



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 473 116 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
03.11.2004 Patentblatt 2004/45

(51) Int Cl.7: **B24B 13/02**

(21) Anmeldenummer: **04006179.8**

(22) Anmeldetag: **16.03.2004**

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

(30) Priorität: **02.05.2003 DE 10319945**

(71) Anmelder: **Loh Optikmaschinen AG
35578 Wetzlar (DE)**

(72) Erfinder:
• **Granziera, Gilles
60520 Pontarme (FR)**

• **Herold, Reiner
35641 Schöffengrund/Oberquembach (DE)**
• **Philipps, Peter
35794 Dillhausen (DE)**
• **Tross, Karl-Heinz
35630 Ehringshausen (DE)**

(74) Vertreter: **Oppermann, Mark, Dipl.-Ing.
Oppermann & Oppermann
Patentanwälte
Am Wiesengrund 35
63075 Offenbach (DE)**

(54) Werkzeug zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen

(57) Es wird ein Werkzeug (10) zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen (F) offenbart, mit einem Grundkörper (12), der an einer Werkzeugspindel einer Bearbeitungsmaschine anbringbar ist, und einer elastischen Membran (14), die einen Bearbeitungsabschnitt (16) aufweist, an den sich ein Faltenbalgabschnitt (18) anschließt, mittels dessen die Membran drehmitnahmefähig am Grundkörper befestigt ist. Der Grundkörper und die Membran begrenzen eine Druckmittelkammer (20), die über einen Kanal (22) wahlweise mit einem Druckmittel beaufschlagbar ist, um während der Bearbeitung der optisch wirksamen Fläche über den Bearbeitungsabschnitt einen Bearbeitungsdruck aufzubringen. Ein am Grundkörper längsverschieblich geführtes Führungsglied (24) ist mit dem Bearbeitungsabschnitt wirkverbunden, so daß der Bearbeitungsabschnitt in Längsrichtung des Führungsglieds bewegbar und in Querrichtung zum Führungsglied gehalten, gleichwohl unter einer elastischen Verformung des Faltenbalgabschnitts kippbeweglich bezüglich des Führungsglieds ist. Im Ergebnis wird ein einfach ausgebildetes und zuverlässig arbeitendes Werkzeug geschaffen, das ein sehr gutes Anpassungsvermögen an einen weiten Bereich von zu bearbeitenden Geometrien aufweist.

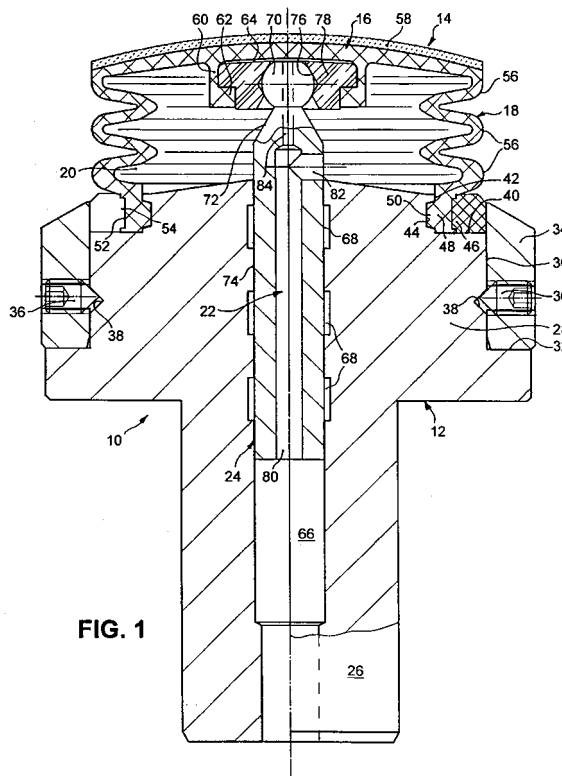


FIG. 1

EP 1 473 116 A1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Werkzeug zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen, wie es z.B. in der Optikfertigung bei der Feinbearbeitung von optischen Linsen Einsatz findet. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Werkzeug zur Feinbearbeitung auch von Freiformflächen und torischen Flächen an Brillengläsern.

[0002] Wenn nachfolgend beispielhaft für optische Werkstücke von "Brillengläsern" die Rede ist, sollen darunter nicht nur Brillenlinsen aus Mineralglas, sondern auch Brillenlinsen aus allen anderen gebräuchlichen Materialien, wie Polycarbonat, CR 39, HI-Index, etc., also auch Kunststoff verstanden werden.

[0003] Die spanende Bearbeitung der optisch wirksamen Flächen von Brillengläsern kann grob in zwei Bearbeitungsphasen unterteilt werden, nämlich zunächst die Vorbearbeitung der optisch wirksamen Fläche zur Erzeugung der rezeptgemäßen Makrogeometrie und sodann die Feinbearbeitung der optisch wirksamen Fläche; um Vorbearbeitungsspuren zu beseitigen und die gewünschte Mikrogeometrie zu erhalten. Während die Vorbearbeitung der optisch wirksamen Flächen von Brillengläsern u.a. in Abhängigkeit vom Material der Brillengläser durch Schleifen, Fräsen und/oder Drehen erfolgt, werden die optisch wirksamen Flächen von Brillengläsern bei der Feinbearbeitung üblicherweise einem Feinschleif-, Läpp- und/oder Poliervorgang unterzogen. Hierbei kommen vornehmlich feste Formwerkzeuge zum Einsatz, die als Auflage für Feinschleiffolien oder Poliermittelträger dienen.

[0004] Im Stand der Technik wurde wiederholt festgestellt (z.B. DE 44 42 181 C1, EP 0 884 135 B1, DE 101 06 007 A1), daß ein Nachteil fester Formwerkzeuge darin zu sehen ist, daß eine große Anzahl von Formwerkzeugen benötigt wird, um die Vielzahl von bei der Rezeptfertigung von Brillengläsern möglichen Linsengeometrien (konvexe bzw. konkave Krümmungen von 0 bis zu 17 Dioptrien, ggf. mit Zylinderwirkung mit bis zu 6 Dioptrien) bei eventuell noch abweichenden Brechungsindizes der verschiedenen Werkstoffe feinbearbeiten zu können. Erschwerend hinzu kommt hier die Tendenz, für Brillen zunehmend auch Mehrsichtgläser in Form sogenannter Gleitsichtgläser zu verwenden, bei denen der Weitsichtbereich gleitend in den Nahsichtbereich übergeht. Wenigstens eine der optisch wirksamen Flächen derartiger Brillengläser hat eine individuell gestaltete Makrogeometrie, die auch Freiformflächen aufweist und natürlich ebenfalls feinbearbeitet werden muß.

[0005] So fehlt es denn im Stand der Technik auch nicht an Vorschlägen, wie Werkzeuge zur Feinbearbeitung optisch wirksamer Flächen auszubilden sind, damit mit einem Werkzeug ein möglichst großer Bereich an Geometrien abgedeckt werden kann.

[0006] In diesem Zusammenhang offenbart die DE 44 42 181 C1 der Anmelderin ein Werkzeug zur Feinbear-

beitung optischer Flächen von Linsen, mit einer einen Bearbeitungsabschnitt aufweisenden elastischen Membran, die über einen Befestigungsabschnitt an einem starren Halter befestigt ist. Der starre Halter begrenzt zusammen mit der elastischen Membran einen Hohlraum, welcher mit einem Füllmaterial gefüllt ist, das als unter bestimmten Bedingungen plastisch verformbare Masse wahlweise steuerbar eine nachgiebige oder starre Stützschiicht für die Membran bildet, so daß vor Beginn der Feinbearbeitung die Außenkontur der Membran der Form der optischen Fläche angepaßt werden kann. Gemäß diesem Stand der Technik weist die Membran des weiteren zwischen ihrem Bearbeitungsabschnitt und ihrem Befestigungsabschnitt einen faltenbalgartigen Abschnitt auf, der bei Kontakt des Bearbeitungsabschnitts mit der optischen Fläche die plastisch verformbare Masse derart mit Kräften beaufschlagt, daß diese den Bearbeitungsabschnitt an die optische Fläche anpreßt, so daß das Werkzeug deren Form nach Erstarren der plastisch verformbaren Masse beibehält. Zwar kann mit diesem Werkzeug ein verhältnismäßig großer Bereich an Linsengeometrien feinbearbeitet werden. Das Erweichen und anschließende Erstarren der plastisch verformbaren Masse erfordert aber u.a. eine geraume Zeit, so daß dieses Werkzeug in der industriellen Fertigung von Brillengläsern nach Rezept nur bedingt eingesetzt werden kann.

[0007] Bei anderen Lösungen (EP 0 884 135 B1, DE 101 06 007 A1), bei denen das Werkzeug ebenfalls in der Lage ist, die feinzubearbeitende Fläche vor der Feinbearbeitung abzuformen, hat das Werkzeug zwei axial beabstandet an einem Grundkörper gehaltene, elastische Membranen, zwischen denen eine Vielzahl von Stiften vorgesehen ist, die durch pneumatische Beaufschlagung der werkzeuginneren Membran in Längsrichtung verschoben werden können, um die werkzeugäußere Membran der feinzubearbeitenden Fläche anzupassen. Ist diese Anpassung erfolgt, werden die Stifte in Querrichtung pneumatisch oder magnetisch gegeneinander fixiert, um am Werkzeug eine feste Bearbeitungsfläche auszubilden. Ein Problem bei diesen Werkzeugen ist jedoch insbesondere darin zu sehen, daß diese Werkzeuge sehr aufwendig ausgebildet und dementsprechend auch störanfällig sind.

[0008] Schließlich sind auch Werkzeuge zum Polieren optischer Flächen bekannt (DE 101 00 860 A1, DE 101 06 659 A1), die einen gelenkig und drehfest mit der Werkzeugspindel verbundenen, festen Grundkörper aufweisen, der auf der Bearbeitungsseite eine elastische Zwischenschicht und darauf die eigentliche Polierschicht trägt. Eine Anpaßfähigkeit dieser Werkzeuge an die feinzubearbeitende optische Fläche ist natürlich nur insofern gegeben, als dies die elastische Zwischenschicht zuläßt, die schon aus Gründen der Polierprozeßbeherrschung nicht beliebig dick ausgebildet werden kann.

[0009] Zusammenfassend ist festzuhalten, daß nach wie vor ein Bedarf für ein anpassungsfähiges Werkzeug

zur Feinbearbeitung von insbesondere Brillengläsern besteht, welches in der industriellen Fertigung von Brillengläsern nach Rezept möglichst universell einsetzbar sowie kostengünstig ist und zugleich in zuverlässiger Weise gute Bearbeitungsergebnisse gewährleistet.

[0010] Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde, ein möglichst einfach ausgebildetes und zuverlässig arbeitendes Werkzeug zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen, insbesondere von Freiformflächen und torischen Flächen an Brillengläsern zu schaffen, das ein gutes Anpassungsvermögen an einen weiten Bereich von zu bearbeitenden Geometrien aufweist.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte und/oder zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 21.

[0012] Erfindungsgemäß hat ein Werkzeug zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen, insbesondere von Freiformflächen und torischen Flächen an Brillengläsern, einen Grundkörper, der an einer Werkzeugspindel einer Bearbeitungsmaschine anbringbar ist, eine elastische Membran, die einen Bearbeitungsabschnitt aufweist, an den sich ein Faltenbalgabschnitt anschließt, mittels dessen die Membran drehmitnahmefähig am Grundkörper befestigt ist, eine von dem Grundkörper und der Membran begrenzte Druckmittelkammer, die über einen Kanal wahlweise mit einem Druckmittel beaufschlagbar ist, um während der Bearbeitung der optisch wirksamen Fläche über den Bearbeitungsabschnitt einen Bearbeitungsdruck aufzubringen, und ein längsverschieblich an dem Grundkörper geführtes Führungsglied, das mit dem Bearbeitungsabschnitt der Membran wirkverbunden ist, so daß der Bearbeitungsabschnitt in Längsrichtung des Führungsglieds bewegbar und in Querrichtung zum Führungsglied gehalten, gleichwohl unter einer elastischen Verformung des Faltenbalgabschnitts kippbeweglich bezüglich des Führungsglieds ist.

[0013] Infolge der Druckbeaufschlagbarkeit der elastischen Membran über die Druckmittelkammer, der Axialbeweglichkeit des mittels des Führungsglieds geführten Bearbeitungsabschnitts der Membran, dessen Kippbeweglichkeit bezüglich des Führungsglieds sowie der elastischen Verformbarkeit des Faltenbalgabschnitts der Membran kann sich das erfindungsgemäße Werkzeug hervorragend an die Geometrie der feinzubearbeitenden Fläche anpassen. Zugleich sorgt das Führungsglied des erfindungsgemäßen Werkzeugs durch Halten des Bearbeitungsabschnitts der Membran in Querrichtung für eine sehr gute Führung des Bearbeitungsabschnitts, und zwar nahe der feinzubearbeitenden Fläche, nachdem das Führungsglied eben mit dem Bearbeitungsabschnitt wirkverbunden ist, so daß die für die Bearbeitung nötigen Torsions- und Querkräfte zuverlässig auf die feinzubearbeitende Fläche übertragen werden können, während unerwünschte Kippmomente vermieden werden. Diese hervorragende An-

paßfähigkeit des Werkzeugs und sehr gute Führung des Bearbeitungsabschnitts der Membran werden auch nicht durch die jedenfalls notwendige Drehmomentübertragung vom Grundkörper des Werkzeugs auf dessen Membran beeinträchtigt, weil diese Drehmomentübertragung über den Faltenbalgabschnitt der Membran erfolgt, also funktional getrennt vom Führungsglied. Dies alles erfordert letztendlich auch keinen komplizierten Aufbau des Werkzeugs. Als Ergebnis der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Werkzeugs kann sich das Werkzeug also einerseits an quasi beliebige Geometrien bzw. Krümmungen der feinzubearbeitenden Flächen anpassen, andererseits aber auch die zur Bearbeitung notwendigen Prozeßkräfte auf beispielsweise eine Feinschleif- oder Polierfolie zuverlässig übertragen. Zugleich ist das Werkzeug in der Lage, kinematische Rauigkeiten der vorbearbeiteten Fläche, wie z.B. Dreh- oder Fräsriefen, durch ein Glätten der Struktur zu beseitigen.

[0014] Grundsätzlich ist es möglich, den Bearbeitungsabschnitt der Membran so auszubilden, daß er im unbelasteten Zustand der Membran eben ist. Bevorzugt wird aber eine Ausgestaltung, bei der der Bearbeitungsabschnitt der Membran im wesentlichen sphärisch vorgeformt ist (den jeweiligen Erfordernissen entsprechend konvex oder konkav), was sich beim Vulkanisieren oder Gießen der Membran leicht bewerkstelligen läßt und wodurch sich der Bearbeitungsabschnitt der Membran noch besser an die feinzubearbeitende Fläche anpassen kann.

[0015] Versuche der Anmelderin haben des weiteren gezeigt, daß ein Faltenbalgabschnitt der Membran, der mindestens zwei Falten aufweist, ein für die Zwecke der vorliegenden Erfindung brauchbares Verformungsvermögen hat. Zur Erzielung eines guten Kompromisses aus Anpaßfähigkeit und Formbeständigkeit des Werkzeugs hat der Faltenbalgabschnitt vorzugsweise drei Falten. Zweckmäßig kann die Membran aus einem elastomeren Werkstoff, insbesondere NBR, EPDM oder PUR mit einer Härte nach Shore A von 45 bis 70, vorzugsweise von 55 bis 60 bestehen.

[0016] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der Bearbeitungsabschnitt der Membran mittels einer flächigen Armierung ausgesteift ist. Durch diese Maßnahme können insbesondere langwellige Unebenheiten, die aus den Vorbearbeitungsstrukturen (kinematische Rauigkeiten in Form von Dreh- oder Fräsriefen) resultieren, infolge eines stärkeren Abtrags der erhabenen Anteile der Dreh- bzw. Frässtruktur besser ausgeglichen werden, wodurch es zu einer Glättung der feinbearbeiteten Fläche kommt. Außerdem sorgt die Armierung für eine verbesserte Druckverteilung bei der Feinbearbeitung. Die Armierung kann im wesentlichen sphärisch vorgeformt sein, was - verglichen mit einer ebenfalls denkbaren, ebenen Ausbildung der Armierung - für eine bessere Verformbarkeit der Armierung und damit bessere Anpaßfähigkeit des Bearbeitungsabschnitts der Membran

an die zu bearbeitende Fläche sorgt.

[0017] Grundsätzlich ist es möglich, die Armierung in den Bearbeitungsabschnitt der Membran schon bei deren Herstellung einzuvulkanisieren oder die Armierung auf den Bearbeitungsabschnitt der Membran von außen oder innen aufzukleben. Bevorzugt wird jedoch eine Ausgestaltung, bei der die Armierung auf der von der Druckmittelkammer abgewandten Seite des Bearbeitungsabschnitts der Membran auf dem Bearbeitungsabschnitt aufvulkanisiert ist.

[0018] In einer weiteren Ausgestaltung kann vorgesehen sein, daß die Armierung aus einem plastisch verformbaren, metallischen Blechabschnitt, insbesondere einem Blechabschnitt aus einer Legierung auf TiZn-Basis besteht. Durch den Einsatz einer solchen Blechlamelle als Armierung wird der Bearbeitungsabschnitt der Membran, der infolge seiner Ausbildung aus einem elastomeren Werkstoff grundsätzlich bestrebt ist, in seine Ausgangsform zurückzukehren, daran gehindert, wodurch in vorteilhafter Weise eine zeitlich gesehen zumindest für den Feinbearbeitungsvorgang bleibende Abformung der zu bearbeitenden Fläche mittels des armierten Bearbeitungsabschnitts möglich ist.

[0019] Für eine bessere Anpassung an nicht-rotationssymmetrische, vor allem torische Flächen, insbesondere solche mit hoher Zylinderwirkung, d.h. starker Abweichung von Basis- und Zylinderkurve, kann die Armierung des Bearbeitungsabschnitts ferner in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Ebenen bzw. in Richtung der Basis- und Zylinderachsen des Torus unterschiedliche Biegesteifigkeiten aufweisen. Dies kann beispielsweise dadurch bewerkstelligt werden, daß die Armierung in kreuzförmiger Anordnung vier Sätze von satzweise jeweils im wesentlichen parallel verlaufenden Schlitzen hat, die sich vom Rand der Armierung nach innen erstrecken und dort an einem schlitzzfreien Bereich der Armierung enden, der im wesentlichen die Form eines beidseitig einwärts geschwungenen "X" aufweist, wodurch die Schlitze in der einen Richtung im Mittel eine andere Länge aufweisen als die Schlitze in der dazu senkrechten Richtung.

[0020] Des weiteren kann an dem Bearbeitungsabschnitt der Membran auf der von der Druckmittelkammer abgewandten Seite eine elastische Zwischenschicht angebracht sein, die aus einem geeigneten elastomeren Werkstoff, beispielsweise einem PUR-Schaumstoff, besteht und eine Härte nach Shore A von 35 bis 60, vorzugsweise von 45 bis 50 aufweist. Eine solche Zwischenschicht bietet sich insbesondere für die Feinbearbeitung von Freiformflächen (FFF) an, um auch Flächenübergänge, z.B. bei Gleitsichtgläsern für Brillen den Übergang vom Weitsichtbereich in den Nahsichtbereich, gut auspolieren zu können.

[0021] Das Führungsglied zur Führung des Bearbeitungsabschnitts der Membran kann z.B. durch eine Hülse ausgebildet sein, die an einem komplementären, am Grundkörper ausgebildeten oder angebrachten Zapfen geführt ist. Insbesondere in herstellungstechnischer

Hinsicht bevorzugt ist jedoch eine Ausgestaltung, bei der das Führungsglied durch einen Stift ausgebildet ist, der längsverschieblich in einer Aufnahmebohrung im Grundkörper geführt ist.

[0022] Um eine möglichst leichtgängige Führung zu erzielen, können zwischen dem Führungsglied und dem Grundkörper Mittel zur Reibungsreduzierung vorgesehen sein. Hier können beispielsweise handelsübliche Gleitlager, Gleitbuchsen aus z.B. PTFE oder Kugellager eingesetzt werden. In einer bevorzugten Ausgestaltung ist die Aufnahmebohrung im Grundkörper mit wenigstens einer Fetttasche als Mittel zur Reibungsreduzierung versehen.

[0023] Grundsätzlich ist es möglich, den Kanal zur Beaufschlagung der Druckmittelkammer etwa als Bohrung durch den eigentlichen Grundkörper des Werkzeugs hindurchzuführen. Vorzugsweise ist der Kanal zur Beaufschlagung der Druckmittelkammer aber in dem Führungsglied ausgebildet. Hierbei hat es sich insbesondere in herstellungstechnischer Hinsicht als zweckmäßig erwiesen, den Kanal mit einer Längsbohrung in dem Führungsglied auszubilden, die über eine Querbohrung in dem Führungsglied mit der Druckmittelkammer kommuniziert.

[0024] Für die Wirkverbindung zwischen dem Führungsglied und dem Bearbeitungsabschnitt der Membran sind verschieden gestaltete Gelenkverbindungen denkbar, die den Bearbeitungsabschnitt in die Lage versetzen, kardanische Ausgleichsbewegungen ausführen zu können. Bevorzugt ist hier eine Wirkverbindung, bei der das Führungsglied über einen in einer Gelenkpfanne verschwenkbar aufgenommenen Kugelpfopf mit dem Bearbeitungsabschnitt der Membran wirkverbunden ist. Dabei kann die Gelenkpfanne durch ein Formteil ausgebildet sein, welches in eine hinterschnittene Aufnahmekammer eingeknüpft ist, die auf der der Druckmittelkammer zugewandten Seite an dem Bearbeitungsabschnitt der Membran ausgebildet ist.

[0025] Wenn schließlich die Aufnahmekammer am Bearbeitungsabschnitt der Membran über einen sich durch den Kugelpfopf hindurch erstreckenden Kanal mit dem Kanal zur Beaufschlagung der Druckmittelkammer kommunizieren kann, ist es in vorteilhafter Weise möglich, auch den oberhalb des Kugelpfopfs befindlichen Bereich des Bearbeitungsabschnitts der Membran mit dem Druckmittel zu beaufschlagen, so daß auch dieser Bereich des Bearbeitungsabschnitts bei der Bearbeitung der optisch wirksamen Fläche individuell an diese angegedrückt wird.

[0026] Im folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert, wobei gleiche oder entsprechende Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine Längsschnittansicht eines Werkzeugs zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen gemäß einem ersten Ausführungs-

beispiel der Erfindung in einem gegenüber der Realität vergrößerten Maßstab,

Fig. 2 eine Längsschnittansicht eines aufgeblockten Brillenglases und des Werkzeugs gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel in einem gegenüber Fig. 1 kleineren Maßstab, wobei sich Brillenglas und Werkzeug im Eingriff befinden,

Fig. 3 eine Längsschnittansicht entsprechend Fig. 2, wobei das Brillenglas und das Werkzeug gegenüber der in Fig. 2 gezeigten Drehstellung jeweils um eine Viertelumdrehung gleichsinnig um ihre Längsachsen weitergedreht wurden,

Fig. 4 eine Längsschnittansicht einer im Bereich ihres Bearbeitungsabschnitts mit einer flächigen Armierung ausgesteiften, elastischen Membran für ein Werkzeug nach einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung in einem gegenüber der Realität vergrößerten Maßstab,

Fig. 5 eine Draufsicht auf die Membran gemäß Fig. 4 mit Darstellung des Schnittverlaufs IV-IV für Fig. 4, wobei gegenüber der Fig. 4 ein Poliermittelträger von der Membran abgenommen wurde, und

Fig. 6 eine Längsschnittansicht einer auf ihrem Bearbeitungsabschnitt mit einer elastischen Zwischenschicht versehenen, elastischen Membran für ein Werkzeug nach einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung in einem gegenüber der Realität vergrößerten Maßstab.

[0027] Gemäß Fig. 1 hat ein Werkzeug 10 zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen F, insbesondere von Freiformflächen und torischen Flächen an Brillengläsern L, einen Grundkörper 12, der an einer Werkzeugspindel (nicht gezeigt) einer an sich bekannten Bearbeitungsmaschine (ebenfalls nicht dargestellt) angebracht werden kann. Des weiteren weist das Werkzeug 10 eine elastische Membran 14 auf, die einen Bearbeitungsabschnitt 16 hat, an den sich ein Faltenbalgabschnitt 18 anschließt, mittels dessen die Membran 14 drehmitnahmefähig am Grundkörper 12 befestigt ist. Der Grundkörper 12 und die Membran 14 begrenzen eine Druckmittelkammer 20 des Werkzeugs 10, die über einen Kanal 22 wahlweise mit einem geeigneten flüssigen oder gasförmigen Druckmittel (z.B. Öl oder Druckluft mit einem Druck von ca. 0,2 bis 0,6 bar) beaufschlagt werden kann, um während der Bearbeitung der optisch wirksamen Fläche F über den Bearbeitungsabschnitt 16 einen Bearbeitungsdruck aufzubringen. Längsverschieblich an dem Grundkörper 12 geführt ist ein Führungsglied 24, das, wie im folgenden noch näher beschrieben werden wird, mit dem Bearbeitungsabschnitt

16 der Membran 14 wirkverbunden ist, so daß der Bearbeitungsabschnitt 16 in Längsrichtung des Führungsglieds 24 bewegbar und in Querrichtung zum Führungsglied 24 gehalten, gleichwohl unter einer elastischen Verformung des Faltenbalgabschnitts 18 der Membran 14 kippbeweglich bezüglich des Führungsglieds 24 ist.

[0028] Der vorzugsweise metallische Grundkörper 12 hat einen Befestigungsabschnitt 26, mittels dessen das Werkzeug 10 lösbar an der Werkzeugspindel (nicht gezeigt) montiert werden kann, sowie einen sich an den Befestigungsabschnitt 26 anschließenden Kopfabschnitt 28, an dem die Membran 14 auswechselbar angebracht ist. Im dargestellten Ausführungsbeispiel weist der Befestigungsabschnitt 26 in einer sehr einfachen Ausgestaltung eine zylindrische Außenumfangsfläche auf. Für einen automatischen Werkzeugwechsel kann der Befestigungsabschnitt aber auch als Steilkegelanschluß ausgeführt sein, mit z.B. einem Hohlkegel gemäß der deutschen Norm DIN 69893. Den jeweiligen Erfordernissen entsprechend ist es ebenfalls denkbar, den Befestigungsabschnitt als Blockstückanschluß auszubilden, wie er in der Rezeptfertigung von Brillengläsern L üblich und in der deutschen Norm DIN 58766 standardisiert ist. Dieser Anschluß kann für etwaige Handhabungssysteme ggf. auch mit einer Greifrinne versehen sein.

[0029] Der Kopfabschnitt 28 des Grundkörpers 12 hat einen zylindrischen Absatz 30, an den sich in Richtung des Befestigungsabschnitts 26 eine Ringschulter 32 anschließt, die eine Anschlagfläche für ein vorzugsweise metallisches Ringteil 34 ausbildet, welches zur Befestigung der Membran 14 am Grundkörper 12 über den Absatz 30 geschoben ist. Das zum Bearbeitungsabschnitt 16 der Membran 14 hin abgeschrägte Ringteil 34 ist mit mehreren über den Umfang verteilten Gewindebohrungen versehen, in die Madenschrauben 36 eingeschraubt sind, welche formschlüssig in im Absatz 30 ausgebildete Aussparungen 38 eingreifen, um das Ringteil 34 zug-, druck- und drehfest am Kopfabschnitt 28 des Grundkörpers 12 festzulegen.

[0030] In Richtung der Membran 14 schließt sich an den Absatz 30 des Kopfabschnitts 28 über eine weitere Ringschulter 40 ein weiterer, im Durchmesser kleinerer zylindrischer Absatz 42 an, der mit einer Radialnut 44 zur formschlüssigen Befestigung der Membran 14 am Grundkörper 12 versehen ist. Ein in axialer Richtung über die Ringschulter 40 vorstehender Bereich einer zylindrischen Innenumfangsfläche des Ringteils 34, die Ringschulter 40 sowie der die Radialnut 44 aufweisende Absatz 42 des Kopfabschnitts 28 begrenzen einen ringförmigen Aufnahmeraum für einen geschlitzten Ring 46 und einen ringförmigen Befestigungsabschnitt 48 des Faltenbalgabschnitts 18 der Membran 14. Mit Hilfe des vorzugsweise aus POM (Polyoxymethylen, z.B. Delrin® von DuPont) bestehenden Rings 46 ist die Membran 14 in Zug- und Druckrichtung formschlüssig und in Umfangsrichtung reibschlüssig, mithin drehfest am Grundkörper 12 befestigt. Genauer gesagt ist der

Befestigungsabschnitt 48 der Membran 14 innen-
umfangsseitig mit einer nach radial innen vorspringen-
den, umlaufenden Nase 50 versehen, die formschlüssig
in die Radialnut 44 des Absatzes 42 am Kopfabschnitt
28 eingreift. Außenumfangsseitig ist der Befestigungs-
abschnitt 48 seinerseits mit einer Radialnut 52 ver-
sehen, in die eine am Innenumfang des Rings 46 aus-
gebildete, nach radial innen vorspringende, umlaufende
Nase 54 formschlüssig eingreift. Der Ring 46 selbst liegt
mit einer zylindrischen Außenumfangsfläche flächig an
der Innenumfangsfläche des Ringteils 34 an. Es ist er-
sichtlich, daß die Membran 14 somit unter Zuhilfenahme
des Ringteils 34 und des Rings 46 fest am Grundkörper
12 gehalten ist.

[0031] Die Membran 14 besteht aus einem elastome-
ren Werkstoff, wie NBR (Elastomer auf Basis Acrylnitril-
Butadien-Styrol-Kautschuk), EPDM (Elastomer auf Ba-
sis Ethylen-Propylen-Dien-Kautschuk) oder einem
PUR-(Polyurethan-)Elastomer (z.B. Vulkollan® von
Bayer), mit einer Härte nach Shore A von 45 bis 70, vor-
zugsweise von 55 bis 60. Im Bereich zwischen dem Be-
festigungsabschnitt 48 und dem Bearbeitungsab-
schnitt 16 hat die Membran 14 gemäß dem dargestell-
ten Ausführungsbeispiel drei Falten 56, wobei die aus-
gehend vom Grundkörper 12 gesehen letzte, d.h. obere
Falte 56 unmittelbar in den Bearbeitungsabschnitt 16
der Membran 14 übergeht. Der Bearbeitungsabschnitt
16 der Membran 14 ist im dargestellten Ausführungs-
beispiel in einer Draufsicht von oben in Fig. 1 gesehen
kreisförmig und weist, wie der Schnitt zeigt, eine im we-
sentlichen sphärische Vorformung auf, so daß der Be-
arbeitungsabschnitt 16 von Grundkörper 12 wegge-
wölbt ist.

[0032] Auf der von der Druckmittelkammer 20 abge-
wandten Außenseite des Bearbeitungsabschnitts 16
der Membran 14 ist ein elastischer und abriebfester
Feinschleif- bzw. Poliermittelträger 58, auch "Polierpad"
genannt, aufgebracht, wie er im Handel erhältlich ist. Auf
der der Druckmittelkammer 20 zugewandten Innenseite
des Bearbeitungsabschnitts 16 der Membran 14 hat der
Bearbeitungsabschnitt 16 im wesentlichen mittig einen
einstückig mit der Membran 14 ausgebildeten, hohlzy-
lindrischen Fortsatz 60, der an seinem freien Ende ei-
nen nach radial innen vorspringenden Bund 62 auf-
weist, so daß der Fortsatz 60 zusammen mit dem Bund
62 eine hinterschnittene Aufnahmekammer 64 be-
grenzt.

[0033] Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungs-
beispiel ist ferner das Führungsglied 24 durch einen Stift
ausgebildet, der längsverschieblich und drehbar in einer
zentralen Aufnahmebohrung 66 im Grundkörper 12 ge-
führt ist, welche sich in Längsrichtung durch den gesam-
ten Grundkörper 12 hindurch erstreckt. Zur Reibungs-
reduzierung zwischen dem Führungsglied 24 und der
Aufnahmebohrung 66 sind im gezeigten Ausführungs-
beispiel drei in axialer Richtung gleichmäßig beabstan-
dete Fettaschen 68 in Form von Radialnuten in der Auf-
nahmebohrung 66 vorgesehen.

[0034] An seinem dem Bearbeitungsabschnitt 16 der
Membran 14 zugewandten Ende hat das Führungsglied
24 einen Kugelkopf 70, der über einen konischen Über-
gangsabschnitt 72 mit einem in der Aufnahmebohrung
66 geführten zylindrischen Hauptteil 74 des Führungs-
glieds 24 verbunden ist. Über den Kugelkopf 70, der ver-
schwenkbar in einer Gelenkpfanne 76 aufgenommen
ist, ist das Führungsglied 24 mit dem Bearbeitungsab-
schnitt 16 der Membran 14 in der Art eines Kugelstift-
gelenks wirkverbunden, so daß der Bearbeitungsab-
schnitt 16 kardanische Ausgleichsbewegungen auszu-
führen vermag. Hierbei ist die Gelenkpfanne 76 durch
ein Formteil 78 ausgebildet, bei welchem es sich um ein
geschlitztes Teil oder, wie im dargestellten Ausführ-
ungsbeispiel, um ein in Grenzen elastisches Kunst-
stoffteil handelt, damit der Kugelkopf 70 in die Gelenk-
pfanne 76 eingeknüpft werden kann. Das Formteil 78
selbst ist, wie sich ohne weiteres aus Fig. 1 ergibt, in die
hinterschnittene Aufnahmekammer 64 am Bearbei-
tungsabschnitt 16 der Membran 14 eingeknüpft, in der
es durch den Bund 62 am Fortsatz 60 formschlüssig ge-
halten wird.

[0035] Wie weiterhin der Fig. 1 zu entnehmen ist, ist
der Kanal 22 zur Druckbeaufschlagung der Druckmittel-
kammer 20 in dem Führungsglied 24 ausgebildet, wobei
der Kanal 22 in dem Führungsglied 24 eine Längsboh-
rung 80 aufweist, die über eine Querbohrung 82 nahe
dem Übergangsabschnitt 72 mit der Druckmittelkam-
mer 20 kommuniziert. An das Ende der Längsbohrung
80 schließt sich ein weiterer Kanal in Form einer durch-
messerkleineren Bohrung 84 an, welche sich durch den
Kugelkopf 70 des Führungsglieds 24 hindurch erstreckt,
so daß die Aufnahmekammer 64 am Bearbeitungsab-
schnitt 16 der Membran 14 mit dem Kanal 22 kommu-
nizieren kann oder, mit anderen Worten gesagt, die Auf-
nahmekammer 64 ebenfalls mit dem Druckmittel beauf-
schlagbar ist.

[0036] Es ist ersichtlich, daß der Bearbeitungsab-
schnitt 16 der Membran 14 mittels des Führungsglieds
24 in Querrichtung gegenüber dem Grundkörper 12 ab-
gestützt ist. Zugleich kann das Führungsglied 24 dem
Bearbeitungsabschnitt 16 in axialer Richtung folgen,
wenn die Druckmittelkammer 20 über den Kanal 22 mit
dem Druckmittel beaufschlagt oder aber der Bearbei-
tungsabschnitt 16 der Membran 14 durch äußere Ein-
wirkung in Richtung des Grundkörpers 12 gedrückt wird.
Außerdem kann der Bearbeitungsabschnitt 16 der
Membran 14 mit dem in die Aufnahmekammer 64 ein-
geknüpften Formteil 78 insgesamt an dem Kugelkopf 70
des Führungsglieds 24 verkippen, wobei der Faltenbal-
gabschnitt 18 der Membran 14 entsprechend verformt
wird.

[0037] Diese Bewegungsmöglichkeiten des Bearbei-
tungsabschnitts 16 der Membran 14 werden in den Fig.
2 und 3 veranschaulicht. Hier befindet sich das Werk-
zeug 10 mit dem Bearbeitungsabschnitt 16 der Mem-
bran 14 in Eingriff mit der zu bearbeitenden optisch wirk-
samen Fläche F eines Brillenglases L, die eine torische

Geometrie aufweist. Das Brillenglas L ist auf einem Blockstück 86 aufgeblockt, wie es aus der deutschen Norm DIN 58766 bekannt ist. In Fig. 3 wurden gegenüber Fig. 2 lediglich das Blockstück 86 mit dem Brillenglas L und das Werkzeug 10 gleichsinnig um 90° um ihre jeweilige Achse weitergedreht, ohne daß eine Bewegung des gesamten Werkzeugs 10 bzw. des Blockstücks 86 in vertikaler oder horizontaler Richtung erfolgte, und auch ohne Schwenkbewegung zwischen Brillenglas L und Werkzeug 10.

[0038] Bei der Feinbearbeitung der zu bearbeitenden optisch wirksamen Fläche F des Brillenglases L, die auf an sich bekannte Weise mittels nicht gebundenem Korn erfolgt, welches mittels einer geeigneten Flüssigkeit zur Eingriffsstelle zwischen Werkzeug 10 und Brillenglas L zugeführt wird, werden das Werkzeug 10 und das Brillenglas L in ebenfalls an sich bekannter Weise im wesentlichen synchron, d.h. gleichsinnig und im wesentlichen mit der gleichen Drehzahl (ca. 800 bis 1000 Umdrehungen pro Minute) angetrieben, wobei das Werkzeug 10 und das Brillenglas L zugleich relativ zueinander verschwenkt werden, so daß sich der Eingriffsbereich zwischen Werkzeug 10 und Brillenglas L laufend ändert. Diese Feinbearbeitungsverfahren, bei denen etwa im Fall der Bearbeitung von Freiformflächen die Schwenkbewegung in fester Einstellung um den Mittelpunkt eines "Best Fit Radius", d.h. eines angenäherten Mittelpunkts der zu bearbeitenden Fläche F des Brillenglases L erfolgt oder aber die Relativbewegung zwischen Werkzeug 10 und Brillenglas L durch ein bahngesteuertes Verfahren in zwei CNC-Linearachsen und einer CNC-Schwenkachse erzeugt wird, sind dem Fachmann hinlänglich bekannt und sollen deshalb an dieser Stelle nicht näher beschrieben werden.

[0039] Die Fig. 4 bis 6 zeigen Membranen 14 für ein zweites bzw. drittes Ausführungsbeispiel des Werkzeugs 10, die nachfolgend nur insoweit beschrieben werden sollen, als sie sich vom unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 3 beschriebenen ersten Ausführungsbeispiel unterscheiden. Da sich im übrigen der Aufbau des Werkzeugs 10 gemäß dem zweiten und dritten Ausführungsbeispiel nicht weiter vom Aufbau des Werkzeugs 10 gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel unterscheidet, wurde auf eine nochmalige Darstellung der weiteren Teile (Grundkörper 12, Führungsglied 24, etc.) verzichtet.

[0040] Gemäß den Fig. 4 und 5 ist der Bearbeitungsabschnitt 16 der Membran 14 mittels einer flächigen Armierung 88 ausgesteift, die entsprechend Fig. 4 im wesentlichen sphärisch vorgeformt und auf der von der Druckmittelkammer 20 abgewandten Seite des Bearbeitungsabschnitts 16 der Membran 14 auf dem Bearbeitungsabschnitt 16 aufvulkanisiert ist. Die Armierung 88 ist hier durch einen plastisch verformbaren, metallischen Blechabschnitt ausgebildet, der vorzugsweise aus einer TiZn-Legierung besteht.

[0041] Durch diese Armierung 88 werden zwei Haupteffekte erzielt: Zum einen steift die Armierung 88 den

Bearbeitungsabschnitt 16 der Membran 14 derart aus, daß der Bearbeitungsabschnitt 16 nicht so nachgiebig ist, daß er sich auch an langwellige kinematische Rauigkeiten anpassen kann, wie sie entstehen können, wenn die Vorbearbeitung der Brillengläser L mittels Drehen oder Fräsen erfolgt, vielmehr hinreichend steif ist, um diese Rauigkeiten zu glätten. Zum anderen ist die Armierung 88 infolge ihrer plastischen Verformbarkeit in der Lage, dem Bearbeitungsabschnitt 16 den jeweiligen Bearbeitungserfordernissen entsprechend eine vorwählbare Geometrie zu geben, wobei die Armierung 88 wiederum infolge ihrer Eigensteife verhindert, daß der Bearbeitungsabschnitt 16, der aufgrund seiner Ausbildung aus einem Elastomer ein Formerinnerungsvermögen ("Memory") hat, seine Geometrie selbst vorgibt.

[0042] Bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Armierung 88 darüber hinaus speziell für die Feinbearbeitung von nicht-rotationssymmetrischen, insbesondere torischen Flächen F ausgebildet, indem ihr in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Ebenen unterschiedliche Biegesteifigkeiten gegeben wurden. Dies wurde hier, wie in Fig. 5 gezeigt, durch eine kreuzförmige Anordnung von vier Sätzen von satzweise jeweils im wesentlichen parallel verlaufenden Schlitten 90, 92 bewerkstelligt, die sich vom Rand 94 der Armierung 88 nach innen erstrecken und dort an einem schlitzfreien Bereich 96 der Armierung 88 enden, der im wesentlichen die Form eines beidseitig einwärts geschwungenen "X" aufweist. Mit anderen Worten gesagt werden im dargestellten Ausführungsbeispiel die Schlitten 90 jedes Satzes von Schlitten 90 an ihrem inneren Ende von einem gedachten Kreisbogen K90 begrenzt (in Fig. 5 nur für die linke Seite dargestellt), der um einen auf der Achse BK liegenden Mittelpunkt M geschlagen wurde. Ein gedachter Kreisbogen K92, der um denselben Mittelpunkt M mit einem größeren Radius geschlagen wurde und durch das Zentrum Z der Armierung 88 verläuft, begrenzt die benachbarten äußeren Schlitten 92 der beiden anderen Sätze von Schlitten 92. In Fig. 5 geben die Ziffern BK und ZK im übrigen die Ausrichtung der Armierung 88 bezüglich der Basiskurve bzw. Zylinderkurve der feinzubearbeitenden torischen Fläche F an.

[0043] Auch bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist eine Armierung 88 vorgesehen. Zudem hat die Membran 14 gemäß diesem Ausführungsbeispiel eine elastische Zwischenschicht 98, die auf der von der Druckmittelkammer 20 abgewandten Seite des Bearbeitungsabschnitts 16 oberhalb der Armierung 88 an dem Bearbeitungsabschnitt 16 der Membran 14 mittels eines geeigneten Klebstoffs angebracht ist und den gleichen Außendurchmesser aufweist wie der Bearbeitungsabschnitt 16. Die Zwischenschicht 98 besteht hier aus einem PUR-(Polyurethan-)Schaumstoff (z.B. Aclacell® von den Aclawerken) und hat eine Härte nach Shore A von 35 bis 60, vorzugsweise von 45 bis 50. Diese Zwischenschicht 98 ist in erster Linie für die Feinbearbeitung von Freiformflächen vorgesehen, damit an diesen auch Übergänge zwischen Flächenbereichen

von unterschiedlicher Geometrie sauber auspoliert werden können.

[0044] Schließlich zeigt die Fig. 6 noch eine dünne Schicht 100 zwischen der Zwischenschicht 98 und dem Poliermittelträger 58. Diese Schicht 100, die aus einem Gummiwerkstoff mit einer Härte nach Shore A von ca. 60 bis 70 besteht und wiederum mittels eines geeigneten Klebstoffs befestigt ist, dient der Haftvermittlung zwischen Zwischenschicht 98 und Poliermittelträger 58.

[0045] Es wird ein Werkzeug zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen offenbart, mit einem Grundkörper, der an einer Werkzeugspindel einer Bearbeitungsmaschine anbringbar ist, und einer elastischen Membran, die einen Bearbeitungsabschnitt aufweist, an den sich ein Faltenbalgabschnitt anschließt, mittels dessen die Membran drehmitnahmefähig am Grundkörper befestigt ist. Der Grundkörper und die Membran begrenzen eine Druckmittelkammer, die über einen Kanal wahlweise mit einem Druckmittel beaufschlagbar ist, um während der Bearbeitung der optisch wirksamen Fläche über den Bearbeitungsabschnitt einen Bearbeitungsdruck aufzubringen. Ein am Grundkörper längsverschieblich geführtes Führungsglied ist mit dem Bearbeitungsabschnitt der Membran wirkverbunden, so daß der Bearbeitungsabschnitt in Längsrichtung des Führungsglieds bewegbar und in Querrichtung zum Führungsglied gehalten, gleichwohl unter einer elastischen Verformung des Faltenbalgabschnitts kippbeweglich bezüglich des Führungsglieds ist. Im Ergebnis wird ein einfach ausgebildetes und zuverlässig arbeitendes Werkzeug geschaffen, das ein sehr gutes Anpassungsvermögen an einen weiten Bereich von zu bearbeitenden Geometrien aufweist.

Bezugszeichenliste

[0046]

10 Werkzeug
12 Grundkörper
14 Membran
16 Bearbeitungsabschnitt
18 Faltenbalgabschnitt
20 Druckmittelkammer
22 Kanal
24 Führungsglied
26 Befestigungsabschnitt
28 Kopfabschnitt
30 Absatz
32 Ringschulter
34 Ringteil
36 Madenschraube
38 Aussparung
40 Ringschulter
42 Absatz
44 Radialnut
46 Ring
48 Befestigungsabschnitt

50 Nase
52 Radialnut
54 Nase
56 Falte
58 Poliermittelträger
60 Fortsatz
62 Bund
64 Aufnahmekammer
66 Aufnahmebohrung
68 Fettasche
70 Kugelkopf
72 Übergangsabschnitt
74 Hauptteil
76 Gelenkpfanne
78 Formteil
80 Längsbohrung
82 Querboreung
84 Bohrung
86 Blockstück
88 Armierung
90 Schlitz
92 Schlitz
94 Rand
96 schlitzfreier Bereich
98 Zwischenschicht
100 Schicht
BK Basiskurve
F optisch wirksame Fläche
K90 Kreisbogen
K92 Kreisbogen
L Brillenglas
M Mittelpunkt
Z Zentrum
ZK Zylinderkurve

Patentansprüche

1. Werkzeug (10) zur Feinbearbeitung von optisch wirksamen Flächen (F), insbesondere von Freiformflächen und torischen Flächen an Brillengläsern (L), mit
einem Grundkörper (12), der an einer Werkzeugspindel einer Bearbeitungsmaschine anbringbar ist,
einer elastischen Membran (14), die einen Bearbeitungsabschnitt (16) aufweist, an den sich ein Faltenbalgabschnitt (18) anschließt, mittels dessen die Membran (14) drehmitnahmefähig am Grundkörper (12) befestigt ist,
einer von dem Grundkörper (12) und der Membran (14) begrenzten Druckmittelkammer (20), die über einen Kanal (22) wahlweise mit einem Druckmittel beaufschlagbar ist, um während der Bearbeitung der optisch wirksamen Fläche (F) über den Bearbeitungsabschnitt (16) einen Bearbeitungsdruck aufzubringen, und

einem längsverschieblich an dem Grundkörper (12) geführten Führungsglied (24), das mit dem Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) wirkverbunden ist, so daß der Bearbeitungsabschnitt (16) in Längsrichtung des Führungsglieds (24) bewegbar und in Querrichtung zum Führungsglied (24) gehalten, gleichwohl unter einer elastischen Verformung des Faltenbalgabschnitts (18) kippbeweglich bezüglich des Führungsglieds (24) ist.

2. Werkzeug (10) nach Anspruch 1, wobei der Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) im wesentlichen sphärisch vorgeformt ist.

3. Werkzeug (10) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Faltenbalgabschnitt (18) mindestens zwei, vorzugsweise drei Falten (56) aufweist.

4. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Membran (14) aus einem elastomeren Werkstoff, insbesondere NBR, EPDM oder PUR mit einer Härte nach Shore A von 45 bis 70, vorzugsweise von 55 bis 60 besteht.

5. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) mittels einer flächigen Armierung (88) ausgesteift ist.

6. Werkzeug (10) nach Anspruch 5, wobei die Armierung (88) im wesentlichen sphärisch vorgeformt ist.

7. Werkzeug (10) nach Anspruch 5 oder 6, wobei die Armierung (88) auf der von der Druckmittelkammer (20) abgewandten Seite des Bearbeitungsabschnitts (16) der Membran (14) auf dem Bearbeitungsabschnitt (16) aufvulkanisiert ist.

8. Werkzeug (10) nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei die Armierung (88) aus einem plastisch verformbaren, metallischen Blechabschnitt, insbesondere einem Blechabschnitt aus einer TiZn-Legierung besteht.

9. Werkzeug (10) nach einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die Armierung (88) in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Ebenen unterschiedliche Biegesteifigkeiten aufweist.

10. Werkzeug (10) nach Anspruch 9, wobei die Armierung (88) in kreuzförmiger Anordnung vier Sätze von satzweise jeweils im wesentlichen parallel verlaufenden Schlitzen (90, 92) hat, die sich vom Rand (94) der Armierung (88) nach innen erstrecken und dort an einem schlitzfreien Bereich (96) der Armierung (88) enden, der im wesentlichen die Form eines beidseitig einwärts geschwungenen "X" aufweist.

11. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an dem Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) auf der von der Druckmittelkammer (20) abgewandten Seite eine elastische Zwischenschicht (98) angebracht ist.

12. Werkzeug (10) nach Anspruch 11, wobei die Zwischenschicht (98) aus einem PUR-Schaumstoff besteht.

13. Werkzeug (10) nach Anspruch 11 oder 12, wobei die Zwischenschicht (98) eine Härte nach Shore A von 35 bis 60, vorzugsweise von 45 bis 50 aufweist.

14. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Führungsglied (24) durch einen Stift ausgebildet ist, der längsverschieblich in einer Aufnahmebohrung (66) im Grundkörper (12) geführt ist.

15. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen dem Führungsglied (24) und dem Grundkörper (12) Mittel zur Reibungsreduzierung vorgesehen sind.

16. Werkzeug (10) nach Anspruch 14 und 15, wobei die Aufnahmebohrung (66) im Grundkörper (12) mit wenigstens einer Fettasche (68) als Mittel zur Reibungsreduzierung versehen ist.

17. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Kanal (22) zur Beaufschlagung der Druckmittelkammer (20) in dem Führungsglied (24) ausgebildet ist.

18. Werkzeug (10) nach Anspruch 17, wobei der Kanal (22) eine Längsbohrung (80) in dem Führungsglied (24) aufweist, die über eine Querbohrung (82) in dem Führungsglied (24) mit der Druckmittelkammer (20) kommuniziert.

19. Werkzeug (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Führungsglied (24) über einen in einer Gelenkpfanne (76) verschwenkbar aufgenommenen Kugelkopf (70) mit dem Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) wirkverbunden ist.

20. Werkzeug (10) nach Anspruch 19, wobei die Gelenkpfanne durch ein Formteil (78) ausgebildet ist, welches in eine hinterschnittene Aufnahmekammer (64) eingeknüpft ist, die auf der der Druckmittelkammer (20) zugewandten Seite an dem Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) ausgebildet ist.

21. Werkzeug (10) nach Anspruch 20, wobei die Aufnahmekammer (64) am Bearbeitungsabschnitt (16) der Membran (14) über einen sich durch den Ku-

gelkopf (70) hindurch erstreckenden Kanal (84) mit dem Kanal (22) zur Beaufschlagung der Druckmittelkammer (20) kommuniziert.

5

10

15

20

25

30

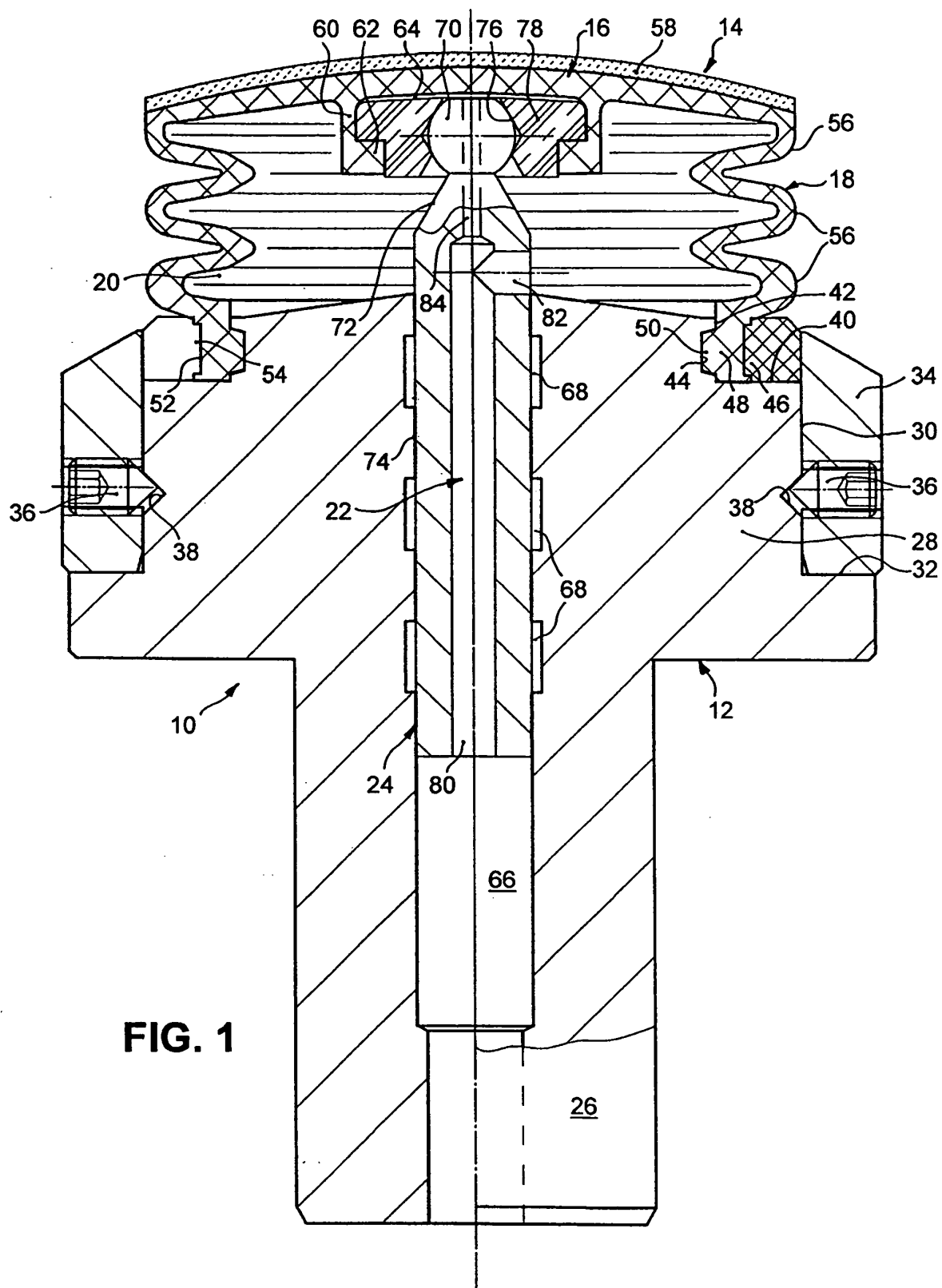
35

40

45

50

55



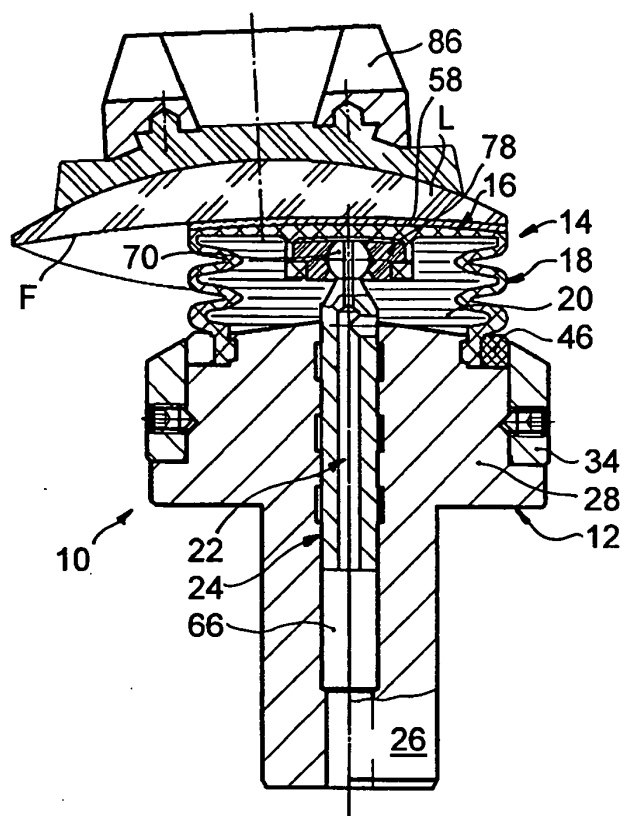


FIG. 2

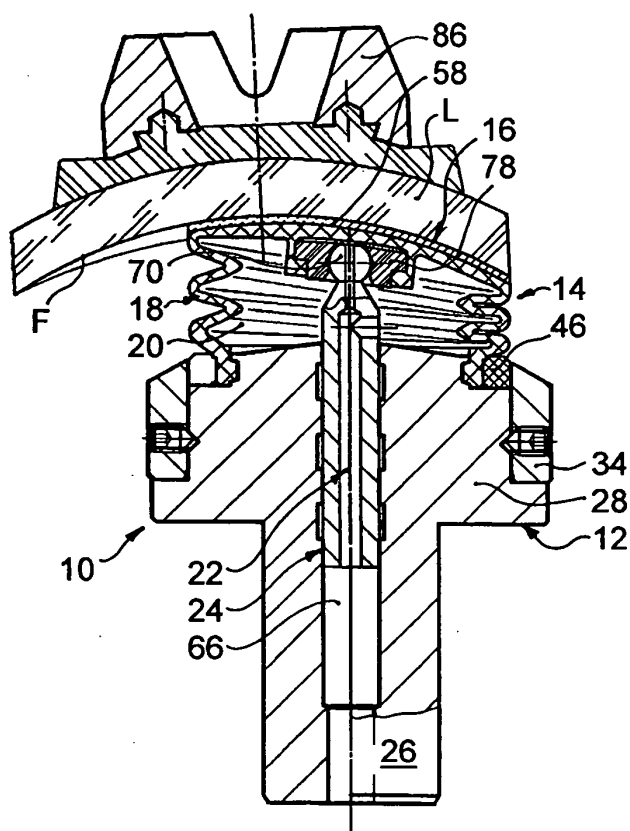


FIG. 3

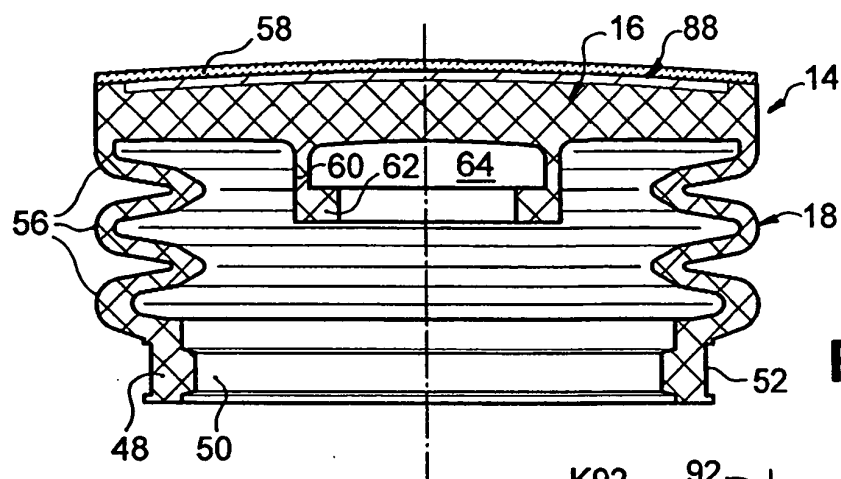


FIG. 4

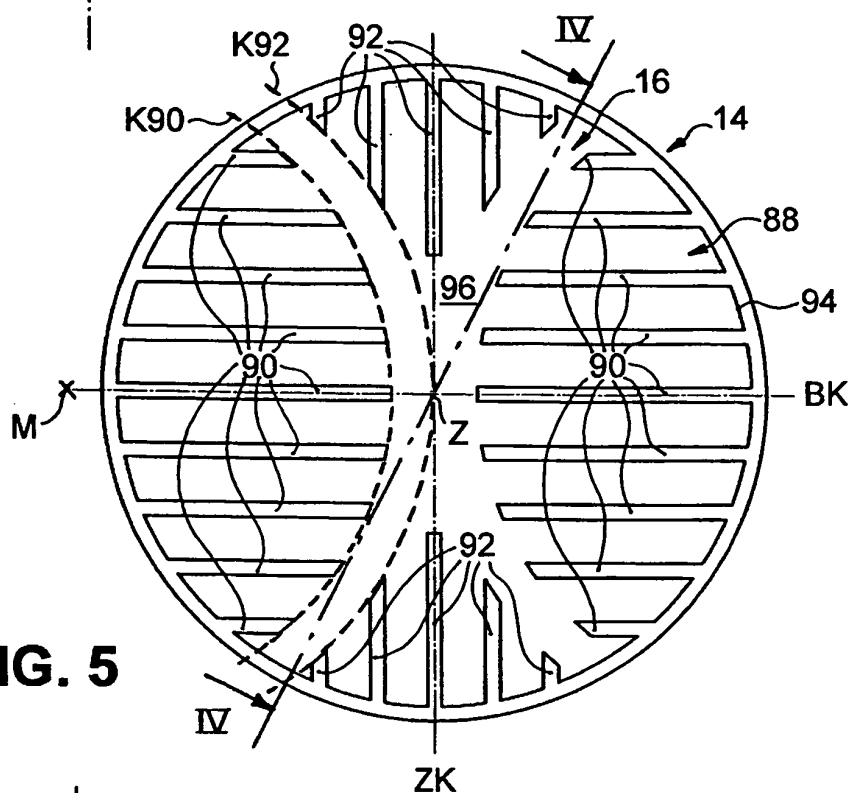


FIG. 5

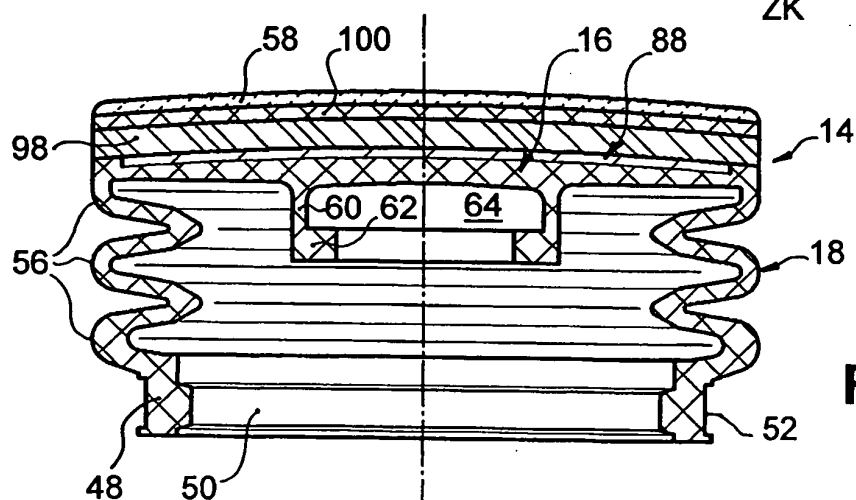


FIG. 6



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 00 6179

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
D,A	DE 44 42 181 C (LOH OPTIKMASCHINEN AG) 26. Oktober 1995 (1995-10-26) * Spalte 14, Zeile 37 - Spalte 17, Zeile 50; Abbildungen *	1-21	B24B13/02
A	DE 42 14 266 A (LOH ENGINEERING AG OENSINGEN) 4. November 1993 (1993-11-04) * Spalte 1, Zeilen 3-9 * * Spalte 4, Zeile 37 - Spalte 5, Zeile 9 * * Abbildungen *	1	
A	WO 00/00324 A (DELAMARE PIERRE ; DELAMARE SOVRA (FR)) 6. Januar 2000 (2000-01-06) * Abbildung 9 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. August 2004	Prüfer Gelder, K
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 04 00 6179

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-08-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4442181 C	26-10-1995	DE 4442181 C1	26-10-1995
		FR 2727343 A1	31-05-1996
		US 5695393 A	09-12-1997
DE 4214266 A	04-11-1993	DE 4214266 A1	04-11-1993
		EP 0567894 A1	03-11-1993
		US 5421770 A	06-06-1995
WO 0000324 A	06-01-2000	FR 2780325 A1	31-12-1999
		WO 0000324 A1	06-01-2000

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82