

(19)



(11)

EP 2 384 854 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
28.10.2015 Patentblatt 2015/44

(51) Int Cl.:
B24B 13/00 (2006.01) B24D 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11164042.1**

(22) Anmeldetag: **28.04.2011**

(54) **Polierwerkzeug zur Bearbeitung von optischen Flächen, insbesondere Freiformflächen**

Polishing tool for machining optical surfaces, in particular free form surfaces

Outil de polissage pour le traitement de surfaces optiques, notamment des surfaces de moulage libre

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **30.04.2010 DE 102010019491**
30.04.2010 US 329937 P

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
09.11.2011 Patentblatt 2011/45

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

(72) Erfinder:
• **Nowak, Gerd**
73450 Neresheim (DE)
• **Zaiser, Michael**
73560 Böbingen (DE)

(74) Vertreter: **Witte, Weller & Partner Patentanwälte
mbB**
Postfach 10 54 62
70047 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-2005/068133 FR-A1- 2 900 356

EP 2 384 854 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Polierwerkzeug zur Bearbeitung einer optischen Fläche eines Brillenglases, mit einem Trägerkörper und einer Polierfolie, wobei zwischen der Polierfolie und dem Trägerkörper eine elastische Schicht angeordnet ist.

[0002] Des Weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Vorrichtung zur Bearbeitung von optischen Flächen mit einem solchen Polierwerkzeug.

[0003] Derartige Polierwerkzeuge und Vorrichtungen sind beispielsweise aus der Druckschrift WO 2005/068133 A1 bekannt.

[0004] Brillengläser werden herkömmlicherweise aus einem Halbfabrikat durch spanabhebendes bzw. abrasives Bearbeiten der sogenannten Rezeptfläche oder -flächen hergestellt. Damit liegt die optisch relevante Formgebung des Brillenglases fest. Abschließend wird das Brillenglas noch poliert, wobei durch das Polieren allerdings keine Veränderung der optischen Eigenschaften des Brillenglases bewirkt werden darf.

[0005] Zum Polieren einer Oberfläche eines Brillenglases wird üblicherweise ein Polierkopf verwendet, der ein Polierwerkzeug aufweist, dessen Polierfläche an eine Form der zu polierenden Oberfläche des Brillenglases zumindest näherungsweise angepasst ist. Das Polierwerkzeug und/oder das Brillenglas sind gelenkig, insbesondere mit einem Kugelgelenk, gelagert, und werden relativ zueinander mit einem vorgegebenen Bewegungsablauf geführt, meist mit Hilfe von CNC-gesteuerten Systemen.

[0006] Beim Polieren von sphärischen oder torischen Brillengläsern ist es aufgrund der relativ einfachen Formgebung der zu polierenden Oberfläche weniger problematisch, ein geeignetes, komplementär ausgebildetes Polierwerkzeug zu finden, das mit einfachen Bewegungsabläufen über die Oberfläche geführt werden kann und das keine unzulässigen Verformungen bewirkt. Aufgrund der Vielzahl möglicher sphärischer oder torischer Brillengläser ist es lediglich erforderlich, eine entsprechende Vielzahl von Polierwerkzeugen zur Verfügung zu halten.

[0007] Derartige Polierwerkzeuge sind beispielsweise aus den Druckschriften DE 101 00 860 A1, EP 0 567 894 B1, DE 44 42 181 A1, DE 102 42 422 oder DE 101 06 007 A1 bekannt.

[0008] Diesen Polierwerkzeugen ist gemeinsam, dass eine in einer radialen Richtung des Polierwerkzeugs verlaufende Pressungssteifigkeit von innen nach außen entweder konstant ist oder geringfügig abnimmt. Die Biegesteifigkeit des Polierwerkzeugs nimmt somit in einer Richtung, in der eine Kraft auf das Brillenglas von dem Polierwerkzeug beaufschlagt wird, von innen nach außen ab oder ist konstant.

[0009] Für sphärische und torische, das heißt einfach geformte, Oberflächen ist dies ausreichend. Beim Polieren von sogenannten Freiformflächen oder asphärischen bzw. punktsymmetrischen, beliebig geformten Flächen,

sind derartige Polierwerkzeuge hingegen nicht ohne Probleme einsetzbar.

[0010] Asphärische bzw. punktsymmetrische Flächen und Freiformflächen weisen Krümmungen auf, die sich über der Oberfläche ändern. Insbesondere werden derartige Freiformflächen bei individuellen, an einen Benutzer angepassten Brillengläsern verwendet. Das Polierwerkzeug bewegt sich während der Polierbearbeitung derartiger Freiformflächen zumindest über einen Teil dieser unregelmäßig gekrümmten Oberfläche. Das Polierwerkzeug muss sich daher mit seiner Biegesteifigkeit bzw. Elastizität der jeweiligen lokalen Krümmung anpassen können, und zwar derart, dass der Polierdruck über die Kontaktfläche hinweg möglichst konstant ist. Nur dann ergibt sich ein bestimmbarer konstanter Abtrag und die polierte Oberfläche wird gleichmäßig poliert. Wird dies nicht gewährleistet, wird die Oberfläche bzw. die Topografie der Freiformfläche deformiert und ihre optische Qualität folglich verschlechtert.

[0011] Für massenhafte Polierbearbeitung von Freiformflächen und auch von sphärischen oder torischen Brillengläsern aus Kunststoffmaterialien werden nach dem derzeit bekannten Stand der Technik kostengünstige und einfach gebaute Polierwerkzeuge eingesetzt. Bei den Kunststoffmaterialien der Brillengläser handelt es sich beispielsweise um ein Polycarbonat, etwa CR 39, das von der Firma PPG Industries, Pittsburgh, USA vertrieben wird. Die Polierwerkzeuge bestehen meist aus einem zumindest dreilagigen Aufbau. Die Polierwerkzeuge weisen zumindest einen der das Polierwerkzeug rotierenden Werkzeugspindel zugewandten festen Grundkörper auf, auf dem eine Schaumstoffschicht oder andere elastische Schicht aufgeklebt oder angebracht ist. Auf dieser Schaumstoffschicht wiederum ist eine dem Brillenglas bzw. Werkstück zugewandte Polierfolie vorgesehen. Aufgrund der elastischen Verformbarkeit der Schaumstoffschicht kann sich die Polierfolie um ein gewisses Maß der Topografie der zu polierenden Brillenglasoberfläche anpassen. Um die Anpassungsfähigkeit der Polieroberfläche des Polierwerkzeugs an die Oberfläche des Brillenglases zu unterstützen, sind die Polierwerkzeuge im Allgemeinen kleiner als das Brillenglas. Der Polierabtrag kommt unter Zuhilfenahme einer abrasiven Polierflüssigkeit durch die Relativbewegung des mit Druck beaufschlagten Polierwerkzeugs zustande.

[0012] Ein Beispiel für ein solches Polierwerkzeug, das auch das Aufbringen einer Polierflüssigkeit ermöglicht, ist in der Druckschrift DE 10 2005 010 583 A1 angegeben.

[0013] Für ein unter optischen Gesichtspunkten hochwertiges Polierwerkzeug ist es wichtig, dass die vom Werkzeug auf das Glas aufgebrachte Polierkraft im Randbereich der Polierfläche des Polierwerkzeugs nach außen hin abnimmt, idealerweise kontinuierlich gegen Null geht. Ist dies nicht hinreichend gewährleistet, entstehen auf dem polierten Glas sichtbare, durch den Rand des Polierwerkzeugs hervorgerufene spiralförmige Strukturen, die die Qualität der Brillenglasoberfläche ver-

schlechtern und sie sogar unbrauchbar machen können.

[0014] Als Lösung hierfür wurde im Stand der Technik beispielsweise vorgeschlagen, Schaumstoffschichten mit im Randbereich geringerer Härte, etwa durch Erhöhung der Materialdicke, auszubilden und alternativ oder kumulativ die Polierfolie über den Rand der Schaumstoffschicht überstehen zu lassen. Ein Beispiel für eine solche Lösung findet sich beispielsweise in der Druckschrift EP 1 644 160 B1.

[0015] Mit dieser vorgeschlagenen Lösung lässt sich die Zielsetzung einer starken abnehmenden Polierkraft im Randbereich des Werkzeugs jedoch nicht hinreichend erfüllen. Infolgedessen entstehen je nach Wahl der Polierparameter dennoch kosmetische Defekte auf dem Brillenglas. Abhängig von einem Qualitätsanspruch an die zu fertigenden Brillengläser sind diese Fehler auf der optischen Fläche tolerierbar oder nicht. Verstärkt werden diese Probleme durch Materialermüdung bei andauerndem Einsatz des Polierwerkzeugs. Ermüdet das Material in der Zone der größten Beanspruchung, die bei den voranstehend beschriebenen Lösungen zwischen Mitte und Rand liegt, erhöht sich wiederum die Polierkraft in der Randzone und ruft verstärkt den unerwünschten Effekt hervor.

[0016] Ein weiterer beobachteter Effekt ist, dass sich nach mehrmaligem Einsatz des Polierwerkzeugs die Polierfolie wellt und in Richtung der Glasoberfläche anstellt, wodurch Polierfehler erzeugt werden können. Dies kann durch Hineindiffundieren von flüssigem Poliermittel in den Randbereich der Polierfolie und das dadurch hervorgerufene Aufquellen des porösen Materials zu erfolgen. Kosmetische Defekte können auch durch im Randbereich eingelagertes und festgetrocknetes Poliermittel hervorgerufen werden.

[0017] Als weiterer Lösungsansatz wurde vorgeschlagen, eine Polierfolie mit geringerer Materialstärke und daraus resultierender geringerer mechanischer Stabilität einzusetzen.

[0018] Diese Lösung erlaubt letztlich jedoch nur Materialstärken, die einer Forderung nach einer hohen Beanspruchbarkeit und einer langen Lebensdauer der Polierfolie entgegenstehen. Für eine hohe Effizienz des Polierprozesses und eine hohe Resistenz gegen mechanischen Verschleiß werden hinreichend stabile Polierfolien benötigt.

[0019] Letztlich wurden auch Polierwerkzeuge mit verschiedenen, pneumatisch betätigbaren Druckzonen vorgeschlagen. Letztendlich erfordern diese Polierwerkzeuge jedoch einen konstruktiv aufwändigen Aufbau, der wiederum teuer und wartungsanfällig ist. Des Weiteren lassen sich die Druckzonen nicht beliebig fein auflösen, so dass insbesondere in kritischen Randbereichen häufig trotz allem keine ausreichende Kontrolle über die Druckverhältnisse besteht. Ein Beispiel für einen solchen Lösungsansatz findet sich in der Druckschrift US 2006/0094341 A1.

[0020] Noch weitere Polierwerkzeuge zeigen die Druckschriften FR 2 900 356 A1 und US 6 796 877 B1.

[0021] Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Polierwerkzeug zur verbesserten Bearbeitung von optischen Flächen, insbesondere von Freiformflächen, zur Verfügung zu stellen.

[0022] Daher wird vorgeschlagen, das eingangs genannte Polierwerkzeug dahingehend weiterzubilden, dass eine bei der Bearbeitung wirkende Fläche der Polierfolie in einem Randbereich der Polierfolie in radialer Richtung nach außen hin abnimmt, wobei der Randbereich in radialer Richtung außen von einem Kopfkreis begrenzt ist, wobei der Endpunkt zumindest eines Randelements auf dem Kopfkreis liegt, und wobei eine Differenz zwischen einem Radius des Kopfkreises und einem Radius des Grundkreises etwa 5 bis 20 % des Radius des Kopfkreises entspricht.

[0023] Auf diese Weise ist es möglich, in dem Randbereich die auf die optische Fläche wirkende Kraft zu beeinflussen. Zwar ist der auf die optische Fläche beaufschlagte Druck auch im Randbereich im Wesentlichen konstant, durch die nach außen hin abnehmende wirkende Fläche wird jedoch die wirkende Kraft nach außen hin ebenfalls geringer. Des Weiteren kann durch die abnehmende wirkende Fläche die Biegesteifigkeit der Polierfolie und damit die des Polierwerkzeugs nach außen hin reduziert werden. Besonders wirksam kann dieser Effekt bei einer in radialer Richtung über die elastische Schicht hinausragenden Polierfolie umgesetzt werden, da radial außen von der elastischen Schicht die Biegesteifigkeit des Polierwerkzeugs dann allein von der Polierfolie bestimmt wird.

[0024] Auf diese Weise lässt sich der unter der Polierfolie erzeugte Materialabtrag in dem Randbereich gezielt beeinflussen und zum Rand hin bis auf nahezu Null reduzieren.

[0025] Wie im Folgenden noch erläutert wird, führt eine derartige Ausgestaltung des Randbereichs auch zu einer wesentlich vergrößerten Umfangslänge einer Kontur des Polierwerkzeugs. Dadurch wird während des Polierprozesses ein intensiverer Austausch von flüssigem Poliermittel zwischen der optischen Fläche und der Polierfolie ermöglicht. Dadurch wird eine vorteilhafte Stabilisierung der Schmierung erzielt.

[0026] Unter einer "optischen Fläche" sind dabei alle optischen Flächen von Brillengläsern zu verstehen, insbesondere asphärische Flächen oder Freiformflächen. Grundsätzlich kann es sich bei der optischen Fläche aber um sphärische und torische Flächen, punktsymmetrische Asphären oder Freiformflächen handeln. Die optische Fläche kann dabei sowohl konvex als auch konkav gekrümmt sein. Das Polierwerkzeug kann des Weiteren sowohl zur Bearbeitung von Kunststoffbrillengläsern als auch von mineralischen Brillengläsern verwendet werden.

[0027] Unter dem Begriff "Polierfolie" ist dabei das auf die optische Fläche wirkende Element des Polierwerkzeugs zu verstehen, d.h. derjenige Teil bzw. dasjenige Element des Polierwerkzeugs, das mit der optischen Fläche in Kontakt tritt, ggf. unter Mithilfe eines flüssigen Po-

liermittels. Der Begriff "Polierfolie" ist in keinerlei Hinsicht einschränkend, insbesondere hinsichtlich der Dicke oder einer sonstigen Ausgestaltung der Polierfolie bzw. eines Polierelements, zu verstehen.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt wird eine Vorrichtung zum Polieren von optischen Flächen mit einem voranstehend beschriebenen Polierwerkzeug vorgeschlagen.

[0029] Die Vorrichtung weist daher dieselben Vorteile wie das Polierwerkzeug auf.

[0030] Die eingangs gestellte Aufgabe wird somit vollständig gelöst.

[0031] Die bei der Bearbeitung wirkende Fläche der Polierfolie in dem Randbereich der Polierfolie nimmt in radialer Richtung nach außen hin stetig bis auf Null ab.

[0032] Unter dem Begriff "Randbereich" ist im Rahmen dieser Beschreibung derjenige Bereich des Polierwerkzeugs zu verstehen, in dem die Randelemente vorgesehen sind, wie im Folgenden noch eingehend erläutert wird. In dem Randbereich ist das Polierwerkzeug nicht vollflächig ausgebildet, sondern weist zwischen den Randelementen Unterbrechungen der wirkenden Fläche auf. Relativ ausgedrückt kann die Breite des Randbereichs etwa 5 % - 20 % des Außendurchmessers des Polierwerkzeugs betragen. Auf die Dimensionierung des Randbereichs wird im Folgenden ebenfalls noch näher eingegangen.

[0033] Auf diese Weise kann ein gleichmäßiger Abfall der wirkenden Fläche in radialer Richtung nach außen bewirkt werden.

[0034] Insbesondere soll dabei vorgesehen sein, dass an einem Außenrand des Polierwerkzeugs ein stetiger Übergang auf Null vorgesehen ist, das heißt kein plötzliches Abfallen der wirkenden Fläche auf Null vorgesehen ist.

[0035] Es kann vorgesehen sein, dass das Polierwerkzeug dazu ausgebildet ist, in einer bestimmten Richtung eine Kraft auf die zu bearbeitende optische Fläche zu beaufschlagen, wobei eine Biegesteifigkeit des Polierwerkzeugs in der bestimmten Richtung in radialer Richtung nach außen hin abnimmt. Die "bestimmte Richtung" verläuft normal zu der wirkenden Fläche der Polierfolie.

[0036] Auf diese Weise kann die Kraftverteilung in dem Randbereich weiter eingestellt werden. Insbesondere ist es so möglich, die auf die optische Fläche wirkende Kraft nach außen hin weiter abnehmen zu lassen. Es ist jedoch nicht zwingend notwendig, dass die Biegesteifigkeit des Polierwerkzeugs in der bestimmten Richtung nach außen hin abnimmt. Beispielsweise kann lediglich vorgesehen sein, dass eine der optischen Fläche zugewandte Seite der Polierfolie lediglich teilweise zurückgesetzt ist.

[0037] Auf diese Weise kann zwar die wirkende Fläche verringert werden, da der zurückgesetzte Anteil der zu der optischen Fläche weisenden Oberfläche der Polierfolie nicht in Kontakt mit der optischen Fläche tritt, die mechanische Festigkeit bzw. Biegesteifigkeit kann jedoch im Wesentlichen erhalten bleiben. Werden vollständige Durchbrechungen der Polierfolie und auch der elas-

tischen Schicht und des Trägerkörpers vorgesehen, ist es beispielsweise möglich, sowohl die wirkende Fläche herabzusetzen als auch die Biegesteifigkeit abnehmen zu lassen.

[0038] In einer Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Randbereich in radialer Richtung innen von einem Grundkreis begrenzt ist.

[0039] Auf diese Weise ergibt sich als grundlegende Form des Polierwerkzeugs eine Kreisform. Im Inneren des Grundkreises kann das Polierwerkzeug vollflächig ausgebildet sein. Alternativ können dort aber auch Aussparungen, insbesondere sternförmig von dem Zentrum des Grundkreises weg weisende Schlitze vorgesehen sein, um die Elastizität des Polierwerkzeugs nach außen hin zu erhöhen. Beispielsweise können sechs Schlitze von jeweils etwa 1,5 mm bis 2,0 mm Breite vorgesehen sein.

[0040] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass sich von dem Grundkreis eine Vielzahl von Randelementen in radialer Richtung nach außen erstreckt.

[0041] Mittels der Randelemente wird es auf einfache Weise möglich, die Forderung nach einer in radialer Richtung nach außen abnehmenden wirkenden Fläche der Polierfolie umsetzen. Es ist insbesondere möglich, die Randelemente durch entsprechende Ausnehmungen aus der Polierfolie, der elastischen Schicht und dem Trägerkörper, beispielsweise durch spanabhebende Bearbeitung, zu bilden.

[0042] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass eine Kontur jedes Randelements radial außen in einem Endpunkt endet.

[0043] Auf diese Weise kann besonders einfach umgesetzt werden, dass die Polierfolie in radialer Richtung nach außen hin stetig bis auf Null abnimmt.

[0044] Dieses Kriterium ist bei Randelementen, die radial außen an einem Endpunkt enden, erfüllt. Vorteilhafterweise sollte es nicht vorgesehen sein, dass ein Randelement radial außen in mehr als einem Punkt, das heißt beispielsweise in einer Kopflinie oder Ähnliches, endet. Dies vermindert den erfindungsgemäß erzielten vorteilhaften Effekt.

[0045] Des Weiteren ist vorgesehen, dass der Randbereich in radialer Richtung außen von einem Kopfkreis begrenzt ist, wobei der Endpunkt zumindest eines Randelements auf dem Kopfkreis liegt.

[0046] Insbesondere kann dabei vorgesehen sein, dass der Endpunkt jedes Randelements auf dem Kopfkreis liegt.

[0047] Die Randelemente können somit gleich weit oder verschieden weit von dem Grundkreis radial nach außen hervorragen. Diese technisch einfachste Lösung ergibt sich, wenn die Randelemente derart gebildet sind, dass ihre Endpunkte allesamt auf dem Kopfkreis liegen.

[0048] Es kann selbstverständlich auch vorgesehen sein, dass einige kürzere Randelemente zwischen längeren Randelementen vorgesehen sind, so dass die Endpunkte nicht allesamt auf dem Kopfkreis liegen, sondern auch Endpunkte innerhalb des Randbereichs an-

geordnet sind, das heißt zwischen dem Grundkreis und dem Kopfkreis.

[0049] Es kann insbesondere vorgesehen sein, dass sich die Randelemente in radialer Richtung mindestens zwei Millimeter erstrecken, insbesondere etwa vier Millimeter.

[0050] Dieser Abstand entspricht dann der Differenz des Radius des Kopfkreises und des Radius des Grundkreises. Relativ ausgedrückt ist diese Differenz des Radius von Kopfkreis und Grundkreis etwa 5 bis 20% des Radius des Kopfkreises, insbesondere etwa 10 bis 15 %.

[0051] Es kann vorgesehen sein, dass Flanken der Randelemente als Zähne ausgebildet sind.

[0052] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass die Randelemente als Evolventen ausgebildet sind.

[0053] Somit ergeben sich für die Randelemente Formgebungen, die beispielsweise aus der Herstellung von Ritzeln bekannt sind. Entsprechend können auch die dort bekannten fertigungstechnischen Maßnahmen einfach adaptiert werden. Des Weiteren ist bezüglich der Bedeutung der Begrifflichkeiten "Zahn", "Flanke" und "Evolvente" auf das Verständnis des Durchschnittsfachmanns im Bereich der Zahnräder bzw. Ritzel abzustellen.

[0054] Zur Herstellung der gewünschten Konturen der Polierfolie kann beispielsweise eine übliche Schneidvorrichtung, etwa eine CNC-gesteuerte Wasser- oder Laserstrahlschneidemaschinen, oder auch eine entsprechende Stanzvorrichtung vorgesehen sein. Alternativ sind auch abrasive Fertigungsmaßnahmen denkbar.

[0055] Es kann vorgesehen sein, dass ein Winkel zwischen aneinander angrenzenden Flanken zweier benachbarter Randelemente zwischen etwa 5° und 180°, insbesondere 40° und 150°, insbesondere 70° und 120°, liegt, insbesondere kann der Winkel 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°, 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, 65°, 70°, 75°, 80°, 85°, 90°, 95°, 100°, 105°, 110°, 115°, 120°, 125°, 130°, 135°, 140°, 145°, 150°, 155°, 160°, 165°, 170°, 175° betragen.

[0056] In dem Extremfall, dass der Winkel zwischen angrenzenden Flanken zweier benachbarter Randelemente 180° beträgt, kann sich entsprechend ein Quadrat als Kontur des Polierwerkzeugs ergeben. Den Grundkreis bildet dann entsprechend ein in dem Quadrat gezogener Innenkreis, den Kopfkreis bildet ein durch die Ecken des Quadrats gezogener Außenkreis des Quadrats. Es ergeben sich dann vier Randbereiche.

[0057] Des Weiteren kann vorgesehen sein, dass eine zusammengesetzte Kontur der Randelemente in Umfangsrichtung als Sinusfunktion beschreibbar ist. Alternativ kann selbstverständlich auch jede andere regelmäßig oder unregelmäßig gekrümmte Kontur derart vorgesehen sein, dass die bei der Bearbeitung wirkende Fläche in radialer Richtung nach außen hin abnimmt.

[0058] Es ist somit nicht zwingend notwendig, dass die Randelemente beispielsweise als Zacken oder Zähne ausgebildet werden und zwischen den Flanken ein Winkel angeordnet ist. Es kann auch sein, dass sich für die Kontur in Umfangsrichtung eine Sinusfunktion ergibt, das heißt die Kontur ist wellenförmig ausgebildet. Die Amp-

litude und die Frequenz der Kontur können angepasst werden, um eine entsprechende Verteilung der wirkenden Fläche zu erreichen. Für die Amplitude kann dabei das für die radiale Erstreckung der Randelemente Gesagte gelten, d.h. eine Doppelamplitude kann etwa 5% bis etwa 20% des Radius des Kopfkreises betragen. Die Frequenz kann derart gewählt sein, dass die beschreibende Sinusfunktion über den Umfang, mehr als zwei, insbesondere drei bis fünfzehn, insbesondere fünf bis zehn, insbesondere zwei, drei, vier, fünf, sechs, sieben, acht, neun, zehn, fünfzehn, zwanzig oder mehr Schwingungen ausführt.

[0059] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass das Polierwerkzeug dazu ausgebildet ist, Freiformflächen zu bearbeiten.

[0060] Bei der Bearbeitung von Freiformflächen kommen die erfindungsgemäßen Vorteile insbesondere zum Tragen. Ein für die Bearbeitung von Freiformflächen vorgesehenes Polierwerkzeug zeichnet sich durch eine hinreichende Anpassungsfähigkeit an das Brillenglas aus. Diese wird zum einen durch einen elastischen Aufbau erreicht und zum anderen durch einen zu dem Brillenglas passenden Durchmesser und eine an die polierte Fläche angepasste Krümmung des Werkzeugs.

[0061] Bei allen voranstehend aufgeführten Ausführungsbeispielen kann ein Außendurchmesser des Polierwerkzeugs, d.h. ein Durchmesser des Kopfkreises, etwa 40 mm bis etwa 60 mm, insbesondere etwa 45 mm bis 50 mm betragen. Dabei kann ein Durchmesser der elastischen Schicht kleiner als ein Durchmesser der Polierfolie ausgebildet sein, d.h. die Polierfolie steht außen über einen Rand der elastischen Schicht heraus. Beispielsweise kann ein Außendurchmesser der elastischen Schicht 40 mm und ein Außendurchmesser der Polierfolie 45 mm betragen. Der Außendurchmesser des Polierwerkzeugs ist üblicherweise derart gewählt, dass ein Verhältnis von dem Außendurchmesser des Polierwerkzeugs zu einem Außendurchmesser des Brillenglasses etwa 0,5 bis 1,0 beträgt. Das Verhältnis kann jedoch auch größer als 1,0 sein.

[0062] Eine Dicke der elastischen Schicht in einer axialen Richtung kann in allen Ausführungsbeispielen etwa 6 mm bis etwa 12 mm, insbesondere 8 mm, betragen. Eine axiale Dicke der Polierfolie beträgt etwa 0,5 mm bis etwa 2,0 mm, wobei Polierfolien zum Vorpolieren eher dünn ausgebildet sind, d.h. etwa 0,5 bis 0,8 mm, und Polierfolien zum Feinpolieren eher dick ausgebildet sind, d.h. etwa 1,2 bis 1,8 mm.

[0063] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0064] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine Ausführungsform einer Vorrichtung zum Polieren von optischen Flächen in einer schematischen Querschnittsansicht,
- Figur 2 eine erste Ausführungsform eines Polierwerkzeugs,
- Figur 3 eine zweite Ausführungsform eines Polierwerkzeugs, und
- Figur 4 eine dritte Ausführungsform eines Polierwerkzeugs.

[0065] Fig. 1 zeigt mit einem Bezugszeichen 10 allgemein bezeichnet eine Vorrichtung zum Bearbeiten eines Brillenglases 12. Es versteht sich, dass der Anwendungsfall eines Brillenglases im Folgenden lediglich beispielhaft zu verstehen ist. Die Vorteile dieser Vorrichtung können selbstverständlich auch zum Polieren anderer optischer Bauelemente mit sphärischen sowie asphärischen oder torischen optischen Flächen oder Freiformflächen verwendet werden.

[0066] Das Brillenglas 12 wird in einem Halter 14 gehalten. Der Halter 14 kann raumfest um eine erste Achse 15 herum angeordnet sein.

[0067] Das Brillenglas 12 weist eine hintere Oberfläche 16 und eine vordere Oberfläche 18 auf. Vorliegend ist die hintere Oberfläche 16 als Rezeptfläche ausgebildet, das heißt als diejenige Fläche, die in vorbestimmter Weise optisch bearbeitet wird und insbesondere als Freiformfläche ausgebildet ist. Selbstverständlich kann zusätzlich vorgesehen sein, dass zusätzlich die vordere Fläche 18 mit einer optischen Wirkung, beispielsweise mit einer vorbestimmte Addition, versehen ist.

[0068] Es ist ein Polierkopf 20 vorgesehen, der an seinem freien Ende ein Polierwerkzeug 22 aufweist. Das Polierwerkzeug 22 weist einen Trägerkörper 24, eine elastische Schicht 26 und eine Polierfolie 28 auf. Die elastische Schicht 26 ist dabei zwischen dem im Wesentlichen starren Trägerkörper 24 und der Polierfolie 28 vorgesehen. Die elastische Schicht 26 kann beispielsweise radial nach außen hin in ihrer Dicke zunehmen, um an ihren Außenenden eine zunehmende Elastizität bereitzustellen.

[0069] Zusätzlich können in der elastischen Schicht 26 und der Polierfolie 28 Öffnungen (nicht dargestellt) vorgesehen sein, um eine Polierflüssigkeit bzw. ein Poliermittel auf die optische Fläche 16 zu beaufschlagen.

[0070] Entsprechend steht eine wirkende Fläche 29 der Polierfolie 28 in gleitendem Kontakt mit der optischen Fläche 16 des Brillenglases 12.

[0071] Der Trägerkörper 24 weist eine Kugelpfanne 30 auf, in der ein Kugelkopf 32 eines Aktuators 34 angeordnet ist. Der Aktuator bewirkt, dass das Polierwerkzeug 22 um eine zweite Achse 36 rotiert und außerdem um den Kugelkopf 32 schwenkbar ist. Eine Drehzahl um die zweite Achse 36 beträgt üblicherweise etwa 1200 bis 1500 Umdrehungen pro Minute, sie kann in Einzelfällen

aber auch geringer oder höher sein. Anstatt eines Kugelgelenks kann alternativ auch ein Kardangelenk vorgesehen sein, evtl. in Kombination mit einem umgebenden Faltenbalg oder einem ähnlichen Element. Zusätzlich zu der Rotation um die zweite Achse 36 ist eine Bewegung um die erste Achse 15 vorgesehen, so dass die optische Fläche 16 vollständig überstrichen und poliert wird. Eine axiale Beweglichkeit des Polierwerkzeugs hängt von einer Werkzeugaufnahme (nicht dargestellt) ab und kann bspw. bei einer Werkzeugaufnahme mit einem Faltenbalg etwa 2 bis etwa 5 mm betragen.

[0072] Die elastische Schicht 26 besteht vorzugsweise aus Gummi oder Kautschuk. Sie kann aber aus einem polyurethanischen Werkstoff bestehen, so zum Beispiel aus Polyurethan oder Polyetherurethan. Derartige Werkstoffe sind bekannt und zum Beispiel unter den Handelsnamen Sylomer, Sylodyn und Sylodamp erhältlich. Ein Elastizitätsmodul der elastischen Schicht sollte größer sein als 0,02 N/mm².

[0073] Zusätzlich zu der dargestellten zentralen Anordnung der zweiten Achse 36 relativ zu dem Polierwerkzeug 22 kann auch eine exzentrische Anordnung der zweiten Achse relativ zu dem Polierwerkzeug 22 vorgesehen sein, um eine zusätzliche Rotationsbewegung des Polierwerkzeugs auf dem Brillenglas 12 zu bewirken.

[0074] Mögliche Ausgestaltungen des Polierwerkzeugs 22 werden anhand der nachfolgenden Figuren nunmehr eingehend erläutert.

[0075] Fig. 2 zeigt eine erste Ausführungsform eines Polierwerkzeugs 22. Das Polierwerkzeug weist in üblicher Weise den Trägerkörper 24, die elastische Schicht 26 und die Polierfolie 28 auf, wie es bereits in Fig. 1 dargestellt ist.

[0076] In einer schematischen Oberansicht ist der Verlauf einer Kontur 38 des Polierwerkzeugs 22 dargestellt. Eine radiale Richtung ist mit einem Bezugszeichen 40, eine Umfangsrichtung ist mit einem Bezugszeichen 42 gekennzeichnet.

[0077] In der dargestellten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die zusammengesetzte Kontur 38 in der Umfangsrichtung 42 als eine Sinusfunktion beschreibbar ist.

[0078] Die Kontur 38 erstreckt sich zwischen einem Kopfkreis 44 und einem Grundkreis 46, die zusammen einen Randbereich 47 begrenzen. Der Randbereich 47 kennzeichnet folglich den Bereich des Polierwerkzeugs 22, in dem die wirkende Fläche 29 des Polierwerkzeugs 22 in der radialen Richtung 40 nach außen hin abnimmt.

[0079] Anders ausgedrückt ist die wirkende Fläche 29 innerhalb des Grundkreises 46 im dargestellten Ausführungsbeispiel vollständig geschlossen, das heißt die wirkende Fläche 29 ist über einen vollständigen Bogenwinkel von 360° vorgesehen. Bewegt man sich von dem Grundkreis 46 in radialer Richtung 40 nach außen hin zu dem Kopfkreis 44 und bestimmt den zusammengesetzten Bogenwinkel der wirkenden Fläche 29, nimmt die wirkende Fläche 29 bzw. der zusammengesetzte Bogenwinkel in Richtung des Kopfkreises 44 zunehmend ab und geht gegen Null.

[0080] Die konstruktive Ausgestaltung der wirkenden Fläche 29 ist anhand von mehreren Randelementen 48 realisiert. Aufgrund der sinusförmigen Kontur 38 haben die Randelemente 48 entsprechend einen wellenförmigen Verlauf. Für die Randelemente 48 ergibt sich somit eine mit dem Bezugszeichen 50 gekennzeichnete doppelte Amplitude und eine mit dem Bezugszeichen 52 bezeichnete Frequenz.

[0081] Die Randelemente 48 liegen jeweils nur mit einem Endpunkt 54 auf dem Kopfkreis 44. Hierdurch wird erreicht, dass die wirkende Fläche 29 auf dem Kopfkreis nicht sprunghaft auf Null abfällt, sondern stetig gegen Null strebt.

[0082] Fig. 3 zeigt eine weitere mögliche Ausführungsform des Polierwerkzeugs 22. In dieser Ausführungsform sind die Randelemente 48 als Zacken ausgebildet, so dass sich für das Polierwerkzeug 22 eine Form ähnlich einem Ritzel ergibt.

[0083] Jedes Randelement 48 bzw. jeder Zacken weist ebenfalls einen Endpunkt 54 auf, die allesamt auf dem Kopfkreis 44 liegen. Benachbarte Zahnflanken 56, 57 zweier Randelemente 48 schließen einen Winkel 58 ein. Dieser Winkel kann zwischen etwa 5° und 180° liegen, im dargestellten Fall beträgt er etwa 80°.

[0084] Außer der in Fig. 3 dargestellten Zackenform sind selbstverständlich auch alle anderen Formen von Zähnen, beispielsweise Evolventen, denkbar, wie sie auch aus der Fertigung von Ritzeln bekannt sind. Es sollte jedoch insbesondere vorgesehen sein, dass die gewählten Formen der Randelemente 48 radial außen in einem Endpunkt 54 enden, ohne dass dies jedoch zwingend ist. Vorzugsweise liegen die Endpunkte 54 allesamt auf dem Kopfkreis 44.

[0085] Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform, die einen Spezialfall der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform darstellt. In der in Fig. 4 gezeigten Ausführungsform beträgt der Winkel 58 genau 180°. Für die Kontur 38 des Polierwerkzeugs 22 ergibt sich somit eine im vorliegenden Fall quadratische Form. Der Grundkreis 46 bildet in diesem Fall einen Innenkreis des Quadrats und der Kopfkreis 44 einen durch die Ecken des Quadrats verlaufenden Außenkreis. Die Ecken des Quadrats bilden dann die Endpunkte 54, die auf dem Kopfkreis 44 liegen. Bereits diese Kontur 38 des Polierwerkzeugs 22 bzw. der wirkenden Fläche 29 des Polierwerkzeugs 22 kann die erfindungsgemäßen Vorteile bereitstellen und die kosmetische Qualität von polierten Freiformflächen signifikant verbessern.

Patentansprüche

1. Polierwerkzeug (22) zur Bearbeitung einer optischen Fläche (18) eines Brillenglases (12), mit einem Trägerkörper (24) und einer Polierfolie (28), wobei zwischen der Polierfolie (28) und dem Trägerkörper (24) eine elastische Schicht (26) angeordnet ist, wobei ein Randbereich (47) der Polierfolie (28)

in radialer Richtung (40) innen von einem Grundkreis (46) begrenzt ist, wobei sich von dem Grundkreis (46) eine Mehrzahl von Randelementen (48) in radialer Richtung (40) nach außen erstreckt, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine bei der Bearbeitung wirkende Fläche (29) der Polierfolie (28) in dem Randbereich (47) der Polierfolie (28) in radialer Richtung (40) nach außen hin abnimmt, wobei die bei der Bearbeitung wirkende Fläche (29) der Polierfolie (28) in dem Randbereich (47) der Polierfolie (28) in radialer Richtung (40) nach außen hin stetig bis auf Null abnimmt, wobei der Randbereich (47) in radialer Richtung (40) außen von einem Kopfkreis (44) begrenzt ist, wobei der Endpunkt (54) zumindest eines Randelements (48) auf dem Kopfkreis (44) liegt, und wobei eine Differenz zwischen einem Radius des Kopfkreises (44) und einem Radius des Grundkreises (46) etwa 5 bis 20 % des Radius des Kopfkreises (44) entspricht.

2. Polierwerkzeug nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polierwerkzeug (22) dazu vorgesehen ist, in einer bestimmten Richtung (36) eine Kraft auf die zu bearbeitende optische Fläche (18) zu beaufschlagen und eine Biegesteifigkeit des Polierwerkzeugs (22) in der bestimmten Richtung (36) in radialer Richtung (40) nach außen hin abnimmt.

3. Polierwerkzeug nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Kontur (38) jedes Randelements (48) radial außen in einem Endpunkt (54) endet.

4. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Endpunkt (54) jedes Randelements (48) auf dem Kopfkreis (44) liegt.

5. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die Randelemente (48) in radialer Richtung mindestens 2 mm erstrecken, insbesondere etwa 4 mm.

6. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Randelemente (48) als Zähne ausgebildet sind.

7. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** Flanken (56, 57) der Randelemente (48) als Evolventen ausgebildet sind.

8. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein von aneinander angrenzenden Flanken (56, 57) zweier benachbarter Randelemente (48) eingeschlossener Winkel (58) zwischen etwa 5° und 180° liegt.

9. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zusammengesetzte Kontur (38) der Randelemente (48) in Umfangsrichtung (42) als Sinusfunktion beschreibbar ist.
10. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polierwerkzeug (22) dazu ausgebildet ist, Freiformflächen zu bearbeiten.
11. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Polierfolie (28) in radialer Richtung (40) über die elastische Schicht (26) hinausragt.
12. Polierwerkzeug nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Polierwerkzeug (22) im Inneren des Grundkreises (46) vollflächig ausgebildet ist.
13. Vorrichtung (10) zum Polieren einer optischen Fläche (18) eines Brillenglases (12) mit einem Polierwerkzeug (22) nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

Claims

1. Polishing tool (22) for processing an optical surface (18) of a spectacle lens (12), having a carrier body (24) and a polishing film (28), an elastic layer (26) being arranged between the polishing film (28) and the carrier body (24), an edge region (47) of the polishing film (28) being delimited in the radial direction (40) on the inside by a base circle (46), a plurality of edge elements (48) extending in the radial direction (40) to the outside from the base circle (46), **characterized in that** a surface (29) of the polishing film (28), which surface (29) is active during processing, decreases in size in the edge region (47) of the polishing film (28) towards the outside in the radial direction (40), that surface (29) of the polishing film (28) which is active during processing decreasing constantly in size down to zero in the edge region (47) of the polishing film (28) towards the outside in the radial direction (40), the edge region (47) being delimited in the radial direction (40) on the outside by a tip circle (44), the end point (54) of at least one edge element (48) lying on the tip circle (44), and a difference between a radius of the tip circle (44) and a radius of the base circle (46) corresponding to approximately from 5 to 20% of the radius of the tip circle (44).
2. Polishing tool according to Claim 1, **characterized in that** the polishing tool (22) is provided for loading a force in a defined direction (36) onto the optical surface (18) to be processed, and a flexural rigidity

of the polishing tool (22) decreases in the defined direction (36) in the radial direction (40) to the outside.

3. Polishing tool according to Claim 1 or 2, **characterized in that** a contour (38) of each edge element (48) ends radially on the outside at an end point (54).
4. Polishing tool according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the end point (54) of each edge element (48) lies on the tip circle (44).
5. Polishing tool according to one of Claims 1 to 4, **characterized in that** the edge elements (48) extend for at least 2 mm in the radial direction, in particular approximately 4 mm.
6. Polishing tool according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** the edge elements (48) are configured as teeth.
7. Polishing tool according to one of Claims 1 to 6, **characterized in that** flanks (56, 57) of the edge elements (48) are configured as evolvents.
8. Polishing tool according to one of Claims 1 to 7, **characterized in that** an angle (58) which is enclosed by mutually adjoining flanks (56, 57) of two adjacent edge elements (48) lies between approximately 5° and 180°.
9. Polishing tool according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** a composite contour (38) of the edge elements (48) can be described in the circumferential direction (42) as a sine function.
10. Polishing tool according to one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the polishing tool (22) is configured for processing freeform surfaces.
11. Polishing tool according to one of Claims 1 to 10, **characterized in that** the polishing film (28) protrudes beyond the elastic layer (26) in the radial direction (40).
12. Polishing tool according to one of Claims 1 to 11, **characterized in that** the polishing tool (22) is configured with its full area in the interior of the base circle (46).
13. Apparatus (10) for polishing an optical surface (18) of a spectacle glass (12) having a polishing tool (22) according to one of Claims 1 to 12.

Revendications

1. Outil de polissage (22) pour le traitement d'une sur-

- face optique (18) d'un verre de lunettes (12), comprenant un corps porteur (24) et un film de polissage (28), sachant qu'une couche élastique (26) est disposée entre le film de polissage (28) et le corps porteur (24), sachant qu'une zone de bordure (47) du film de polissage (28) est délimitée à l'intérieur dans le sens radial (40) par un cercle de base (46), sachant qu'une pluralité d'éléments de bordure (48) s'étend vers l'extérieur dans le sens radial (40) depuis le cercle de base (46), **caractérisé en ce qu'une surface (29) du film de polissage (28) active pendant le traitement décroît vers l'extérieur dans le sens radial (40) dans la zone de bordure (47) du film de polissage (28), sachant que la surface (29) du film de polissage (28) active lors du traitement décroît constamment jusqu'à zéro vers l'extérieur dans le sens radial (40) dans la zone de bordure (47) du film de polissage (28), sachant que la zone de bordure (47) est délimitée à l'extérieur dans le sens radial (40) par un cercle extérieur (44), sachant que le point d'extrémité (54) d'au moins un élément de bordure (48) repose sur le cercle extérieur (44), et sachant qu'une différence entre un rayon du cercle extérieur (44) et un rayon du cercle de base (46) correspond à environ 5 à 20 % du rayon du cercle extérieur (44).**
2. Outil de polissage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'outil de polissage (22) est prévu pour exercer une force dans un sens défini (36) sur la surface optique à traiter (18) et une rigidité à la flexion de l'outil de polissage (22) décroît vers l'extérieur dans le sens radial (40) dans le sens défini (36).
 3. Outil de polissage selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'un contour (38) de chaque élément de bordure (48) se termine radialement à l'extérieur dans un point d'extrémité (54).**
 4. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le point d'extrémité (54) de chaque élément de bordure (48) repose sur le cercle extérieur (44).
 5. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les éléments de bordure (48) s'étendent sur au moins 2 mm, en particulier sur environ 4 mm, dans le sens radial.
 6. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les éléments de bordure (48) sont conçus en tant que dents.
 7. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** des flancs (56, 57) des éléments de bordure (48) sont conçus en tant que développantes.
 8. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'un angle (58) forme par des flancs (56, 57) adjacents de deux éléments de bordure (48) voisins fait entre 5° et 180°.**
 9. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'un contour (38) composé des éléments de bordure (48) peut être décrit en tant que fonction sinus dans le sens périphérique (42).**
 10. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** l'outil de polissage (22) est conçu pour traiter des surfaces à forme libre.
 11. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le film de polissage (28) fait saillie au-dessus de la couche élastique (26) dans le sens radial (40).
 12. Outil de polissage selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** l'outil de polissage (22) est conçu sur toute la surface à l'intérieur du cercle de base (46).
 13. Dispositif (10) pour polir une surface optique (18) d'un verre de lunettes (12) avec un outil de polissage (22) selon l'une des revendications 1 à 12.

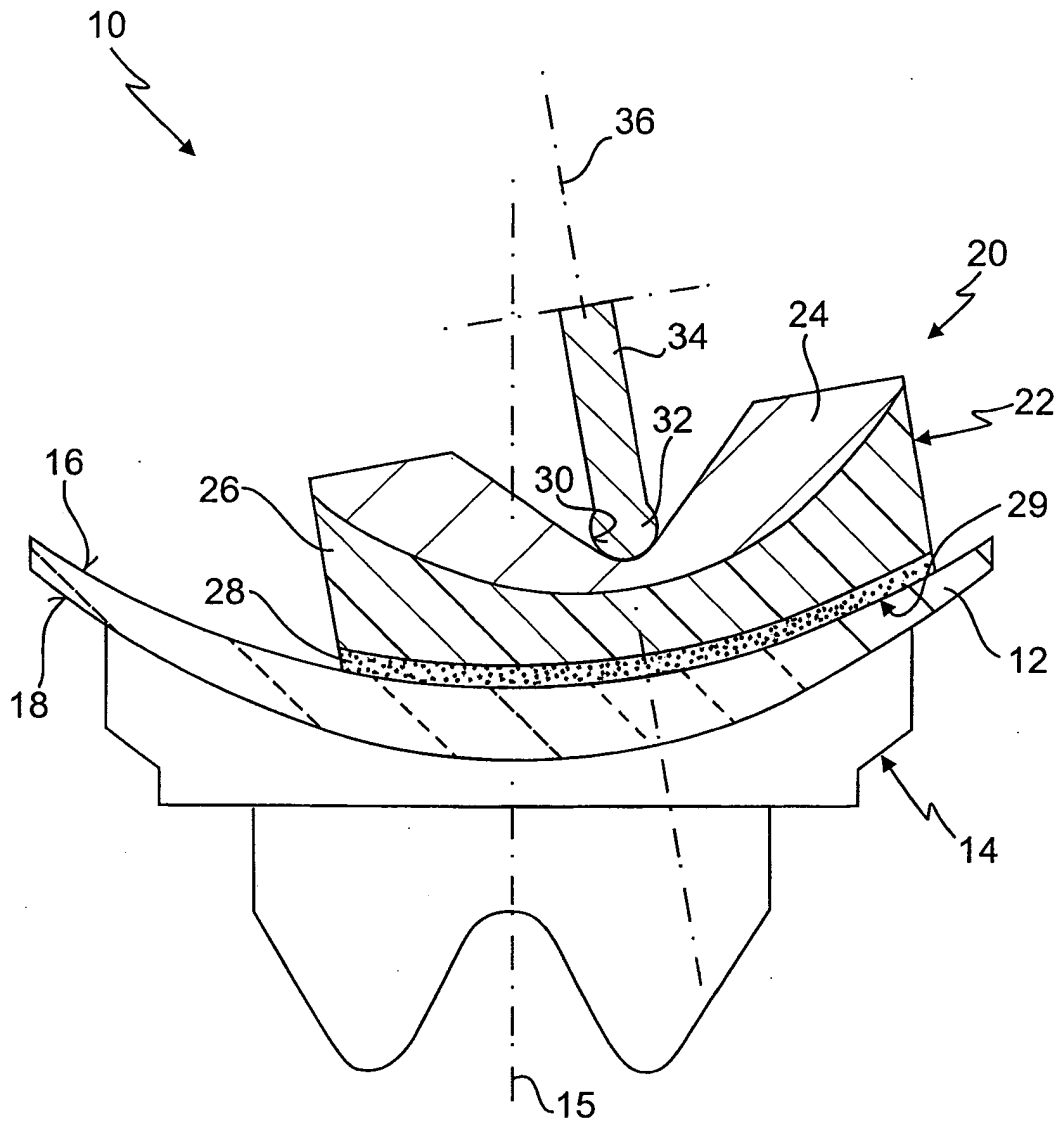


Fig. 1

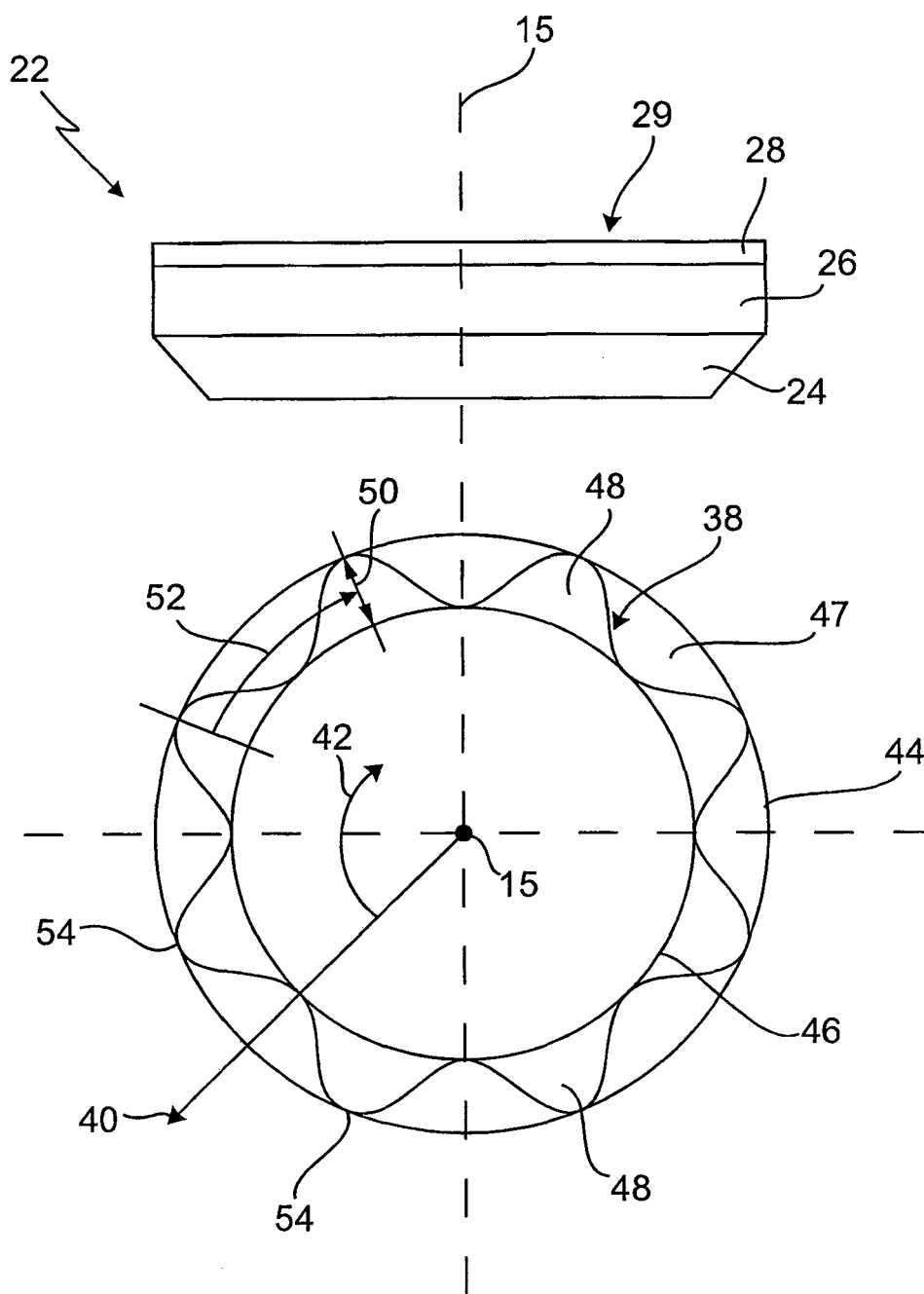


Fig. 2

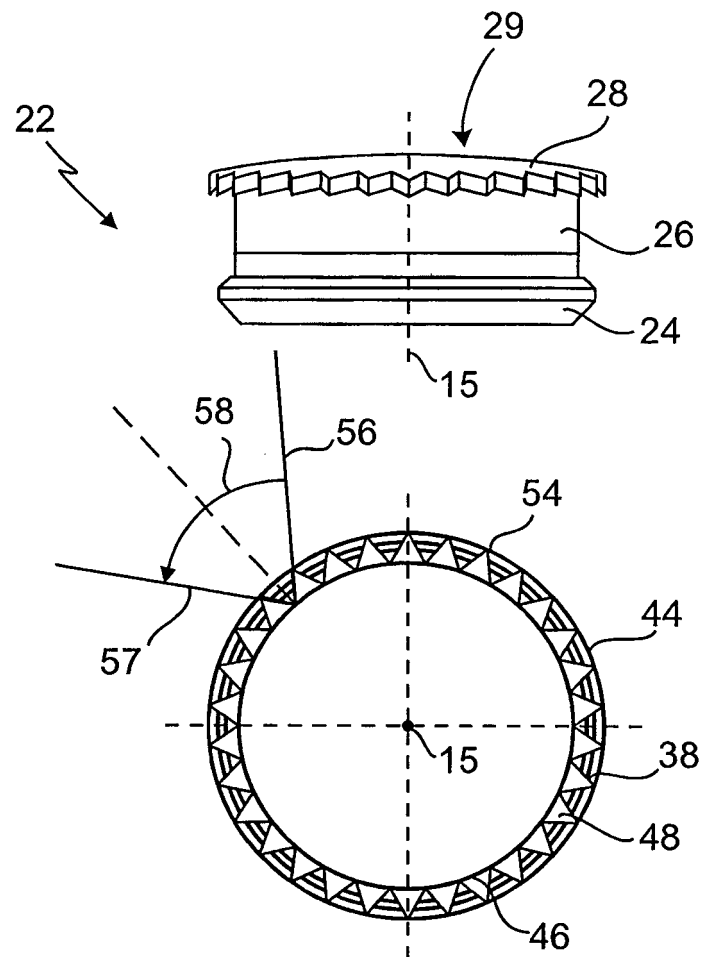


Fig. 3

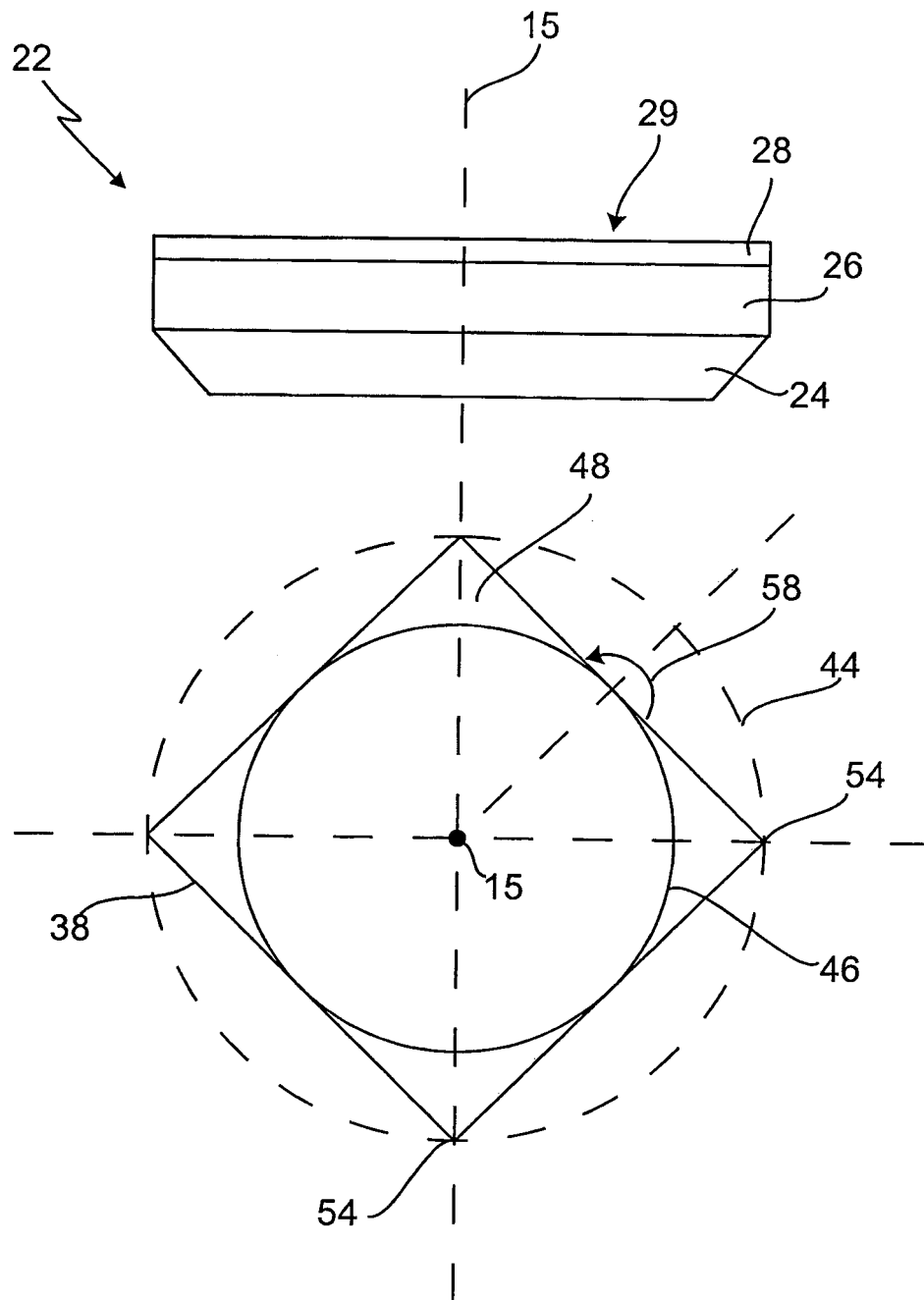


Fig. 4

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

- WO 2005068133 A1 [0003]
- DE 10100860 A1 [0007]
- EP 0567894 B1 [0007]
- DE 4442181 A1 [0007]
- DE 10242422 [0007]
- DE 10106007 [0007]
- DE 102005010583 A1 [0012]
- EP 1644160 B1 [0014]
- US 20060094341 A1 [0019]
- FR 2900356 A1 [0020]
- US 6796877 B1 [0020]