



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 037 454 A1** 2006.02.23

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 037 454.6**

(22) Anmeldetag: **02.08.2004**

(43) Offenlegungstag: **23.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **B24B 13/005** (2006.01)

(71) Anmelder:
Carl Zeiss AG, 73447 Oberkochen, DE

(74) Vertreter:
Lorenz und Kollegen, 89522 Heidenheim

(72) Erfinder:
**Schorcht, Ralf, 89551 Königsbronn, DE; Michels,
Georg, 73431 Aalen, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 198 60 101 A1

US 51 07 628 A

EP 11 75 962 A1

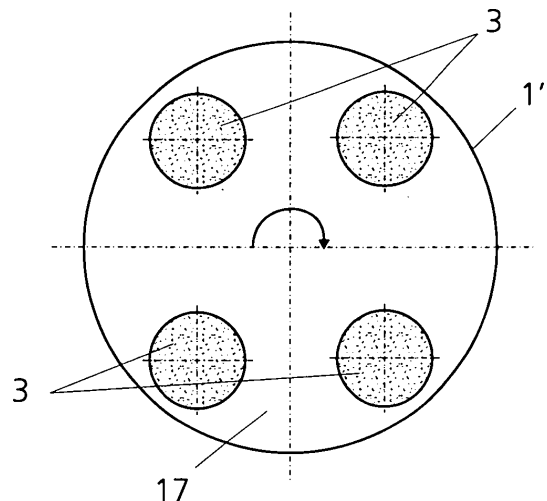
JP 04-0 25 366 AA

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von Werkstücken**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von Werkstücken (3), insbesondere von optischen Werkstücken, wie optischen Linsen oder Brillengläsern, mit einem Werkzeug (5) wird wenigstens ein Werkstück (3) in einer um eine Achse (2) einer Werkstückspindel (1') rotierenden Werkstückaufnahme (4) gehalten. Das Werkstück (3) wird durch die Werkstückaufnahme (4) derart aufgenommen, dass die Rotationsachse (2) der Werkstückspindel (1') in einem Abstand zu einer Werkstückachse (8) des wenigstens einen Werkstückes (3) verläuft.



Beschreibung**Aufgabenstellung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von Werkstücken, insbesondere von optischen Werkstücken, wie optische Linsen oder Brillengläser, mit einem Werkzeug, wobei wenigstens ein Werkstück in einer um eine Achse einer Werkstückspindel rotierenden Werkstückaufnahme gehalten wird. Des weiteren betrifft die Erfindung auch eine Bearbeitungsvorrichtung für Oberflächen von Werkstücken.

[0002] Bei den bisher bekannten Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von 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 Vorbearbeiten 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.

Stand der Technik

[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. 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.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von Werkstücken, insbesondere 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.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass das Werkstück durch die Werkstückaufnahme derart aufgenommen wird, dass die Rotationsachse der Werkstückspindel in einem Abstand zu einer Werkstückachse des wenigstens einen Werkstückes verläuft.

[0007] Erfindungsgemäß fallen die Werkstückachse des Werkstückes und die Rotationsachse der Werkstückspindel nicht 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.

[0008] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Rotationsachse der Werkstückspindel außerhalb des wenigstens einen Werkstückes 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 Zeiterparnis.

[0009] In Anspruch 14 wird eine erfindungsgemäße Bearbeitungsvorrichtung angegeben, mit der das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 1 durchführbar ist.

[0010] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung näher erläutert.

[0011] Es zeigt:

[0012] [Fig. 1](#) eine prinzipmäßige Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung von Werkstücken auf einer Werkstückspindel in Verbindung mit einem Werkzeug;

[0013] [Fig. 2](#) eine prinzipmäßige Darstellung der Werkstückspindel mit Werkstücken bei einem Einsatz von zwei Werkzeugen zur Bearbeitung der Werkstücke;

[0014] [Fig. 3](#) eine prinzipmäßige Darstellung einer alternativen Werkzeugaufstellung über eine Rotationsbewegung; und

[0015] [Fig. 4](#) eine prinzipmäßige Darstellung der Werkstückspindel mit Werkstücken in der Draufsicht.

Ausführungsbeispiel

[0016] In [Fig. 1](#) ist eine, nur gestrichelt gezeigte Bearbeitungsvorrichtung 1, im vorliegendem 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.

[0017] Wie aus [Fig. 1](#) ersichtlich, verläuft die Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' durch die spezi-

elle Werkstückanordnung bei dieser Drehbearbeitung außerhalb der zu fertigenden Brillengläser. Die den Achsen der Werkstückaufnahmen 4 entsprechenden Werkstückachsen 8 der Werkstücke 3 fallen somit nicht mit der Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' zusammen, wodurch mehrere Werkstücke 3 auf der Werkstückspindel 1' angeordnet werden können und so eine Parallelbearbeitung der Werkstücke 3 erfolgen kann. 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. Hierbei tritt das Problem auf, dass bei Bearbeitung des Werkstücks mit dem Werkzeug 5, je mehr sich das Werkzeug 5 ins Rotationszentrum bewegt, aufgrund des abnehmenden Bearbeitungsradiuses die Schnittgeschwindigkeit bzw. die Bahngeschwindigkeit sich verringert. Dadurch kommt es zu einer Materialverdrängung in der Mitte der Oberfläche des Werkstücks 3, wodurch sich eine unzureichend ausgebildete Oberfläche ergibt. Durch die Verlagerung des Werkstücks 3 aus der Rotationsachse 2 der Werkstückspindel 1' wird dieses Problem beseitigt und in wirtschaftlicher Hinsicht können außerdem mehrere Werkstücke 3 gleichzeitig bearbeitet werden.

[0018] Eine alternative Möglichkeit der Anordnung des 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.

[0019] 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.

[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 Spindel-drehzahl sehr hohe Beschleunigungswerte bzw.

[0021] Hubfrequenzen bei gleichzeitig hoher Verfahrpräzision erreicht werden müssen.

[0022] Ein kontinuierlicher radialer Vorschub des Werkzeuges **5** wird in [Fig. 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 Bewegungen 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.

[0023] 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.

[0024] Um jedoch bei gleichem benötigten Gesamthubweg des Werkzeuges **5** den Anteil des hochdynamisch zu verfahrenen Hubweges bei der Herstellung von nicht-rotationssymmetrischen Werkstücken **3** zu reduzieren, ist es vorteilhaft, wenn das Werkstück **3** so aufzuspannen, dass die zur Spanabnahme mit dem Werkzeug **5** abzufahrenden Bahnkurvenssegmente mit den geringeren Anforderungen an die Zustellbewegungen tangential zur Schnittrichtung verlaufen. Solche vorteilhaften Bahnkurvenssegmente sind in [Fig. 1](#) mit dem Bezugszeichen **13** versehen und nur in einem Werkstück **3** durch Linien dargestellt. Oberflächenkurvenssegmente, die sehr hohe Anforderungen an die Zustellbewegung hinsichtlich zurückzulegendem Weg und Hubdynamik stellen, sind durch entsprechende Ausrichtung des Werkstücks **3** so zu orientieren, dass diese, in [Fig. 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 Bahnkurvenssegmente **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 Oberflächenkurvenssegmente **14** entlang bzw. parallel der Linie **14** der Fall wäre.

[0025] Wird das Brillenglas aus einem rotationssymmetrischen Werkstück **3** gefertigt, erfolgt dessen Ausrichtung durch die Vorgabe der abzufahrenden Oberflächenkontur in einer Steuereinheit der Bearbeitungsvorrichtung **1**, so dass nach Bearbeitung der

Oberfläche des Werkstücks **3** durch das Werkzeug **5** die mit dem Werkzeug **5** abzufahrenden Bahnkurvensegmente **13** mit geringeren Anforderungen an Verfahrensweg und Dynamik tangential zur Schnittrichtung verlaufen und die Oberflächenkurvensegmente **14** mit den deutlich höheren Anforderungen an Verfahrensweg und Dynamik radial in Vorschubrichtung **10** des Werkzeuges **5** liegen. Dies bedeutet, dass die Bahnkurvensegmente **13** mit den geringeren Anforderungen an Verfahrensweg und Dynamik tangential zur Schnittrichtung und die Oberflächenkurvensegmente **14** mit den höheren Anforderungen an Verfahrensweg und Dynamik radial zur Vorschubrichtung in das Werkstück **3** eingebracht werden. Bei bereits endformnahen Werkstücken **3** müssen diese zur Feinbearbeitung entsprechend den Kurvensegmenten **13** und **14** auf der Werkstückspindel **1'** ausgerichtet werden.

[0026] [Fig. 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 [Fig. 1](#) entspricht, wurden für gleiche Teile auch die gleichen Bezugszeichen verwendet. Wie in [Fig. 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 [Fig. 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.

[0027] 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 [Fig. 2](#) die Werkzeuge **5'** und **5''** sequentiell in Vorschubrichtung auf einer Seite der Werkstückspindel **1'** anzuordnen sind.

[0028] Weiterhin kann die Zustellung der Werkzeuge **5**, **5'** und **5''**, wie in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) dargestellt, nicht linear, sondern über eine Rotationsbewegung bzw. über nicht lineare Achsen realisiert werden, wie dies in [Fig. 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 [Fig. 3](#) ist dahingehend von Vorteil, da die Rotationsachse **15** einfacher und präziser fertigbar ist als eine axiale Zustellung bzw. eine Linearführung.

[0029] In [Fig. 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.

[0030] Je nach Komplexität der zu fertigenden Werkstückgeometrien ist ein Zwischenraum **17** bzw. der Verfahrensweg 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.

[0031] 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** vor-

liegt. 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.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung von Oberflächen von Werkstücken, insbesondere von optischen Werkstücken, wie optischen Linsen oder Brillengläsern, mit einem Werkzeug, wobei wenigstens ein Werkstück in einer um eine Rotationsachse einer Werkstückspindel rotierenden Werkstückaufnahme gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das 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 Werkstückes (**3**) verläuft.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsachse (**2**) der Werkstückspindel (**1'**) außerhalb des wenigstens einen Werkstücks (**3**) verläuft.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (**3**) so ausgerichtet wird, dass die mit dem durch das Werkzeug (**5**) abzufahrenden Bahnkurvenssegmente (**13**) mit geringeren Anforderungen an Fahrweg und Dynamik tangential zu einer Schnittrichtung verlaufen.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück (**3**) so ausgerichtet wird, dass Oberflächenkurvenssegmente (**14**) mit hohen Anforderungen an Fahrweg und Dynamik radial in einer Vorschubrichtung (**10**) verlaufen.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens zwei Werkstücke (**3**) in jeweils einer Werkstückaufnahme (**4**) gelagert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Werkstücke (**3**) mit ein und demselben Werkzeug (**5**) bearbeitet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Werkstück (**3**) mit wenigstens zwei unterschiedlichen Werkzeugen (**5**, **5''**) bearbeitet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine gleichzeitige Bearbeitung des wenigstens einen Werkstücks (**3**) mit den wenigstens zwei Werkzeugen (**5**, **5''**) erfolgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zustellung des wenigstens einen Werkzeuges (**5**, **5'**, **5''**) über eine

Rotationsbewegung erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Zustellung des wenigstens einen Werkzeuges (**5**, **5'**, **5''**) in Richtung der Rotationsachse (**2**) der Werkstückspindel (**1'**) erfolgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass ein Fahrweg des Werkzeuges (**5**, **5'**, **5''**) in Zwischenräumen (**17**) außerhalb des wenigstens einen Werkstücks (**3**) mit Wegparametern interpoliert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das wenigstens eine Werkstück (**3**) mit einer hochdynamischen Werkzeugzustelleinheit (**9**) bearbeitet wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine radiale Vorschubbewegung (**12**) des Werkzeuges (**5**, **5'**, **5''**) gegenüber dem Werkstück (**3**) über die Werkstückspindel (**1'**) erfolgt.

14. Bearbeitungsvorrichtung für Oberflächen von Werkstücken, insbesondere von optischen Werkstücken, wie optischen Linsen oder Brillengläsern, mit wenigstens einer um eine Achse einer Werkstückspindel rotierenden Werkstückaufnahme, dadurch gekennzeichnet, dass eine Achse der Werkstückaufnahme (**4**) einen Abstand zu einer Rotationsachse (**2**) der Werkstückspindel (**1'**) aufweist.

15. Bearbeitungsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Rotationsachse (**2**) der Werkstückspindel (**1'**) außerhalb des Werkstücks (**3**) vorgesehen ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

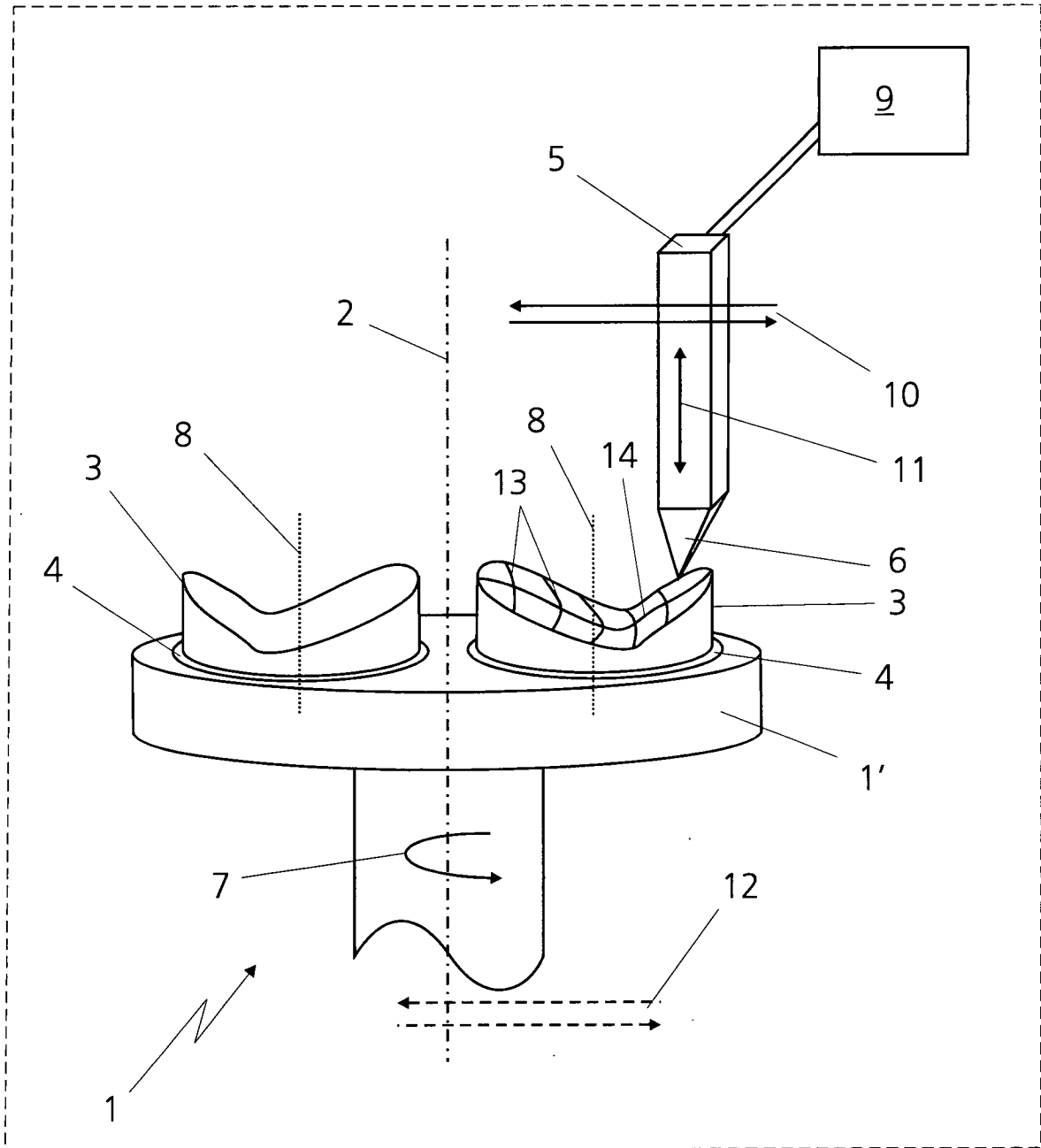


Fig. 1

