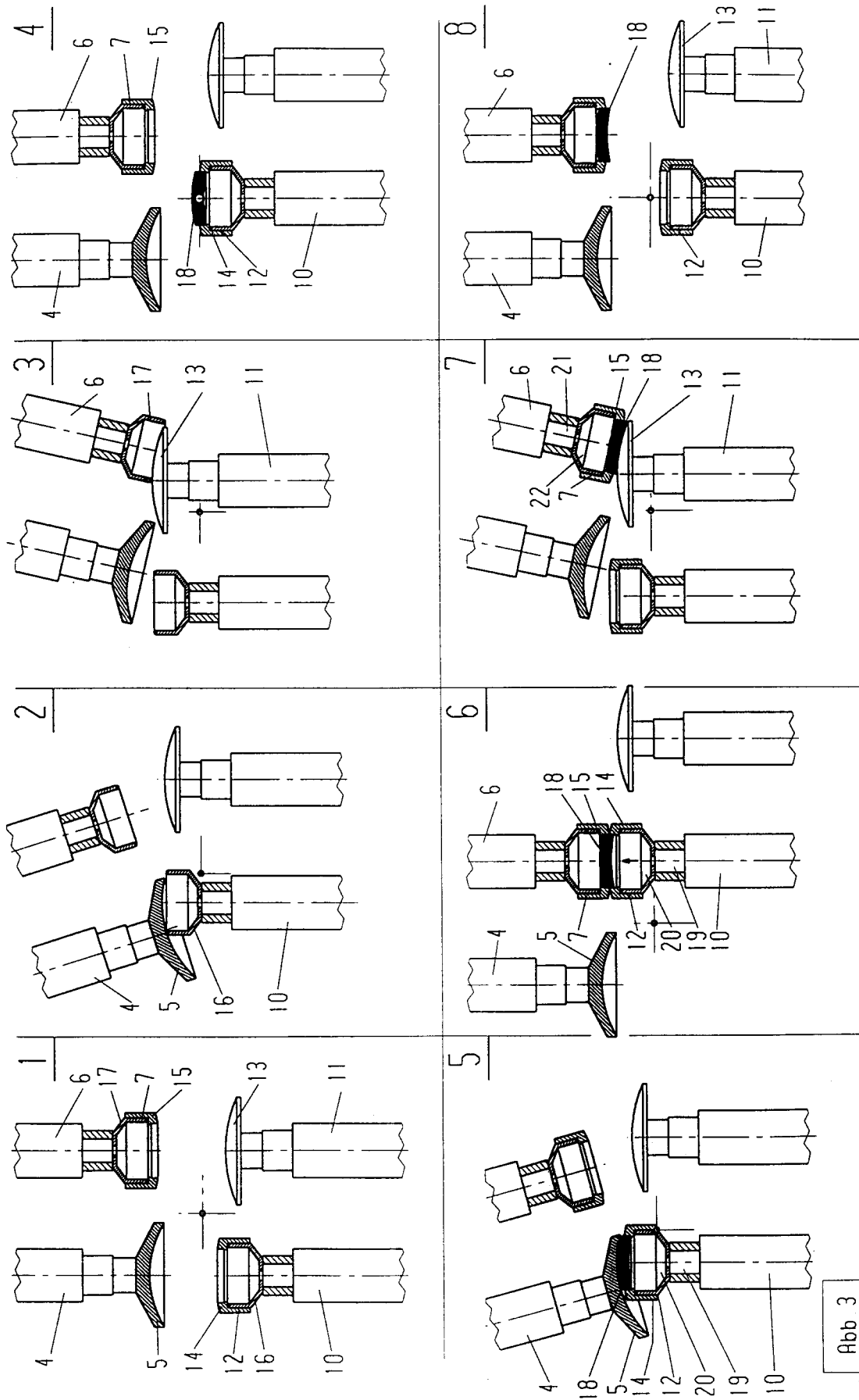


Abb 3