



(11) **EP 1 773 539 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
02.04.2008 Patentblatt 2008/14

(51) Int Cl.:
B24B 13/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05768577.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/008329

(22) Anmeldetag: **02.08.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2006/015761 (16.02.2006 Gazette 2006/07)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BEARBEITUNG VON OBERFLÄCHEN VON OPTISCHEN WERKSTÜCKEN**

METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING OPTICAL WORKPIECE SURFACES

PROCEDE ET DISPOSITIF DE TRAITEMENT DE SURFACES DE PIECES OPTIQUES

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

(30) Priorität: **02.08.2004 DE 102004037454**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
18.04.2007 Patentblatt 2007/16

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

(72) Erfinder:
• **SCHORCHT, Ralf**
89551 Königsbronn (DE)

• **MICHELS, Georg**
73431 Aalen (DE)

(74) Vertreter: **Lorenz, Markus**
Lorenz & Kollegen
Patent- und Rechtsanwaltskanzlei
Alte Ulmer Straße 2
89522 Heidenheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 175 962 DE-A1- 19 860 101
DE-B- 1 072 502 GB-A- 563 067
US-A- 4 862 646

EP 1 773 539 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung von O-berflächen von optischen Werkstücken mit nicht rotationssymmetrischen und/oder asphärischen Flächen, wie Linsen oder Brillengläser, mit wenigstens einem Werkzeug, wobei wenigstens ein optisches Werkstück in einer um eine Achse einer Werkstückspindel rotierenden Werkstückaufnahme gehalten wird. Des weiteren betrifft die Erfindung auch eine Bearbeitungsvorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens.

[0002] Bei den bisher bekannten Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von optischen Werkstücken, insbesondere zur Bearbeitung von Brillengläsern, wird das Werkstück in einer Werkstückaufnahme, welche sich auf einer Werkstückspindel befindet, eingespannt. Eine Werkstückachse des Werkstücks koinzidiert mit einer Rotationsachse der Werkstückspindel. Bei der Bearbeitung erhält die Oberfläche des Werkstücks durch Vorarbeiten mit einem üblicherweise diamantbesetzten Schleif-, Fräs- oder Drehwerkzeug eine genau definierte Flächenform. Mit einem feineren Werkzeug wird die Oberfläche nochmals überarbeitet. Durch nachträgliches Polieren der Oberfläche erhält diese die gewünschte Oberflächengüte.

[0003] Diese Art der Herstellung von Brillengläsern ist beispielsweise aus der DE 196 16 526 A1 und aus der DE 102 48 103 A1 bekannt.

[0004] Nachteilig ist jedoch, dass bei einem Drehprozess mit konstanter Drehzahl die Schnittgeschwindigkeit zu der Rotationsachse der Werkstückspindel hin gegen null geht, wodurch sich die Spanbildungs- und Spanflussbedingungen kontinuierlich verändern, bis im Zentrum des Werkstückes der eigentliche Schnittprozess durch eine Materialverdrängung abgelöst wird.

[0005] Dadurch ist die Ausbildung der Oberfläche bzw. die Oberflächengüte nur unzureichend. Um ein gleichbleibendes Bearbeitungsergebnis auf der gesamten Oberfläche des Werkstücks zu erreichen, müsste die Schnittgeschwindigkeit konstant gehalten werden. Dies bedeutet aber, dass eine kontinuierliche, gegen unendlich gehende Bearbeitungsdrehzahl zum Rotationszentrum hin erzielt werden müsste, die aber in der Praxis durch begrenzte Spindeldrehzahlen, Werkstückspannsysteme usw. nicht realisierbar ist. Um die Werkstückoberfläche präzise und sauber zu bearbeiten, ist weiterhin ein genaues Justieren der Werkzeuge Voraussetzung. Die Justierung der Werkzeuge muss daher in regelmäßigen Abständen beispielsweise aufgrund thermisch bedingten Maschinendriffs oder des Werkzeugverschleißes vorgenommen werden, was zu einer Unterbrechung des Fertigungsablaufes führt.

[0006] In der EP 1 175 962 A1 ist eine Bearbeitungsvorrichtung zum Bearbeiten von Linsenrohlingen beschrieben, wobei die Achsen der Linsenrohlinge und ihrer Aufnahmen senkrecht zu einer Werkstückspindelachse angeordnet sind. Zum weiteren Stand der Technik wird auch auf die DE 198 60 101 A1 und das Patent

Abstracts of Japan 04025366 AA verwiesen.

[0007] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Bearbeitung von optischen Werkstücken, wie optischen Linsen oder Brillengläsern, zu schaffen, mit welchem eine hohe Oberflächengüte über die gesamte Fläche des Werkstückes ohne zusätzliche Bearbeitungsschritte erzielt werden kann, wobei bei Bedarf auch mehrere optische Werkstücke gleichzeitig oder nacheinander ohne größeren Aufwand bearbeitet werden können.

[0008] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

[0009] Erfindungsgemäß fallen die Werkstückachse des Werkstückes und damit auch der Werkzeugaufnahme nicht mit der Rotationsachse der Werkstückspindel zusammen. Durch die Verlagerung der Rotationsachse der Werkstückspindel aus dem Zentrum des Werkstückes, zum Beispiel in einen Randbereich des Werkstückes, welcher in einem späteren Bearbeitungsprozess des Werkstückes abgearbeitet wird bzw. für das Endprodukt nicht relevant ist, wird das Mittenproblem bzw. die Singularität der bisherigen Drehbewegung, nämlich dass der eigentliche Schnittprozess durch eine Materialverdrängung abgelöst wird und somit die Oberflächenausbildung unzureichend ist, z. B. in den Randbereich des Werkstückes verschoben. Das im Stand der Technik beschriebene Problem der genauen und in regelmäßigen Abständen zu wiederholenden Werkzeugjustage, nämlich dass eine Schneide des Werkzeuges die Rotationsachse der Werkstückspindel schneidet, wird ebenfalls durch die Verlagerung der Rotationsachse der Werkstückspindel in einen Abstand zu der Werkstückachse des Werkstückes bzw. die Verlagerung der Rotationsachse in einen nicht relevanten Randbereich des Werkstückes, gelöst. Auf diese Weise ist ein genaues Justieren des Werkzeuges nicht mehr notwendig, wodurch eine Beschleunigung des Fertigungsablaufes erzielt wird. Ebenso können auf diese Weise, da eine hochpräzise Oberflächengüte im Zentrum der Werkstücke erreicht wird, nachfolgende Bearbeitungsschritte, wie Polieren, gegebenenfalls entfallen.

[0010] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Rotationsachse der Werkstückspindel außerhalb des wenigstens einen Werkstücks verläuft, wodurch eine Schnittgeschwindigkeit von 0 entfällt und auf diese Weise das Mittenproblem vollständig eliminiert wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass mehrere Werkstücke gleichzeitig auf der Werkstückspindel bearbeitet werden können. Eine derartige Parallelbearbeitung der Werkstücke führt zu einer Wirtschaftlichkeitssteigerung, geringeren Kosten und Zeitersparnis.

[0011] Die Achse der Werkzeugaufnahme kann mit der Werkstückachse identisch sein, aber dies ist grundsätzlich nicht unbedingt notwendig.

[0012] In Anspruch 24 wird eine erfindungsgemäße Bearbeitungsvorrichtung angegeben, mit der das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist.

[0013] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbil-

dungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0014] Es zeigt:

- Figur 1 eine prinzipmäßige Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung von Werkstücken auf einer Werkstückspindel in Verbindung mit einem Werkzeug;
- Figur 2 eine prinzipmäßige Darstellung der Werkstückspindel mit Werkstücken bei einem Einsatz von zwei Werkzeugen zur Bearbeitung der Werkstücke;
- Figur 3 eine prinzipmäßige Darstellung einer alternativen Werkzeugzustellung über eine Rotationsbewegung; und
- Figur 4 eine prinzipmäßige Darstellung der Werkstückspindel mit Werkstücken in der Draufsicht.
- Figur 5 eine Draufsicht entsprechend Fig. 4 mit verschiedenen Anordnungen von Werkstücken auf der Werkstückspindel.

[0015] In Figur 1 ist eine, nur gestrichelt gezeigte Bearbeitungsvorrichtung 1, im vorliegenden Fall eine Drehmaschine, mit einer Werkstückspindel 1', welche eine Rotationsachse 2 aufweist, dargestellt. Auf der Werkstückspindel 1' sind in diesem Ausführungsbeispiel zwei Werkstücke 3, welche jeweils in einer nur sehr schematisch dargestellten Werkstückaufnahme 4 gehalten werden, gelagert. Die Werkstücke 3 können als optische Werkstücke, wie beispielsweise optische Linsen oder Brillengläser, ausgebildet sein. In diesem wie auch in den nachfolgenden Ausführungsbeispielen wird von Rohlingen der Brillengläser als Werkstücke 3 ausgegangen. Zur Bearbeitung der Werkstücke 3 mit einem Werkzeug 5, welches eine Schneide 6 aufweist, rotiert die Werkstückspindel 1' um ihre Rotationsachse 2 gemäß Pfeil 7. Für die Herstellung von Brillengläsern als Werkstücke 3 wird als Werkzeug 5 üblicherweise ein Diamantwerkzeug eingesetzt. Zur Herstellung von organischen Brillengläsern werden vorteilhafterweise polykristalline Diamantwerkzeuge für die Vorbearbeitung und monokristalline Diamantwerkzeuge für die Feinbearbeitung eingesetzt. Selbstverständlich kann auch nur ein Werkstück 3 auf der Werkstückspindel 1' zur Bearbeitung gelagert sein.

[0016] Wie aus Figur 1 ersichtlich, verläuft die Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' durch die spezielle Werkstückanordnung bei dieser Drehbearbeitung außerhalb der zu fertigenden Brillengläser. Die den Achsen der Werkstückaufnahmen 4 entsprechenden Werkstückachsen 8 der Werkstücke 3 verlaufen parallel zur Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1', aber sie fallen

nicht mit der Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' zusammen. Gegebenenfalls kann auch eine leichte Abweichung von der Parallelität zwischen Werkstückachse 8 und Rotationsachse von Vorteil sein wie nachfolgend näher an Hand der Figur 3 mit der Achse 8 erklärt wird. Gleiches gilt für Längsachsen 18 der Werkstückaufnahmen 4. Auf diese Weise können mehrere Werkstücke 3 auf der Werkstückspindel 1' angeordnet werden, womit eine Parallelbearbeitung der Werkstücke 3 erfolgen kann. Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel entsprechen die Werkstückachsen 8 auch den Achsen 18 der Werkstückaufnahmen 4, obwohl dies nicht unbedingt der Fall sein muss. Wie ersichtlich sind die Werkstücke 3 in einer Ebene auf der Werkstückspindel 1' gelagert. Bei der Bearbeitung von Oberflächen der Werkstücke 3 gemäß dem Stand der Technik wird nur ein Werkstück auf der Werkstückspindel 1' angeordnet, wobei die Werkstückachse 8 mit der Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' koinzidiert.

[0017] Eine alternative Möglichkeit der Anordnung eines Werkstücks 3 auf der Werkstückspindel 1' liegt darin, dass die Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' zwar durch das Werkstück 3 verläuft, jedoch nicht mit dessen Werkstückachse 8 zusammenfällt. Dadurch wird das zu lösende Problem der Materialverdrängung vom Zentrum des Werkstücks 3 an den entsprechenden Schnittpunkt des Werkstücks 3 mit der Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' nur verlagert, so dass auch derjenige Bereich, in dem die Schnittgeschwindigkeit Null wird, im Bereich der zu fertigenden Werkstückoberfläche liegt. Dieses Problem kann jedoch umgangen werden, wenn zwar die Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' durch das Werkstück 3 verläuft, aber in einem Bereich der später aufgrund des Einfassens des Brillenglases in eine Fassung abgearbeitet bzw. entfernt wird. Auf diese Weise wird die Materialverdrängung in einen Randbereich des Werkstücks 3 verlegt, welcher für das Endprodukt nicht relevant ist. Um auf diese Weise das Werkstück 3 zu bearbeiten, sollte vor der Drehbearbeitung bekannt sein, welche Form die Fassung, in welche später das Brillenglas eingefasst werden soll, aufweist, damit die Materialverdrängung in dem Werkstück 3 in den Bereich verlegt werden kann, welcher beim Einpassen des Brillenglases in die Fassung entfernt wird. Auf diese Weise kann ebenfalls eine ausreichende Oberflächengüte erreicht werden, jedoch ist hier eine Parallelbearbeitung von mehreren Werkstücken 3 auf der Werkstückspindel 1' nicht realisierbar.

[0018] Zur Bearbeitung der Werkstücke 3 ist das Werkzeug 5 in einer hochdynamischen Werkzeugzustelleinheit (Fast Tool Servo-System = FTS-System oder Slow Tool Servo-System) 9 gehalten. Die axiale Werkzeugzustellung erfolgt dabei über die hochdynamische Werkzeugzustelleinheit 9. Diese hochdynamische Werkzeugzustelleinheit 9 kann simultan zu den anderen Maschinenachsen gesteuert und/oder geregelt werden und ermöglicht die Herstellung von nicht-rotationssymmetrischen Bauteilen auf Drehmaschinen. Üblicherweise sind

diese als piezoelektrische oder Lorentzkraft getriebenen Antriebe ausgelegt; aber auch jede andere Art zur Realisierung der Zustellbewegung ist denkbar. Dabei wird während der Bearbeitung der Winkel und die Position des Werkzeuges 5, bei der hier vorliegenden Drehbearbeitung mittels eines Drehmeißels, erfasst und online die notwendige Zustellung berechnet. Der hochdynamische Antrieb variiert die Zustellung des Werkzeuges 5 entsprechend der Sollkontur. Auf diese Weise lassen sich mit Hilfe von geeigneten Werkzeugen 5 rotationssymmetrische wie auch nicht-rotationssymmetrische Flächen (Freiformflächen) effektiv und wirtschaftlich herstellen. Da es sich bei der Bearbeitung um eine kontinuierliche Schnittbewegung handelt, lassen sich bessere Oberflächengüten als bei einem Fräsprozess mit unterbrochenem Schnitt erreichen.

[0019] Um optimale Ergebnisse zu erzielen wird eine Werkzeugzustelleinheit mit einer Hubfrequenz von >15.000 Hz, vorzugsweise >20.000 Hz bei bis zu 35 mm Hub verwendet. Auf diese Weise lässt sich auch eine Oberflächenrauigkeit RMS von <20 nm, sogar zwischen 2-10 nm, erreichen.

[0020] Bei der Bearbeitung von nicht planen, nicht zur Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' senkrechten Flächen, wie hier vorliegend, ist die Kopplung der Rotationsachse 2 mit der Zustellbewegung des Werkzeuges 5 notwendig. Dies wird über die Werkzeugzustelleinheit 9 realisiert. Die Werkzeugzustelleinheit 9 erlaubt während einer Spindelumdrehung definierte Änderungen der Zustellung in Abhängigkeit der Winkelposition der Werkstückspindel 1'. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass mit steigender Spindeldrehzahl sehr hohe Beschleunigungswerte bzw. Hubfrequenzen bei gleichzeitig hoher Verfahrpriizision erreicht werden müssen.

[0021] Ein kontinuierlicher radialer Vorschub des Werkzeuges 5 wird in Figur 1 durch die Pfeile 10 dargestellt. Die dynamische Werkzeugzustellung erfolgt synchron zur Werkstückspindel 1' mittels der Werkzeugzustelleinheit 9 und ist durch den Pfeil 11 dargestellt. Eine alternative Realisierung des radialen Vorschubes kann auch durch Bewegen der Werkstückspindel 1' entlang der Pfeile 12 erfolgen. Je nach Maschinenkonzeption können sich somit aus einer Aufteilung der benötigten radialen und axialen Zustellung auf das Werkzeug 5 und das Werkstück 3 Vorteile hinsichtlich Maschinengenauigkeit, Maschinendynamik, Schwingungsdämpfung usw. ergeben. Beispielsweise kann die axiale Zustellung durch das Werkzeug 5 und die radiale Zustellung durch die Werkstückspindel 1' erfolgen.

[0022] Die Drehbearbeitung der Werkstücke 3 mittels des Werkzeuges 5 soll hier nur kurz beschrieben werden, da diese im Allgemeinen bereits aus dem Stand der Technik bekannt ist. Die Bearbeitung der Oberflächen der Werkstücke 3 mittels des Werkzeuges 5, wobei die Werkstücke 3 um die Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' rotieren, erfolgt radial langsam vom äußeren Bereich der Werkstückspindel 1' in Richtung der Rotationsachse 2. Das Werkzeug 5 macht dabei relativ kurze

schnelle axiale Auf- und Abwärtsbewegungen und bringt dadurch die gewünschte Kontur nach und nach in die Werkstücke 3 ein. Pro Umdrehung der Werkstückspindel 1' um ihre Rotationsachse 2 führt das Werkzeug 5 parallel zur Rotationsachse 2 mehrere Hubbewegungen mittels der Werkzeugzustelleinheit 9 durch, womit eine Zustellung des Werkzeuges 5 mit sehr hoher Frequenz gewährleistet wird. Es können gleichzeitig mehrere Werkstücke 3 auf der Werkstückspindel 1' mittels des Werkzeuges 5 bearbeitet werden, wodurch die Bereiche der Oberflächen der Werkstücke 3 mit der von der Bearbeitungsvorrichtung 1 vorgegebenen Kontur versehen werden. Selbstverständlich kann die Bearbeitung der Oberflächen der Werkstücke 3 auch von der Rotationsachse 2 ausgehend in Richtung des Randes der Werkstückspindel 1' erfolgen.

[0023] Um jedoch bei gleichem benötigten Gesamthubweg des Werkzeuges 5 den Anteil des hochdynamisch zu verfahrenen Hubweges bei der Herstellung von nicht-rotationssymmetrischen Werkstücken 3 bzw. von Werkstücken 3 mit unterschiedlichen Oberflächenkrümmungen zu reduzieren, ist es vorteilhaft, das Werkstück 3 so aufzuspannen, dass die zur Spanabnahme mit dem Werkzeug 5 abzufahrenden Bahnkurvensegmente mit den geringeren Anforderungen an die Zustellbewegungen, das bedeutet, Oberflächenkrümmungen mit größerem Radius, tangential zur Schnitttrichtung des Werkzeuges verlaufen. Solche vorteilhaften Bahnkurvensegmente sind in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 13 versehen und zur Vereinfachung nur in einem Werkstück 3 durch Linien dargestellt. Mit Bahnkurve ist der Verfahrensweg des Werkzeuges 5 gemeint, welchen das Werkzeug 5 während seines mehrfachen spiralförmigen 360° C Umlaufes zur Bearbeitung zurücklegt, vergleichbar einer Schallplatte. Die Vorschubrichtung 10 des Werkzeuges verläuft somit senkrecht zum Umlauf des Werkzeuges 5 bzw. radial, z.B. von außen nach innen.

[0024] Oberflächenkurvensegmente der Werkstücke, die sehr hohe Anforderungen an die Zustellbewegung hinsichtlich zurückzulegendem Weg und Hubdynamik stellen, das bedeutet, Oberflächenkrümmungen mit kleinerem Radius, sind durch entsprechende Ausrichtung des Werkstücks 3 so zu orientieren, dass diese (in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 14 versehen), radial in Vorschubrichtung 10 des Werkzeuges 5 verlaufen. Bei einer solchen Anordnung des Werkstücks 3 muss das Werkzeug 5 pro Umdrehung beim Abfahren der Bahnkurvensegmente 13 deutlich weniger Zustellweg hochdynamisch zurücklegen als dies bei einer um 90° um die Werkstückachse 8 gedrehten Anordnung des Werkstücks 3 und dem Abfahren von Oberflächenkurvensegmente entlang bzw. parallel der Linie 14 der Fall wäre.

[0025] Die vorstehend beschriebenen Zustellbewegungen des Werkzeuges 5 sind eine Optimierung hinsichtlich Genauigkeit und Zeit, da auf diese Weise die unvermeidlichen Hubbewegungen so gering wie möglich gehalten werden. Dieses Zustellverfahren lässt sich für alle Formen von Oberflächen, wie Freiformflächen, sym-

metrische, asymmetrische und asphärische Oberflächen der Werkstücke 3 anwenden.

[0026] Wenn ein Bereich der zu bearbeitenden Oberfläche des Oberflächenkurvensegments eines Werkstückes 3 eine sehr hohe Steigung aufweist, kann auch das zu bearbeitende Werkstück so in die Werkzeugaufnahme 4 eingespannt werden, dass die Werkstückachse 8 in einem entsprechenden Winkel zu der Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' gekippt wird, wie dies aus der Figur 3 mit dem Bezugszeichen "8'" und der gestrichelten Darstellung entnehmbar ist. Bei einer derartigen Schrägstellung der Werkstückachse 8' sind von dem Werkzeug geringere Hubbewegungen erforderlich. Gegebenfalls kann auch die Achse 18 der Werkstückaufnahme 4 selbst zusammen mit der Werkstückachse 8' schräggestellt werden. Die Schrägstellung und damit die Abweichung von der Parallelität kann z.B. bis 5-10° betragen.

[0027] Figur 2 zeigt die Bearbeitung der Werkstücke 3 mit Werkzeugen 5' und 5'', welche in diesem Ausführungsbeispiel zwei unterschiedliche Werkzeuge darstellen. Da grundsätzlich die Anordnung der Werkstücke 3 auf der Werkstückspindel 1' dem Ausführungsbeispiel nach der Figur 1 entspricht, wurden für gleiche Teile auch die gleichen Bezugszeichen verwendet. Wie in Figur 2 ersichtlich, ist der Einsatz mehrerer Werkzeuge 5' und 5'' möglich, um somit die Bearbeitungszeit der Werkstücke 3 wesentlich zu verkürzen. Zur gleichzeitigen Bearbeitung der Werkstücke 3 können gleiche Werkzeuge 5 oder aber auch, wie in Figur 2 dargestellt, für einen Vor- und einen Feindrehprozess unterschiedliche Werkzeuge 5' und 5'' eingesetzt werden. Das Werkzeug 5' ist in diesem Ausführungsbeispiel als Vordrehwerkzeug und das Werkzeug 5'' als Feindrehwerkzeug ausgebildet.

[0028] Die Werkzeugzustellung erfolgt auch hier wieder synchron zur Werkstückspindel 1' mittels der Werkzeugzustelleinheit 9. Der radiale Vorschub der Werkzeuge 5' und 5'' erfolgt ebenfalls jeweils vom äußeren Bereich der Werkstückspindel 1' hin zu ihrer Rotationsachse 2. Selbstverständlich kann auch hier der radiale Vorschub von der Rotationsachse 2 aus nach außen, entgegengesetzt der Pfeilrichtung 10 erfolgen. Die alternative Realisierung des radialen Vorschubes, in dem sich die Werkstückspindel 1' gemäß den Pfeilen 12 hin- und herbewegt, ist hier auch möglich, wobei aber dann entgegen der Darstellung in Figur 2 die Werkzeuge 5' und 5'' sequentiell in Vorschubrichtung auf einer Seite der Werkstückspindel 1' anzuordnen sind.

[0029] Weiterhin kann die Zustellung der Werkzeuge 5, 5' und 5'', wie in den Figuren 1 und 2 dargestellt, nicht linear, sondern über eine Rotationsbewegung bzw. Schwenkbewegungen realisiert werden, wie dies in Figur 3 beispielhaft dargestellt ist. Hierbei schwingt das Werkzeug 5 und somit die Werkzeugschneide 6 um eine Rotationsachse 15, wobei nur eine geringe Bewegung des Werkzeuges 5 gemäß dem Pfeil 16 nach oben und unten erfolgt. Eine derartige Ausgestaltung des Werkzeuges 5 bzw. eine derartige Bearbeitung der Werkstücke 3 durch

das Werkzeug 5 aus Figur 3 ist dahingehend von Vorteil, da die Rotationsachse 15 einfacher und präziser fertigbar ist als eine axiale Zustellung bzw. eine Linearführung.

[0030] In Figur 4 ist die Werkstückspindel 1' mit den sich darauf befindenden Werkstücken 3 in der Draufsicht dargestellt. Auf der Werkstückspindel 1' sind in diesem Ausführungsbeispiel vier Werkstücke 3 angeordnet. Die Werkstücke 3 können mit gleichen optischen Oberflächen versehen werden, wobei aber auch verschiedene optische Oberflächen, wie beispielsweise sphärische Flächen, torische Flächen, symmetrische asphärische Flächen oder auch unsymmetrische asphärische Flächen gleichzeitig mit dem Werkzeug 5 bzw. mit den Werkzeugen 5' und 5'' in den Werkstücken 3 erzeugt werden können. Auf diese Weise können somit gleichzeitig rotationssymmetrische und nicht-rotationssymmetrische Werkstücke 3 auf der Werkstückspindel 1' erzeugt werden. Ebenfalls können auch Werkstücke aus unterschiedlichen Materialien gleichzeitig bearbeitet werden, sofern die gleichen Bearbeitungsparameter wie Schnittgeschwindigkeit, Vorschub, usw., also Ähnlichkeiten im Spanprozessverhalten, vorliegen.

[0031] Je nach Komplexität der zu fertigenden Werkstückgeometrien ist ein Zwischenraum 17 bzw. der Verfahrweg des Werkzeuges 5 bzw. 5' und 5'' zwischen den einzelnen Werkstücken 3 mit geeigneten Wegparametern zu interpolieren. Der jeweilige Zwischenraum 17 zur Interpolation zwischen den einzelnen Werkstücken 3 wird benötigt, um eine stetige, geglättete Werkzeugbahn berechnen zu können und somit theoretisch mögliche Sprünge in der Zustellung des Werkzeuges 5, 5', 5'' vom Austritt aus dem einen Werkstück 3 zum Eintritt in ein anderes Werkstück 3 auszuschließen. Dies bedeutet, dass die entsprechenden Flächenanteile der Zwischenräume 17 zwischen den jeweiligen Werkstücken 3 so zu interpolieren sind, dass die einzelnen Werkstücke 3, welche auf der Werkstückspindel 1' angeordnet sind, Bestandteil einer gedachten Gesamtfläche sind und diese gedachte Gesamtfläche mit dem Werkzeug 5 bzw. mit den Werkzeugen 5' und 5'' abgefahren wird. Dabei ist das Werkzeug 5, 5' oder 5'' nur dann im Eingriff, wenn diese gedachte, abzufahrende Fläche die Werkstücke 3 schneidet.

[0032] Zur Einbettung derartiger Zwischenräume bzw. Flächenanteile 17 in eine Gesamtfläche können aus dem Stand der Technik bekannte Algorithmen eingesetzt werden. Um jedoch den Zwischenraum 17 mit den geeigneten Wegparametern zu interpolieren, ist es notwendig, dass ein ausreichend großer Abstand zwischen den einzelnen Werkstücken 3 vorliegt. Auf diese Weise kann die Zustellung des Werkzeuges 5, 5' und 5'' zu jedem Werkstück 3 sehr schnell erfolgen. Eine theoretische Begrenzung der Anzahl der Werkstücke 3 existiert nicht.

[0033] Um optimale Ergebnisse zu erzielen und im Hinblick auf stetige Übergänge und auf eine kurze Bearbeitungszeit sollten die Zwischenräume bzw. die Abstände X zwischen den zu bearbeitenden Werkstücken 3 nicht größer als 30 mm, vorzugsweise nicht größer als

10 mm sein (siehe Figur 2).

[0034] Die Figur 5 zeigt eine Draufsicht auf die Werkstückspindel mit mehreren Werkstücken 3. Wie ersichtlich können die Werkstücke in beliebiger Form - je nach den gestellten Anforderungen - auf der Werkstückspindel 1' angeordnet sein. So ist zum Beispiel eine Anordnung in Ringform möglich, ebenso wie zusätzlich oder alternativ mehrere Werkstücke 3, die radial von innen nach außen hintereinander angeordnet sein können. Auch eine asymmetrische Anordnung ist möglich.

[0035] Im Bedarfsfalle kann die Bearbeitungsvorrichtung nicht nur zum spanabhebenden Bearbeiten der Werkstücke 3 verwendet werden, sondern auch zum Schleifen oder Polieren, wobei dies gegebenenfalls nacheinander oder auch gleichzeitig während der spanabhebenden Bearbeitung von anderen Werkstücken 3 erfolgen kann.

[0036] Anstelle einer senkrechten Anordnung der Bearbeitungsvorrichtung kann diese auch horizontal angeordnet werden, womit die Achsen 2, 8 und 18 ebenfalls horizontal statt senkrecht angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von optischen Werkstücken (3) mit nicht rotationssymmetrischen und/oder asphärischen Flächen, wie Linsen oder Brillengläsern, mit wenigstens einem Werkzeug (5), das zur Bearbeitung der nicht rotationssymmetrischen und/oder asphärischen Flächen durch eine Werkzeugzustelleinheit (9) zugestellt wird, wobei wenigstens ein optisches Werkstück (3) in einer um eine Rotationsachse (2) einer Werkstückspindel (1') rotierenden Werkstückaufnahme (4) gehalten wird, wobei das wenigstens eine optische Werkstück (3) durch die Werkstückaufnahme (4) derart aufgenommen wird, dass die Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') in einem Abstand zu einer Werkstückachse (8) des wenigstens einen optischen Werkstückes (3) und zu einer Längsachse (18) der Werkstückaufnahme (4) verläuft, wobei die Längsachse (18) der Werkstückaufnahme (4) wenigstens annähernd parallel zur Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') liegt und wobei die Rotationsachse (2) mit der Zustellbewegung des wenigstens einen Werkzeugs (5) gekoppelt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') außerhalb des wenigstens einen optischen Werkstücks (3) verläuft.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Bearbeitung einer gekrümmten Oberfläche des optischen Werkstückes (3) das optische Werkstück so ausgerichtet wird,

dass bei einer unterschiedlichen Oberflächenkrümmung die mit dem durch das wenigstens eine Werkzeug (5) abzufahrenden Bahnkurvensegmente (13) mit geringeren Anforderungen an einen Verfahrweg, der sich aus einem größeren Radius der gekrümmten Fläche ergibt, tangential zu einer Schnittrichtung des wenigstens einen Werkzeugs (5) verlaufen, und dass Oberflächenkurvensegmente (14) mit hohen Anforderungen an einen Verfahrweg, der sich aus einem kleineren Radius der gekrümmten Fläche ergibt, radial in eine Vorschubrichtung (10) des wenigstens einen Werkzeugs (5) verlaufen.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei optische Werkstücke (3) in jeweils einer Werkstückaufnahme (4) gelagert werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die optischen Werkstücke (3) wenigstens annähernd in einer Ebene gelagert werden.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei optischen Werkstücke (3) mit ein und demselben Werkzeug (5) bearbeitet werden.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine optische Werkstück (3) mit wenigstens zwei unterschiedlichen Werkzeugen (5', 5'') bearbeitet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Werkzeug (5', 5'') ein Drehmeißel verwendet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Werkzeug (5') als Vordrehwerkzeug und wenigstens ein Werkzeug (5'') als Feindrehwerkzeug vorgesehen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Vordrehwerkzeug (5') ein polykristallines Diamantwerkzeug und für das Feindrehwerkzeug (5'') ein monokristallines Diamantwerkzeug verwendet wird.
11. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gleichzeitige Bearbeitung von mehreren optischen Werkstücken (3) mit wenigstens zwei Werkzeugen (5', 5'') erfolgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere optische Werkstücke (3) symmetrisch und/oder asymmetrisch zur Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') angeordnet werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** radial zur Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') mehrere optische Werkstücke (3) hintereinander angeordnet werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere optische Werkstücke (3) in ein oder in mehreren Kreisringformen auf der Werkstückspindel (1') angeordnet werden.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zustellung des wenigstens einen Werkzeuges (5,5',5") mit der Werkzeugschneide (6) über eine Schwenkbewegung erfolgt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** für die Schwenkbewegung eine Schwenkachse (15) des wenigstens einen Werkzeuges (5,5',5") wenigstens annähernd senkrecht zur Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') liegt.
17. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zustellung des wenigstens einen Werkzeuges (5,5', 5") wenigstens annähernd parallel zur Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') erfolgt.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückachsen (8,8') in einem Winkel gegenüber der Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') eingestellt werden können.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Verfahrensweg des wenigstens einen Werkzeuges (5,5',5") in Zwischenräumen (17) zum nächsten zu bearbeitenden optischen Werkstück (3) außerhalb des optischen Werkstücks (3) mit Wegparametern für eine stetig geglättete Bahn des wenigstens einen Werkzeuges (5,5', 5") interpoliert wird.
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verfahrensweg zwischen zwei benachbart liegenden Werkstücken (3) weniger als 30 mm, vorzugsweise weniger als 10 mm, beträgt.
21. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Werkzeugzustelleinheit (9) mit einer Hubfrequenz von >15.000 Hz, vorzugsweise >20.000 Hz, bei bis zu 35 mm Hub verwendet wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine radiale Vorschubbewegung (12) des wenigstens einen Werkzeugs (5,5',5") gegenüber dem optischen Werkstück (3) über die Werkstückspindel (1') erfolgt.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** das wenigstens eine Werkstück (3) nach einer spanabhebender Bearbeitung in der gleichen Werkzeugaufnahme (4) poliert oder geschliffen wird.
24. Bearbeitungsvorrichtung für Oberflächen von optischen Werkstücken (3) mit nicht rotationssymmetrischen und/oder asphärischen Flächen, wie optischen Linsen oder Brillengläsern, mit wenigstens einem Werkzeug (5), das zur Bearbeitung der nicht rotationssymmetrischen und/oder asphärischen Flächen durch eine Werkzeugzustelleinheit (9) zugestellt wird, mit wenigstens einer um eine Rotationsachse (2) einer Werkstückspindel (1') rotierenden Werkstückaufnahme (4), auf der das optische Werkstück (3) mit einer Werkstückachse (8) aufgenommen ist, wobei die Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') in einem Abstand zu der Werkstückachse (8) und zu einer Längsachse der Werkstückaufnahme (4) liegt, wobei die Längsachse (18) der wenigstens einen Werkstückaufnahme (4) wenigstens annähernd parallel zur Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') liegt und wobei die Rotationsachse (2) mit der Zustellbewegung des wenigstens einen Werkzeuges (5) gekoppelt ist.
25. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') außerhalb des wenigstens einen optischen Werkstücks (3) liegt.
26. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 24 oder 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückspindel (1') mit wenigstens zwei Werkstückaufnahmen (4) versehen ist, wobei die Achsen (18) der Werkstückaufnahmen (4) auf der Werkstückspindel (1') so angeordnet sind, dass die Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') jeweils außerhalb der optischen Werkstücke (3) verläuft.
27. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei unterschiedliche Werkzeuge (5',5") vorgesehen sind.
28. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Werkzeuge als Vordrehwerkzeug (5') und wenigstens ein Werkzeug als Feindrehwerkzeug (5") vorgesehen ist.
29. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Vordrehwerkzeug (5') als polykristallines Diamantwerkzeug und

dass das Feindrehwerkzeug (5'') als monokristallines Diamantwerkzeug ausgebildet ist.

30. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** Werkzeuge (5,5',5'') für die Bearbeitung unterschiedlicher Oberflächen von optischen Werkstücken (3) auf der Werkstückspindel (1') vorgesehen sind. 5
31. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer Bearbeitung einer gekrümmten Oberfläche des optischen Werkstückes (3) das optische Werkstück so in der Werkstückaufnahme (4) ausgerichtet ist, dass bei einer unterschiedlichen Oberflächenkrümmung die mit dem durch das wenigstens eine Werkzeug (5) abzufahrenden Bahnkurvensegmente (13) mit geringeren Anforderungen an einen Verfahrensweg, der sich aus einem größeren Radius der gekrümmten Fläche ergibt, tangential zu einer Schnittrichtung des wenigstens einen Werkzeugs (5) verlaufen, und dass Oberflächenkurvensegmente (14) mit hohen Anforderungen an einen Verfahrensweg, der sich aus einem kleineren Radius der gekrümmten Fläche ergibt, radial in eine Vorschubrichtung (10) des wenigstens einen Werkzeugs (5) verlaufen. 10 15 20 25
32. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere optische Werkstücke (3) radial hintereinander auf der Werkstückspindel (1') angeordnet sind. 30
33. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere optische Werkstücke (3) in Ringform auf der Werkstückspindel (1') angeordnet sind. 35
34. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 33, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Werkstücke (3) wenigstens annähernd in einer Ebene auf der Werkstückspindel (1') angeordnet sind. 40
35. Bearbeitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 24 bis 34, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstückachse (8') gegenüber der Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') bei steilen Oberflächenkrümmungen der Werkstücke schräg stellbar ist. 45 50

Claims

1. A method for processing surfaces of optical workpieces (3) having non-rotationally symmetrical and/or aspherical surfaces, such as lenses or spectacle glasses, by means of at least one tool (5) which is fed by means of a tool feed unit (9) for the processing of the non-rotationally symmetrical and/or as-

pherical surfaces, at least one optical workpiece (3) being held in a workpiece fixture (4) rotating about an axis of rotation (2) of a workpiece spindle (1'), the at least one optical workpiece (3) being received by the workpiece fixture (4) in such a way that the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1') runs at a distance from a workpiece axis (8) of the at least one optical workpiece (3), and from a longitudinal axis (18) of the workpiece fixture (4), the longitudinal axis (18) of the workpiece fixture (4) lying at least approximately parallel to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1'), and the axis of rotation (2) being coupled to the feed movement of the at least one tool (5).

2. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1') runs outside the at least one optical workpiece (3).
3. The method as claimed in claim 1 or 2, **characterized in that**, in a processing of a curved surface of the optical workpiece (3), the optical workpiece is oriented such that, in the case of a different surface curvature, the path curve segments (13) to be covered by the at least one tool (5), which place lower demands on a movement travel arising from a larger radius of the curved surface, run tangentially with respect to a cutting direction of the at least one tool (5), and **in that** surface curve segments (14) which place high demands on a movement travel arising from a smaller radius of the curved surface run radially in a direction of advance (10) of the at least one tool (5).
4. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** at least two optical workpieces (3) are mounted in each case in a workpiece fixture (4).
5. The method as claimed in claim 4, **characterized in that** the optical workpieces (3) are mounted at least approximately in one plane.
6. The method as claimed in claim 4, **characterized in that** the at least two optical workpieces (3) are processed by one and the same tool (5).
7. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the at least one optical workpiece (3) is processed by at least two different tools (5', 5'').
8. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** the tool (5', 5'') used is a lathe chisel.
9. The method as claimed in claim 8, **characterized in that** at least one tool (5') is provided as a preliminary turning tool and at least one tool (5'') as a precision turning tool.

10. The method as claimed in claim 9, **characterized in that** a polycrystalline diamond tool is used for the preliminary turning tool (5') and a monocrystalline diamond tool is used for the precision turning tool (5").
11. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** a simultaneous processing of a plurality of optical workpieces (3) at least two tools (5', 5") takes place.
12. The method as claimed in one of claims 1 to 11, **characterized in that** a plurality of optical workpieces (3) are arranged symmetrically and/or asymmetrically to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1').
13. The method as claimed in one of claims 1 to 12, **characterized in that** a plurality of optical workpieces (3) are arranged one behind the other radially with respect to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1').
14. The method as claimed in one of claims 1 to 13, **characterized in that** a plurality of optical workpieces (3) in one or in a plurality of annular forms are arranged on the workpiece spindle (1').
15. The method as claimed in one of claims 1 to 14, **characterized in that** a feed of the at least one tool (5, 5', 5") together with the tool cutting edge (6) takes place via a pivoting movement.
16. The method as claimed in claim 15, **characterized in that**, for the pivoting movement, a pivot axis (15) of the at least one tool (5, 5', 5") lies at least approximately perpendicular to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1').
17. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** a feed of the at least one tool (5, 5', 5") takes place at least approximately parallel to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1').
18. The method as claimed in one of claims 1 to 17, **characterized in that** the workpiece axes (8, 8') can be set at an angle to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1').
19. The method as claimed in one of claims 1 to 18, **characterized in that** a movement travel of the at least one tool (5, 5', 5") is interpolated in interspaces (17) with respect to the next optical workpiece (3) to be processed, outside the optical workpiece (3), with travel parameters for a continuously smoothed path of the at least one tool (5, 5', 5").
20. The method as claimed in claim 19, **characterized in that** the movement travel between two adjacent workpieces (3) is less than 30 mm, preferably less than 10 mm.
21. The method as claimed in claim 1, **characterized in that** a tool feed unit (9) with a stroke frequency of > 15 000 Hz, preferably of > 20 000 Hz, with a stroke of up to 35 mm is used.
22. The method as claimed in one of claims 1 to 21, **characterized in that** a radial advancing movement (12) of the at least one tool (5, 5', 5") with respect to the optical workpiece (3) takes place via the workpiece spindle (1').
23. The method as claimed in one of claims 1 to 22, **characterized in that**, after chip-removing processing, the at least one workpiece (3) is polished or ground in the same tool fixture (4).
24. A processing device for surfaces of optical workpieces (3) having non-rotationally symmetrical and/or aspherical surfaces, such as optical lenses or spectacle glasses, with at least one tool (5) which is fed by a tool feed unit (9) for processing the non-rotationally symmetrical and/or aspherical surfaces, with at least one workpiece fixture (4) rotating about an axis of rotation (2) of a workpiece spindle (1') and on which the optical workpiece (3) is received with a workpiece axis (8), the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1') lying at a distance from the workpiece axis (8) and from a longitudinal axis of the workpiece fixture (4), the longitudinal axis (18) of the at least one workpiece fixture (4) lying at least approximately parallel to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1'), and the axis of rotation (2) being coupled to the feed movement of the at least one tool (5).
25. The processing device as claimed in claim 24, **characterized in that** the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1') lies outside the at least one optical workpiece (3).
26. The processing device as claimed in claim 24 or 25, **characterized in that** the workpiece spindle (1') is provided with at least two workpiece fixtures (4), the axes (18) of the workpiece fixtures (4) being arranged on the workpiece spindle (1') such that the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1') runs in each case outside the optical workpieces (3).
27. The processing device as claimed in one of claims 24 to 26, **characterized in that** at least two different tools (5', 5") are provided.
28. The processing device as claimed in claim 27, **characterized in that** at least one of the tools is provided as a preliminary turning tool (5') and at least one tool

as a precision turning tool (5").

29. The processing device as claimed in claim 28, **characterized in that** the preliminary turning tool (5') is designed as a polycrystalline diamond tool, and **in that** the precision turning tool (5") is designed as a monocrystalline diamond tool. 5
30. The processing device as claimed in one of claims 24 to 29, **characterized in that** tools (5, 5', 5") for processing different surfaces of optical workpieces (3) on the workpiece spindle (1') are provided. 10
31. The processing device as claimed in one of claims 24 to 30, **characterized in that**, in a processing of a curved surface of the optical workpiece (3), the optical workpiece is oriented in the workpiece fixture (4) such that, in the case of a different surface curvature, the path curve segments (13) to be covered by the at least one tool (5), which place lower demands on a movement travel arising from a larger radius of the curved surface, run tangentially with respect to a cutting direction of the at least one tool (5), and **in that** surface curve segments (14) which place high demands on a movement travel arising from a smaller radius of the curved surface run radially in a direction of advance (10) of the at least one tool (5). 15 20 25
32. The processing device as claimed in one of claims 24 to 31, **characterized in that** a plurality of optical workpieces (3) are arranged radially one behind the other on the workpiece spindle (1'). 30
33. The processing device as claimed in one of claims 24 to 31, **characterized in that** a plurality of optical workpieces (3) are arranged in annular form on the workpiece spindle (1'). 35
34. The processing device as claimed in one of claims 24 to 33, **characterized in that** a plurality of workpieces (3) are arranged on the workpiece spindle (1') at least approximately in one plane. 40
35. The processing device as claimed in one of claims 24 to 34, **characterized in that** the workpiece axis (8') can be set obliquely with respect to the axis of rotation (2) of the workpiece spindle (1') in the case of steep surface curvatures of the workpieces. 45 50

Revendications

1. Procédé pour usiner des surfaces de pièces optiques (3) non symétriques de révolution et/ou asphériques, telles que des lentilles ou des verres de lunettes, comprenant au moins un outil (5) qui est avancé par une unité d'avance d'outil (9) pour usiner 55

les surfaces non symétriques de révolution et/ou asphériques, dans lequel au moins une pièce optique (3) est tenue dans un support de pièce (4) qui tourne autour d'un axe de rotation (2) d'une broche porte-pièce (1'), dans lequel l'au moins une pièce optique (3) est supportée par le support de pièce (4) de telle manière que l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1') se trouve à distance d'un axe (8) de l'au moins une pièce optique (3) et d'un axe longitudinal (18) du support de pièce (4), l'axe longitudinal (18) du support de pièce (4) étant disposé à peu près parallèlement à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1'), et l'axe de rotation (2) étant couplé au mouvement d'avance de l'au moins un outil (5).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1') s'étend en dehors de l'au moins une pièce optique (3).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, dans le cas de l'usinage d'une surface courbe de la pièce optique (3), la pièce optique est orientée de manière qu'en présence d'une différence de courbure de la surface, les segments de trajectoire (13) à parcourir par l'au moins un outil (5), dans lesquels les conditions exigées pour la course d'usinage sont moins strictes en raison du plus grand rayon de courbure de la surface courbe, s'étendent tangentiellement à une direction de coupe de l'au moins un outil (5), et **en ce que** des segments de trajectoire en surface (14), dans lesquels les conditions exigées pour la course d'usinage sont plus strictes en raison d'un plus petit rayon de courbure de la surface courbe, s'étendent radialement dans une direction d'avancement (10) de l'au moins un outil (5).
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, à chaque fois, au moins deux pièces optiques (3) sont montées dans un support de pièce (4).
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les pièces optiques (3) sont montées au moins à peu près dans un même plan.
6. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les au moins deux pièces optiques (3) sont usinées avec un seul et même outil (5).
7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la au moins une pièce optique (3) est usinée avec au moins deux outils différents (5', 5").
8. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise un outil de tour en tant qu'outil (5', 5").

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'**au moins un outil (5') est prévu en tant qu'outil de tour de dégrossissage et au moins un outil (5'') en tant qu'outil de tour de finition.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'on utilise un outil en diamant polycristallin pour l'outil de tour de dégrossissage (5') et un outil en diamant monocristallin pour l'outil de tour de finition (5''),
11. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**il s'effectue un usinage simultané de plusieurs pièces optiques (3) avec au moins deux outils (5', 5'').
12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces optiques (3) sont disposées symétriquement et/ou asymétriquement par rapport à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1').
13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces optiques (3) sont disposées l'une derrière l'autre dans une direction radiale par rapport à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1').
14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces optiques (3) sont disposées sur la broche porte-pièce (1') en une ou plusieurs couronnes.
15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce qu'**une avance de l'au moins un outil (5, 5', 5'') produite avec le taillant (6) de l'outil s'effectue au moyen d'un mouvement oscillant.
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que**, pour le mouvement oscillant, un axe d'oscillation (15) de l'au moins un outil (5, 5', 5'') s'étend au moins à peu près perpendiculairement à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1').
17. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**une avance de l'au moins un outil (5, 5', 5'') s'effectue au moins à peu près parallèlement à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1').
18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** les axes (8, 8') des pièces peuvent être ajustés en formant un angle avec l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1').
19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18, **caractérisé en ce que**, dans les intervalles (17) menant à chaque fois à la pièce optique (3) à usiner suivante, en dehors de la pièce optique (3) une course de déplacement de l'au moins un outil (5, 5', 5'')

est interpolée avec des paramètres de course pour obtenir une trajectoire lissée sans interruption de l'au moins un outil (5, 5', 5'').

- 5 20. Procédé selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** la course de déplacement entre deux pièces (3) voisines l'une de l'autre est de moins de 30 mm, de préférence de moins de 10 mm.
- 10 21. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on utilise une unité (9) d'avance de l'outil possédant une fréquence de course >15 000 Hz, de préférence > 20 000 hertz, avec une course jusqu'à 35 mm.
- 15 22. Procédé selon l'une des revendications 1 à 21, **caractérisé en ce qu'**il se produit un mouvement d'avancement radial (12) de l'au moins un outil (5, 5', 5'') par rapport à la pièce optique (3) qui est réalisé au moyen de la broche porte-pièce (1').
- 20 23. Procédé selon l'une des revendications 1 à 22, **caractérisé en ce que**, après un usinage par enlèvement de copeaux, l'au moins une pièce (3) est polie ou meulée dans le même support de pièce (4).
- 25 24. Dispositif d'usinage pour des surfaces de pièces optiques (3) non symétriques de révolution et/ou asphériques, comme des lentilles ou des verres de lunettes, comprenant au moins un outil (5) qui est avancé par une unité d'avance d'outil (9) pour usiner les surfaces non symétriques de révolution et/ou asphériques, au moins un support de pièce (4) qui tourne autour d'un axe de rotation (2) d'une broche porte-pièce (1') et sur lequel la pièce optique (3) possédant un axe de pièce (8) est montée, l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1') se trouvant à distance de l'axe (8) de la pièce et d'un axe longitudinal (18) du support de pièce (4), l'axe longitudinal (18) de l'au moins un support de pièce (4) s'étendant au moins à peu près parallèlement à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1') et l'axe de rotation (2) étant couplé au mouvement d'avance de l'au moins un outil (5).
- 30 35 40 45 50 55 25. Dispositif d'usinage selon la revendication 24, **caractérisé en ce que** l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1') se trouve en dehors de l'au moins une pièce optique (3).
26. Dispositif d'usinage selon la revendication 24 ou 25, **caractérisé en ce que** la broche porte-pièce (1') est pourvue d'au moins deux supports de pièce (4), les axes (18) des supports de pièces (4) étant disposés sur la broche porte-pièce (1') de telle manière que l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièce (1') s'étende en dehors de chacune des pièces optiques (3).

27. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 26, **caractérisé en ce qu'il** est prévu au moins deux outils différents (5', 5"). de fortes courbures de surface des pièces.
28. Dispositif d'usinage selon la revendication 27, **caractérisé en ce qu'**au moins un des outils est prévu en tant qu'outil de tour de dégrossissage (5') et au moins un outil est prévu en tant qu'outil de tour de finition (5"). 5
29. Dispositif d'usinage selon la revendication 28, **caractérisé en ce que** l'outil de tour de dégrossissage (5') est constitué par un outil en diamant polycristallin et l'outil de tour de finition (5") par un outil en diamant monocristallin 10 15
30. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 29, **caractérisé en ce que** des outils (5, 5', 5") sont prévus pour l'usinage de différentes surfaces de pièces optiques (3) sur la broche porte-pièce (1'). 20
31. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 30, **caractérisé en ce que**, dans le cas de l'usinage d'une surface courbe de la pièce optique (3), la pièce optique est orientée dans le support de pièce (4) de manière qu'en présence d'une différence de courbure de la surface, les segments de trajectoire (13) à parcourir par l'au moins un outil (5), dans lesquels les conditions exigées pour la course d'usinage sont moins strictes en raison du plus grand rayon de courbure de la surface courbe, s'étendent tangentiellement à une direction de coupe de l'au moins un outil (5), et **en ce que** des segments de trajectoire en surface (14), qui comportent des conditions exigées plus strictes pour la course d'usinage en raison d'un plus petit rayon de courbure de la surface courbe, s'étendent radialement dans une direction d'avancement (10) de l'au moins un outil (5). 25 30 35
32. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 31, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces optiques (3) sont disposées radialement l'une derrière l'autre sur la broche porte-pièce (1'). 40
33. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 31, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces optiques (3) sont disposées en couronne sur la broche porte-pièce (1'). 45
34. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 33, **caractérisé en ce que** plusieurs pièces (3) sont disposées au moins à peu près dans un même plan sur la broche porte-pièce (1'). 50
35. Dispositif d'usinage selon l'une des revendications 24 à 34, **caractérisé en ce que** l'axe (8') des pièces peut être placé obliquement par rapport à l'axe de rotation (2) de la broche porte-pièces (1') dans le cas 55

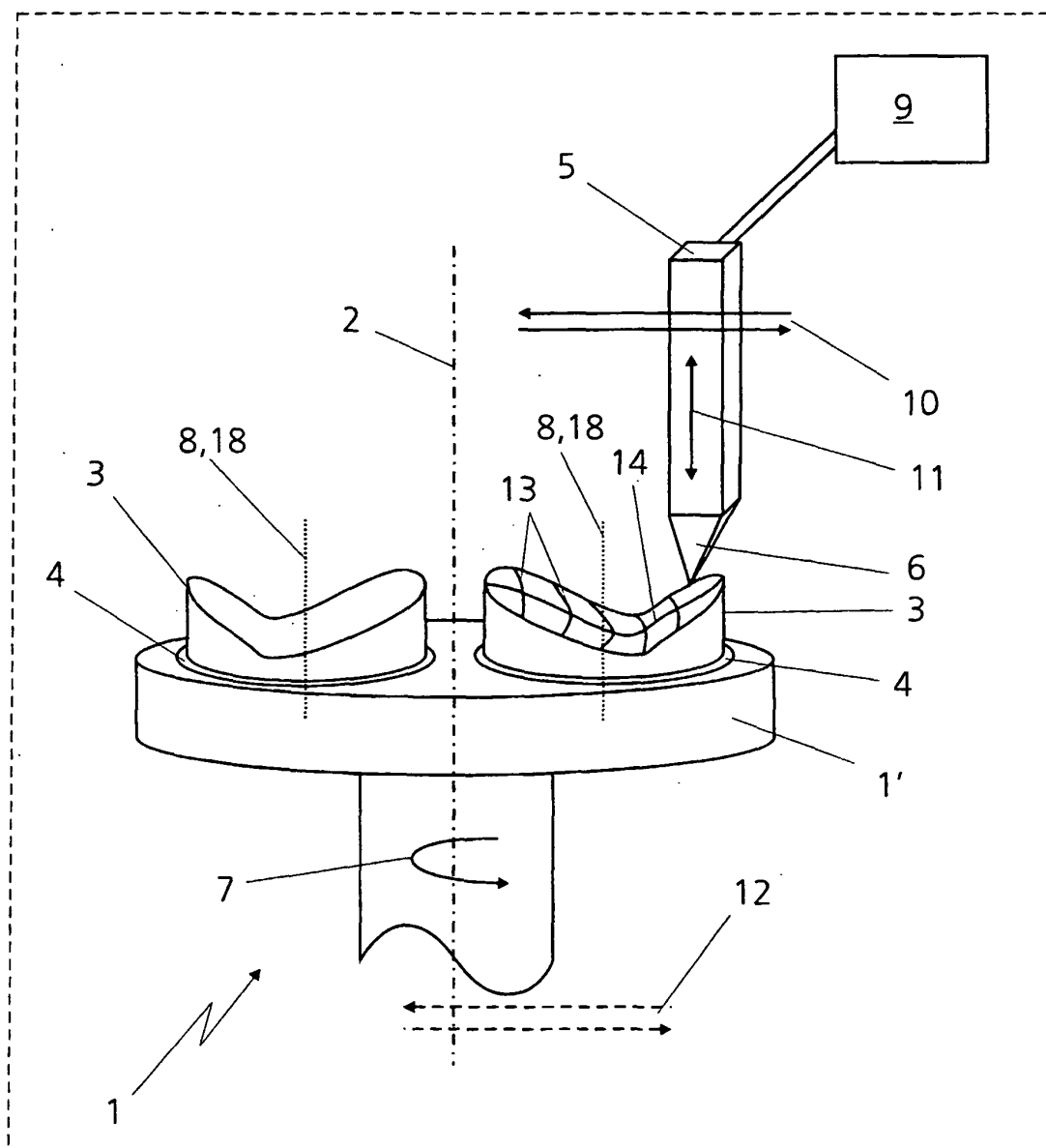


Fig. 1

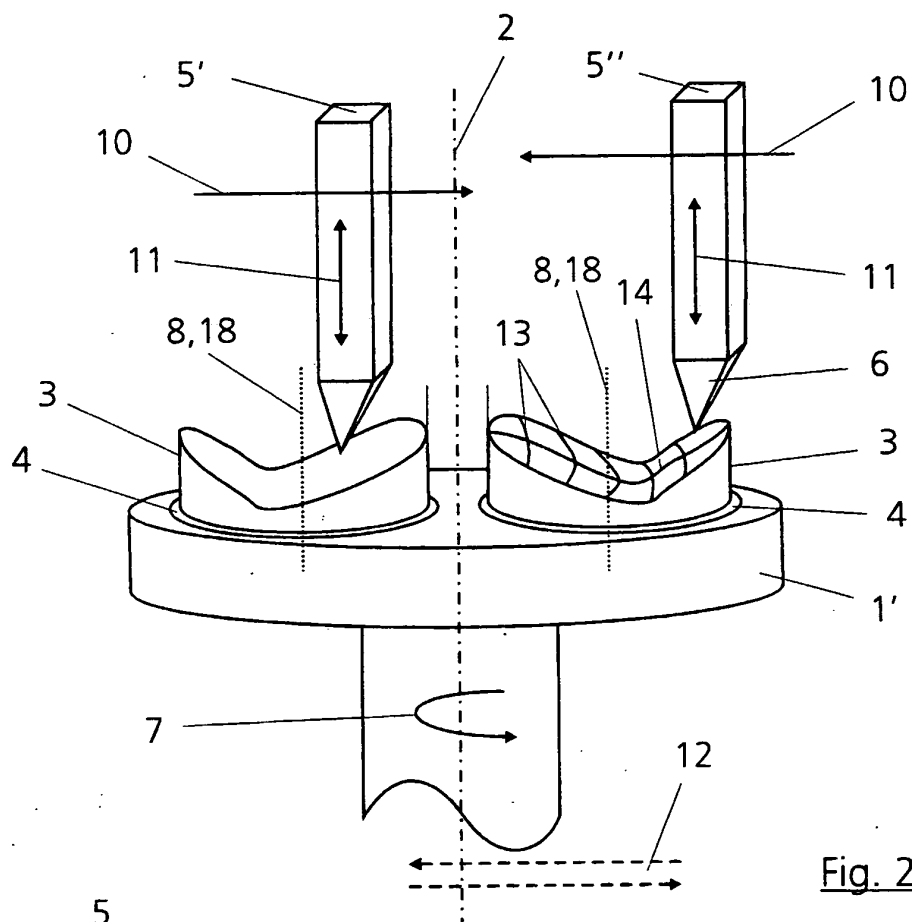


Fig. 2

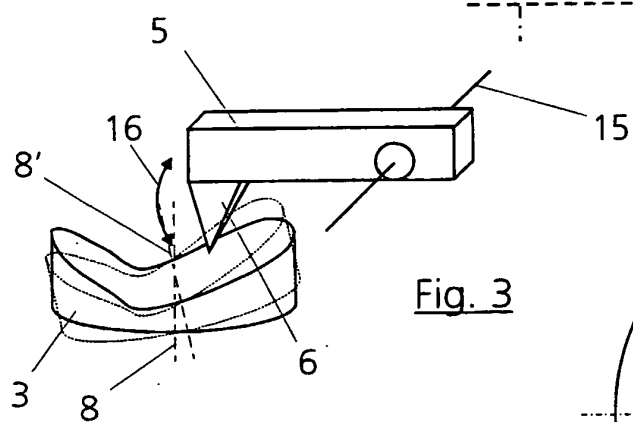


Fig. 3

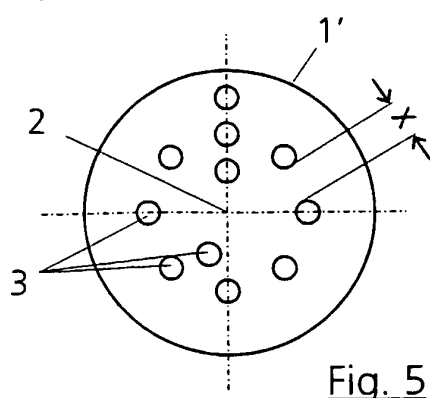


Fig. 5

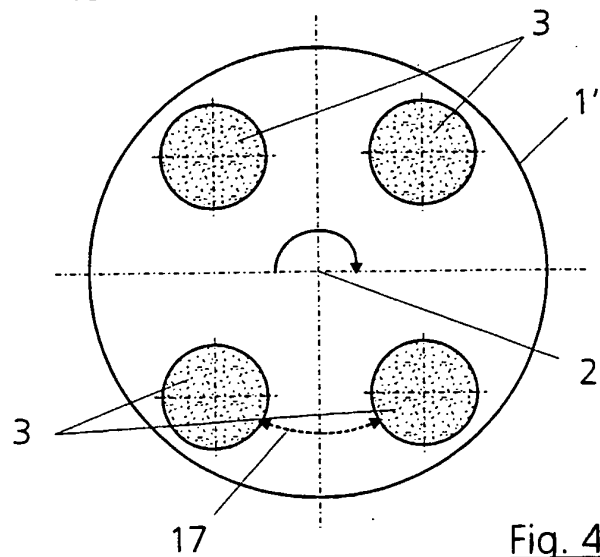


Fig. 4

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

- DE 19616526 A1 [0003]
- DE 10248103 A1 [0003]
- EP 1175962 A1 [0006]
- DE 19860101 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, 04025366, A [0006]