



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 685 298 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
07.08.2002 Patentblatt 2002/32

(51) Int Cl.7: **B24B 13/00**, B24B 13/06

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
20.08.1997 Patentblatt 1997/34

(21) Anmeldenummer: **94117272.8**

(22) Anmeldetag: **02.11.1994**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen asphärischer Linsenoberflächen**

Procedure of and device for fabricating aspheric lens surfaces

Procédé et dispositif pour fabriquer des lentilles asphériques

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL PT

(74) Vertreter: **Olbricht, Karl Heinrich, Dipl.-Phys.**
Patentanwalt Karl Olbricht,
Postfach 11 43
35095 Weimar (DE)

(30) Priorität: **12.04.1994 DE 4412370**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.12.1995 Patentblatt 1995/49

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 2 441 976 **DE-A- 3 319 719**
DE-A- 4 021 722 **US-A- 2 869 422**

(73) Patentinhaber: **Schneider GmbH + Co. KG**
35239 Steffenberg (DE)

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 434**
(M-764) (3281) 16. November 1988 & JP-A-63 169
258 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 13.
Juli 1988

(72) Erfinder:
• **Schneider, Gunter, Dipl.-Ing.**
D-35239 Steffenberg (DE)
• **Buchenauer, Helwig, Dipl.-Ing.**
D-35719 Angelburg (DE)

EP 0 685 298 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Herstellen asphärischer Linsenoberflächen.

[0002] Zunächst wird auf die Herstellung optischer Linsen mit sphärischen Oberflächen Bezug genommen, die bei Glas-Rohlingen konventionell im Flächerschleifverfahren mit anschließendem Polierprozeß erfolgt. Durch Flächenkontakt zwischen einem Polierwerkzeug und dem Werkstück erfolgt die Politur. Nachteilig ist aber, daß für verschiedene Kugelradien unterschiedliche Werkzeuge vorhanden sein müssen, von deren Zustand außerdem die Genauigkeit der fertigen Linse abhängt.

[0003] Ein anderes Herstellverfahren für sphärische Linsen bearbeitet die meist schon vorgeformten Glaspreßlinge mit einer Diamant-Topfscheibe durch Kugelschleifen. Der Vorschub erfolgt entweder mit der Werkzeugspindel oder mit der Werkstückspindel, zu der die Diamant-Topfscheibe unter einem definierten Winkel steht. Der Kugelradius an der Linse wird durch diesen Einstellwinkel bestimmt, so daß innerhalb gewisser Grenzen verschiedene Kugelformen mit ein und demselben Werkzeug herstellbar sind. Sein Schleifbelag verändert aber verschleißbedingt während des Schleifprozesses die Gestalt durch Anpassung an die sich ändernden Kugelradien. Wenn mit dem gleichen Topfwerkzeug wechselnde Kugelradien bearbeitet werden sollen, kann daher der zu erzeugende Schleifdurchmesser nicht im voraus festgelegt werden. Bedingt durch unterschiedliche Radien und durch Werkzeugabnutzung entstehen nicht vorhersehbare Eingriffszonen am Werkzeug, die zu ungewollten Makrogestalt-Änderungen an der Werkstück-Oberfläche führen. Solche Bearbeitungsfehler müssen durch nachfolgende Feinschleifprozesse beseitigt werden. Bei kleineren Serien mit häufig wechselnden Kugelradien ist der Anteil der Werkzeugkosten an den Gesamtkosten sowie der Fertigungsaufwand beim Schleifen sehr groß. Darüber hinaus wird häufig in zwei Stufen mit kleiner werdender Diamantkörnung geschliffen, so daß sich insgesamt die Bearbeitungszeit beim Schleifen beträchtlich verlängert.

[0004] Optische Linsen mit asphärischen Oberflächen bieten eine Reihe von Vorteilen. So ist die Abbildungsleistung gegenüber sphärischen Linsen deutlich erhöht. Bildfehler werden besser korrigiert, und in optischen Systemen kann durch den Einsatz asphärischer Linsen die Linsenanzahl verringert werden. Diese Vorteile ließen sich bisher nur in sehr geringem Umfang ausnutzen. Der fertigungstechnische Aufwand und die damit verbundenen hohen Stückkosten beschränkten herkömmlich die Verwendung asphärischer, lichtdurchlässiger Bauelemente auf Spezial- und Sonderanwendungen. Einzel- und Kleinserienfertigungen waren bislang aus Kostengründen nicht oder nur bedingt realisierbar.

[0005] Beispielsweise beschreibt die DE-A-2 441 976

einen Saughalter für Linsenrohlinge, die eine asphärische Oberfläche erhalten sollen. Deren in der Mitte eingesenkte Negativkontur ist auf der Oberseite eines steifen Glasblocks ausgebildet. Dieser ist zentrisch durchbohrt und auf einem Tellerfutter eingespannt, das über eine Hohlwelle mit Pumpenanschluß drehbar angetrieben wird. Der angesaugte Rohling kann nach Bearbeitung seiner Oberseite gewendet und auf einem ähnlich geformten zweiten Glasblock an seiner Unterseite bearbeitet werden. Das Verfahren setzt dünne, biegbare Rohlinge voraus und weist die obengenannten Nachteile auf.

[0006] EP-A2-0 453 094 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Schleifen von torischen Linsen.

Ein rotierendes Diamant-Topfwerkzeug wird mit einem vorgewählten Kopfwinkel in einer Schwenkbewegung über einen linear zugeführten Linsenrohling geführt, wobei der Schwenkradius des Werkzeugs während einer Schwenkbewegung verändert werden kann. Das Topfwerkzeug ist auf einem schwenkbar gelagerten Kreuzschlitten angeordnet, der auf einem um eine horizontale Achse schwenkbaren und in radialer Richtung ein- und ausfahrbaren Basisschlitten montiert ist. Um den Kopfwinkel und damit die Vertikalkrümmung der Linse entlang der sich verändernden Kreisbahn konstant zu halten, wird das Werkzeug mit Hilfe des Kreuzschlittens entsprechend seiner Position nachjustiert. Zur Berechnung der erforderlichen Ausrichtung bzw. Nachjustierung beider Schlitten entlang ihrer Bahn mit Hilfe eines Mikroprozessors, wird der Schwenkwinkel des Basisschlittens während seiner Bewegung von einem Sensor erfaßt. Nach Beendigung einer Schwenkbewegung wird der Linsenrohling mittels eines Vorschubantriebs nachgestellt. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis eine gewünschte Linsendicke erreicht ist.

[0007] Das Schleifen asphärischer Glaslinsen mit hoher Präzision erfordert einen nachfolgenden Polierprozeß, der wegen der nicht-kugelförmigen Gestalt der Linsenoberfläche allerdings nicht einfach im Flächenkontakt erfolgen kann. Vielmehr sind flexible und sehr kleine Polierwerkzeuge notwendig, um eine möglichst genaue Abbildung der Asphäre zu erreichen. Herkömmlich besteht dabei der Nachteil, daß aufgrund des mechanischen Aufbaues und der Nachgiebigkeit des Werkzeugs Bewegungen, die der Asphären-Geometrie exakt entsprechen, nicht ohne weiteres ausgeführt werden können. Die Gestaltabweichung vergrößert sich mit zunehmender Polierzeit und wachsendem Verschleiß.

[0008] DE-A1-33 19 719 offenbart eine Maschine für die Bearbeitung gekrümmter Werkstückflächen, insbesondere konkaves oder konvexer Rugflächen, sowie nicht-sphärischer Drehkörperflächen von Werkstücken die aus für die geplante Verwendung geeignetem Werkstoff bestehen, vermittels eines materialabhebenden Werkzeugs. In einem Maschinengestell ist ein erstes Drehwerkzeug support angeordnet, wobei das Drehwerkzeug ein topfförmiges Schleifwerkzeug ist. Das mit der zu bearbeitenden gekrümmten Oberfläche des in

Bezug auf das Maschinengestell atsfesten, Drehend antreibbaren werkstiches während des Bearbeitungsvorgangs in Berührung bringar ist. Die Spindel des Werkzeugs ist an einem zwerten support befestigt, der während des Bearbeitungsvorgangs mittels eines systems mit numerisches steuerung um eine zur Drehachse des Werkzeuges senkrechte Drehachse drehbas ist, wobei der zweite Support sinerseys von einem dritten Support getragen wird, der während des Bearbeitungsvorgangs nach maßgabe der numerischen steuerung gemäß zwerer zueinander und zu der Drehachte senkrechten Achsen verstellbar ist, um diese Drehachte des zweiten Supports gemäß senkrecht zueinander angeordneter koordinaten einzustellen und die gekrümmte Oberfläche des Werkstüdes zu bearbeiten, unter gleichzeitiger numerischer steuerung in zwei zueinander senkrechten und/oder Kreisförmigen Richtungen. Das werkstuch wird von einem Kopf eines Drehsupports vom Revolvertyp getragen und kann zur Herstellung eines konvexen nicht - spharischen Oberfläche um seine optische Achse gedreht weden.

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Überwindung der Nachteile des Standes der Technik die kostengünstige Herstellung asphärischer Linsen wesentlich zu verbessern und zu beschleunigen. Ferner soll eine geringe Dauer der Bearbeitung bei hoher Präzision erreicht werden, ohne daß eine Nachbearbeitung erforderlich würde. Ein wichtiges Ziel besteht darin, Auswirkungen des Werkzeugverschleißes auf die Linsengestalt weitestgehend herabzusetzen.

[0010] Die Erfindung ist im unabhängigen Anspruch 1 angegeben. Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 3. Eine Verwendung der erfegmäßigen Vorrichtung ist in Anspruch 4 spezifiziert.

[0011] Dieser einfache und kompakte, modulare Aufbau einer Schleifmaschine nach Anspruch 1 ist übersichtlich, sehr genau steuerbar und wirtschaftlich, zumal herkömmliche Linearantriebe Verwendung finden können. Durch das integrierte Meß- und Korrektursystem gewährleistet er eine präzise und rationelle Herstellung sowohl von äußerst präzisen asphärischeri Linsenoberflächen als auch von sogenannten Freiform-Oberflächen, selbst in der Kleinserienoder Einzelfertigung. Wesentliche Vorteile der Erfindung beruhen darauf, daß man konturgenaue rotationssymmetrische Linsenoberflächen unabhängig von zentraler Vorausplanung und Rechnung mit Topfwerkzeugen herstellen kann, die unterschiedliche Diamantkörnung besitzen können, aber keine Abrichtvorgänge erfordern, welche die Linsengeometrie beeinflussen würden. Das mittels der Vorschubachsen an das Werkstück herangeführte Topfwerkzeug kommt aufgrund seiner vorgewählten Neigung nur mit der entsprechend vorgewählten Anlagestelle an dem Werkstück zur Anlage, d.h. der Umfangsrand des Topfwerkzeugs berührt das Werkstück lediglich in einem relativ schmalen Berührungspunkt.

[0012] Bei der Schleifmaschine nach Anspruch 1 gemäß läuft die rotierend angetriebene Werkstückhalte-

5 rung entgegengesetzt zum Topfwerkzeug um; sie wird mit einem weiteren Vorschubantrieb entlang einer vertikalen Achse in eine Bearbeitungsposition bewegt, wobei die Werkstückspindel der Werkstückhalterung durch Achsumschaltung in eine gesteuerte Rundachse ver-
 10 wandelbar ist. Darüber hinaus kann man erfindungsgemäß den Vorhaltewinkel des stets im Punktkontakt anliegenden Topfwerkzeugs vor Beginn der Bearbeitung derart ändern, daß ein speziell gewünschter Schleifbereichs-Durchmesser am Topfwerkzeug eingestellt wird, bei welchem der Berührungspunkt des Umfangsteils stets hinter dem Durchstichpunkt der Außenachslinie liegt. - Bei der Schleifmaschine DE-A1-33 19 719 fehlt ein zusätzlicher Drehantrieb für eine in bezug auf die
 15 Werkstückhalterung koaxiale Achse, insbesondere in räumlicher Nähe zu dem zweiten Vorschubantrieb. Dergleichen ist eine Umschalt-Einrichtung zum Übergang des Halterungs-Betriebs von reiner Drehbewegung auf gesteuerten Rundachsen-Betrieb und umgekehrt nach diesem Stand der Technik nicht vorgesehen.

[0013] Bevorzugt ist die Vorrichtung nach Anspruch 2 so ausgebildet, daß das Topfwerkzeug in festem Abstand zu der Querachse angeordnet und mittels eines linearen Vorschubantriebs verschwenkbar ist. Dieser
 25 kann laut Anspruch 3 parallel zu der Vorschubrichtung des ersten Antriebs angeordnet sein, was bauliche Vorteile bietet, z.B. eine vereinfachte Rahmen- und Schlittengestaltung.

[0014] Die Verwendung einer Vorrichtung der oben definierten Art zum Herstellen von asphärischen Oberflächen an Linsenrohlingen durch Schleifen und/oder Polieren mit punktförmiger Berührung des Topfwerkzeugs unter wählbarem Konstant-Vorhaltewinkel entlang der Bearbeitungskontur, wobei das Topfwerkzeug am Linsenrohling entlang der über die Steuereinheit vorgegebenen Bearbeitungskontur derart geführt wird, daß zwischen der Längsachse des Topfwerkzeugs und der Tangente in seinem Berührungspunkt am Werkstück der wählbare Vorhaltewinkel (Kopfwinkel) konstant eingehalten wird, ist nach Anspruch 4 gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

a) das mit einem Drehantrieb rotierend angetriebene Topfwerkzeug wird mit einer über den Vorhaltewinkel wählbaren Anlagestelle an das um die erste Vorschubachse rotierende Werkstück heranbewegt,

b) das Topfwerkzeug wird mittels der Steuereinheit durch Interpolationssteuerung der Vorschubachsen sowie der Schwenkachse vom Rand des Werkstücks zu seiner Mitte und darüber hinaus entlang der Bearbeitungskontur geführt,

c) während oder nach der Bearbeitung des Werkstücks werden Abtastwerte seiner Oberfläche gewonnen und bei Folgebearbeitung durch geänderte Bahnführung des Topfwerkzeugs in der Steuerein-

heit berücksichtigt.

[0015] Die erwähnte Optimierung der Schleifbearbeitung durch vorherige Wahl des Vorhaltewinkels derart, daß ein speziell gewünschter Schleifbereichs-Durchmesser am Topfwerkzeug eingestellt wird und/oder der Materialabtrag in günstigster Weise erfolgt, ist insbesondere für die zielgerichtete Asphärenbearbeitung mit dem Topfwerkzeug von großer Bedeutung.

[0016] Speziell für weiche Kontaktlinsen mit sphärischer Rückseite bedient sich zwar ein in EP-A2-0 304 106 dargelegtes Verfahren einer ebenen Steuerfläche, die mit wählbarer Achsversetzung tangential am rotierenden Werkstück anliegt und zusammen mit einem Werkzeug auf einer Kreisbahn um eine gemeinsame Drehachse verschwenkbar ist. Das Ausmaß der Achsversetzung bestimmt die Asphärität während der Bearbeitung, die im entwässerten Zustand des Linsenrohlings auf einer Drehbank vor sich geht. Es ist jedoch jede Einstellung vorzugeben und während des Schneidvorgangs nicht veränderlich, so daß genaue individuelle Anpassungen nicht möglich sind.

[0017] Wesentliche Vorteile der Erfindung beruhen darauf, daß man konturgenaue rotationssymmetrische Linsenoberflächen unabhängig von zentraler Vorausplanung und Rechnung mit Topfwerkzeugen herstellen kann, die unterschiedliche Diamantkörnungen besitzen können, aber keine Abrichtvorgänge erfordern, welche die Linsengeometrie beeinflussen würden.

[0018] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem Wortlaut der Ansprüche sowie aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnungen. Darin zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Bearbeitungsgeometrie mit unterschiedlich geneigtem Topfwerkzeug,
 Fig. 1a eine vergrößerte Seitenansicht der Werkzeugstellung bei Arbeitsbeginn,
 Fig. 1b eine vergrößerte Seitenansicht der Werkzeugstellung bei Arbeitsende,
 Fig. 2 eine schematische Seitenansicht eines Topfwerkzeuges bei sphärischer Linsenbearbeitung,
 Fig. 3 eine schematisierte Schrägansicht einer CNC-Werkzeugmaschine mit vier Achsen,
 Fig. 4 ein Flußdiagramm eines Arbeitsablaufs und
 Fig. 5 ein Grundschema einer CNC-Werkzeugmaschine.

[0019] In den schematisierten Darstellungen der Fig. 1, 1a, 1b, 2 ist ein Werkstück W dargestellt, das in Form eines Linsenrohlings L von einem Topfwerkzeug T mit geneigter Achse A entlang einer Bearbeitungskontur K bearbeitet wird. Ein Umfangsteil U setzt am Rand des Werkstücks W an und berührt es im Punkt P, wobei die Außenachslinie A' einen konstanten Vorhaltewinkel β zur Tangente F einschließt. Das Werkstück W ist rotie-

rend angetrieben und läuft entgegengesetzt zum Topfwerkzeug um, das vom Rand des Werkstücks W über dessen Mitte hinaus geführt wird. Dabei bleibt der Vorhaltewinkel β , der auch zwischen der Außenachslinie A' und der Normalen N auf die Tangente F erkennbar ist (Fig. 1), durchgehend gleich. Er kann zu Arbeitsbeginn 0° betragen, bedarfsweise aber auch anders eingestellt werden. Man erkennt, daß im Verlaufe der Bearbeitung der Tangentenwinkel τ zur Oberfläche O immer kleiner wird. Der Berührungspunkt P liegt stets hinter dem Durchstichpunkt der Außenachslinie A', und die Berührungslinie bzw. -ringfläche des Umfangsteils U gewährleistet einen gleichmäßigen und schonenden Materialabtrag. Abhängig vom wirksamen Durchmesser D des Umfangsteils U kann die Neigung des Topfwerkzeugs T und der Vorhaltewinkel β für die jeweilige Schleif- bzw. Polieraufgabe optimal eingestellt werden. Ist eine Vorbearbeitung mit sphärischer Oberfläche O durchzuführen, so wird mit einem Einstellwinkel (Fig. 2) eine gleichbleibende Neigung des Topfwerkzeugs T zur Achse Z der Wertstückspindel S vorgegeben.

[0020] Der konstruktive Aufbau ist in Fig. 3 veranschaulicht. Die insgesamt mit 10 bezeichnete CNC-Werkzeugmaschine hat ein Gestell 12 mit einem Tisch 14, auf dem ein Horizontalrahmen 16 angeordnet ist. Darauf ist ein Schlitten 18 mit einem Gehäuse 20 verschieblich angeordnet. Mit dem Gehäuse 20 ist ein Kopf 22 verbunden, der ein Umlenkgetriebe 24 enthält und eine drehbar angetriebene Werkzeugspindel V hält. An einem Vertikalrahmen 26 ist ein Schlitten 28 mit einem Drehantrieb 30 für eine Rotationsspindel S angeordnet, die eine Halterung H für das Werkstück W trägt.

[0021] Der Schlitten 18 ist mittels eines zweiten Vorschubantriebs I in Richtung einer Achse X beweglich. Für den Schlitten 28 ist ein erster Vorschubantrieb II vorgesehen, der eine Bewegung in Richtung einer Achse Z ermöglicht. Der Kopf 22 ist um eine Querachse B schwenkbar, wozu ein dritter Vorschubantrieb III dient, der parallel zur Achse X angeordnet ist. Man erkennt, daß nur durch Zusammenwirken zweier Linearantriebe in Richtung der Achsen X und Z sowie durch eine Schwenkbewegung um die Querachse B das Topfwerkzeug T mit seinem Umfangsteil U gegenüber dem (in Fig. 3 weggelassenen) Werkstück auf der Halterung H steuerbar ist. Zusätzlich ist ein weiterer Vorschubantrieb IV vorhanden, der in bezug auf die Achse Z mittig angeordnet ist und nach Umschaltung vom Drehantrieb der Werkstückspindel S deren Steuerung mittels einer zusätzlichen Rundachse C ermöglicht.

[0022] Ein allgemeines Flußdiagramm des Arbeitsablaufes ist aus Fig. 4 ersichtlich. Man wählt zunächst die Bearbeitungsart je nachdem, ob eine asphärische oder sphärische Bearbeitungskontur K (Fig. 1) vorgegeben wird. Sodann folgt die Anwahl der Geometrieart, die konvex, konkav oder plan sein kann. Die zugehörigen Geometrie-Parameter wie Krümmungsradius, Außendurchmesser, Mittendicke der Linse usw. und die Werkzeug- bzw. Bearbeitungs-Parameter wie wirksamer

Durchmesser des Umfangsteils U, sein Lippenradius, Vorhaltewinkel β , Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl des Topfwerkzeugs werden anschließend eingegeben. Daraus wird in der Steuereinheit die Werkzeugbahn berechnet, worauf die Bearbeitung der Linse entlang der Eearbeitungskontur K erfolgt. Im Anschluß an diesen Arbeitsgang des Schleifens und/oder Polierens wird die Oberfläche O abgetastet, was zur Gewinnung von Korrekturdaten benutzt wird, die zu einer Berichtigung der Werkzeugbahn für eine Folgebearbeitung benutzt werden können.

[0023] Die Grundstruktur einer geeigneten Vorrichtung ist in Fig. 5 schematisch dargestellt. Die CNC-Werkzeugmaschine 10 hat eine Bedientafel 40, vorzugsweise mit Bildschirm, sowie einen Eingabe-/Ausgabeteil 50, der als Tastatur ausgebildet sein kann. Beide Einheiten stehen mit einem Mikroprozessor-Rechner R in Verbindung, dem Meßsysteme M1 bis M4 zugeordnet sind. Letzere sind mit einer Steuereinheit E verbunden, welche die Vorschubantriebe I bis III direkt beeinflusst. Ein Umschalt-Einrichtung oder Weiche 60 dient dazu, wahlweise nur den Drehantrieb 30 für die Werkstückspindel S oder den vierten Vorschubantrieb IV für die Achse C zu steuern.

[0024] Die Maschine 10 ist modular aufgebaut und mit (nicht gezeichneten) hochdynamischen Servomotoren ausgestattet. Nicht dargestellte Interpolatoren sorgen dafür, daß die Werkzeugführung nach Vorgabe der Bearbeitungskontur K in feinsten Schritten - d.h. quasikontinuierlich - gesteuert werden kann und so die Herstellung gebrauchsfähiger Asphären-Oberflächen gewährleistet. Dabei können Ausgleichsbewegungen ebenso berücksichtigt werden wie eventuelle Polieraufmaße, die bei extrem asphärischer Kontur vorgesehen werden können, um einen nichtlinearen Materialabtrag zu kompensieren.

[0025] Man erkennt, daß nach dem erfindungsgemäßen Verfahren und mit der erfindungsgemäßen CNC-Werkzeugmaschine die universelle Linsenbearbeitung mit asphärischen, aber auch sphärischen Oberflächen vorteilhaft durchführbar ist. Die Anordnung eignet sich insbesondere auch für die Kleinserien- oder Einzelfertigung.

[0026] Die zusätzliche C-Achse für die Werkstückspindel S gestattet außerdem eine Freiform-Oberflächenbearbeitung nach grundsätzlich gleichem Verfahren. Auch hier ist ein Servoantrieb und ein Rotationsmeßsystem für die gesteuerte Rundachse vorgesehen, so daß nach Achsumschaltung bedarfsweise außermittige Flächenbearbeitungen ausgeführt werden können. Sind diese nicht erforderlich, so geht die Weiche 60 auf reinen Drehantrieb 30 für die Werkstückspindel S über.

[0027] Die Erfindung ist nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt; vielmehr sind zahlreiche Abwandlungen möglich. Man erkennt jedoch, daß bei einem Verfahren zum Herstellen von asphärischen Oberflächen an Linsenrohlingen L namentlich aus Glas erfindungsgemäß bevorzugt eine CNC-Werk-

zeugmaschine mit einem rotierend zustellbaren Topfwerkzeug T zum Schleifen und/oder Polieren eines Werkstücks W in einer Halterung H benutzt wird. Das Topfwerkzeug T wird entlang einer über eine Steuereinheit E vorgegebenen Bearbeitungskontur K derart geführt, daß zwischen der Längsachse A des Topfwerkzeugs T und der Tangente F in seinem Berührungspunkt P am Werkstück W ein wahlbarer Vorhaltewinkel β von z.B. 0° konstant eingehalten wird. Zumindest ein Vorschubantrieb (z.B. I) wird in bezug auf einen anderen (z.B. II) um eine Querachse B verschwenkt, vorzugsweise unter Interpolationssteuerung eines weiteren Antriebs III, um das Topfwerkzeug T vom Rand des Werkstücks W zu seiner Mitte und darüber hinweg entlang einer Meridianlinie zu führen. Ein zusätzlicher Vorschubantrieb IV ermöglicht die Steuerung der Werkstückhalterung H um eine mittige Achse C. Jeder Achse X, Z, B, C ist ein Meßsystem M1, M2, M3, M4 zugeordnet, deren Meßwerte sowie Abstastwerte der bearbeiteten Oberfläche in die Steuereinheit E einspeisbar und in einem Mikroprozessor-Rechner R durch Vergleich des Oberflächen-Istverlaufs mit der Bearbeitungskontur K zur Nachberechnung der Werkzeugbahn auswertbar sind. Die Oberfläche des Linsenrohlings L ist auf eine sphärische Gestalt vorbearbeitbar, die der vorgegebenen Bearbeitungskontur K weitestgehend angenähert ist.

Bezugszeichen-Liste

[0028]

α	Einstellwinkel
β	Vorhaltewinkel
τ	Tangentenwinkel
I, II, III, IV	Vorschubantriebe
A	Achse (von T)
A'	Außenachslinie
B	Querachse
C	mittige Achse
D	Durchmesser (von U)
E	Steuereinheit
F	Tangente
H	Halterung
K	Bearbeitungskontur
L	Linsenrohling
M1, M2, M3, M4	Meßsysteme
N	Normale (zu F)
O	Oberfläche (von W)
P	Berührungspunkt (T auf W)
R	Mikroprozessor-Rechner
S	(Rotations-)Spindel
T	Topfwerkzeug
U	Umfangsteil
V	Werkzeugspindel
W	Werkstück
X	Achse

Z	Achse
10	CNC-Werkzeugmaschine
12	Gestell
14	Tisch
16	Horizontalrahmen
18	Schlitten
20	Gehäuse
22	Kopf
24	Umlenkgetriebe
26	Vertikalrahmen
28	Schlitten
30	Drehantrieb (für H/W)
40	Bedientafel
50	Eingabe-/Ausgabe-Einheit
60	Umschalt-Einrichtung / Weiche

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Herstellen von asphärischen Oberflächen an Linsenrohlingen (L), namentlich aus Glas, bestehend aus einer CNC-Werkzeugmaschine mit einer Steuereinheit (E), mit einem um eine Achse (A) rotierend angetriebenen zustellbaren Topfwerkzeug (T) zum Schleifen und/oder Polieren des Linsenrohlings (L) und mit einer mittels eines ersten Vorschubantriebs (II) entlang einer ersten Vorschubachse (Z) in eine Bearbeitungsposition bewegbaren Halterung (H) zur Aufnahme des Linsenrohlings (L), wobei das Topfwerkzeug (T) um eine Schwenkachse (B) senkrecht zur ersten Vorschubachse (Z) schwenkbar und mittels eines zweiten Vorschubantriebs (I) entlang einer zweiten Vorschubachse (X) senkrecht zur Schwenkachse (B) sowie zur ersten Vorschubachse (Z) linear verstellbar ist und wobei jeder Achse (X, Z, B) ein Meßsystem (M1, M2, M3, M4) zugeordnet ist, deren Meßwerte sowie Abtastwerte der bearbeiteten Oberfläche in die Steuereinheit (E) einspeisbar und in einem Mikroprozessor-Rechner (R) durch Vergleich des Oberflächen-Istverlaufs mit einer Bearbeitungskontur (K) zur Korrektur der Werkzeugbahn auswertbar sind, wobei das Topfwerkzeug (T) an die mittels eines Drehantriebs (30) um die erste Vorschubachse (Z) rotierbare Halterung (H) mit einer über einen Vorhaltewinkel (β) wählbaren Anlagestelle (P) heranführbar und mittels der Steuereinheit (E) durch Interpolationssteuerung der Vorschubachsen (X, Z) sowie der Schwenkachse (B) vom Rand des Werkstücks (W) zu seiner Mitte und darüber hinaus mit punktförmiger Berührung am Linsenrohling (L) entlang der Bearbeitungskontur (K) führbar ist, wobei die Werkstückhalterung (H) bei eingeschaltetem Drehantrieb (30) entgegengesetzt zum Topfwerkzeug (T) umläuft und mit dem ersten Vorschubantrieb (II) entlang der vertikalen zur achse (Z) in eine Bearbeitungsposition bewegbar ist, wobei zur Rotation der Werkstücks halterung (H) um eine zusätzliche, zu der vertikalen ersten Vorschubachse (Z) koaxiale Achse (C) ein zusätzlicher Antriebs modul (IV) vorhanden ist, insbesondere in räumlicher Nähe zu dem ersten Vorschubantrieb (II), wobei der zusätzliche Antrieb (IV) einem gesteuerten Rundachsenbetrieb dient, und wobei eine Umschalt-Einrichtung (60) zum Übergang des mittels des ersten Drehantriebs (30) durchführbaren Halterungs-Betriebs von reiner Drehbewegung auf mittels des zusätzlichen Antriebs moduls (IV) durchführbaren gesteuerten Rundachsen-Betrieb und umgekehrt vorhanden ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Topfwerkzeug (T) in festem Abstand zu der Querachse (B) angeordnet und mittels eines linearen dritten Vorschubantriebs (III) verschenkbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der dritte Vorschubantrieb (III) parallel zu der Vorschubrichtung des zweiten Antriebs (I) angeordnet ist.
4. Verwendung der Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zum Herstellen von asphärischen Oberflächen an Linsenrohlingen (L) durch Schleifen und/oder Polieren mit punktförmiger Berührung (P) des Topfwerkzeugs (T) unter wählbarem Konstant-Vorhaltewinkel (β) entlang der Bearbeitungskontur (K), wobei das Topfwerkzeug (T) am Linsenrohling (L) entlang der über die Steuereinheit (E) vorgegebenen Bearbeitungskontur (K) derart geführt wird, daß zwischen der Längsachse (A) des Topfwerkzeugs (T) und der Tangente (F) in seinem Berührungspunkt (P) am Werkstück (W) der wählbare Vorhaltewinkel (Kopfwinkel β) konstant eingehalten wird, **gekennzeichnet durch** folgende Merkmale:
- a) das mit einem Drehantrieb rotierend angetriebene Topfwerkzeug (T) wird mit einer über den Vorhaltewinkel (β) wählbaren Anlagestelle (P) an das um die erste Vorschubachse (Z) rotierende Werkstück (W) heranbewegt,
- b) das Topfwerkzeug (T) wird mittels der Steuereinheit (E) **durch** Interpolationssteuerung der Vorschubachsen (X) und (Z) sowie der Schwenkachse (B) vom Rand des Werkstücks (W) zu seiner Mitte und darüber hinaus entlang der Bearbeitungskontur (K) geführt,
- c) während oder nach der Bearbeitung des Werkstücks (W) werden Abtastwerte seiner Oberfläche gewonnen und bei Folgebearbeitung **durch** geänderte Bahnführung des Topfwerkzeugs (T) in der Steuereinheit (E) berücksichtigbar.

sichtigt

Claims

1. Device for fabricating aspheric surfaces on lens blanks (L), particularly of glass, comprising a CNC machine tool having a control unit (E) and an advanceable cup-shaped tool (T) driven for rotation around an axis (A) for grinding and/or polishing the lens blank (L), further having a holder (H) for receiving the lens blank (L), which holder (H) is movable into a processing position along a first feeding axis (Z) by means of a first feeding drive (II), the cup-shaped tool (T) being pivotable around a pivot axis (B) at a right angle to the first feeding axis (Z) and being linearly advanceable, by means of a second feeding drive (I), along a second feeding axis (X) at right angles to the pivot axis (B) and to the first feeding axis (Z), measuring systems (M1, M2, M3, M4) assigned to each of the axes (B, X, Z) providing measurement values which together with surface tracing values are supplied to the control unit (E) and are evaluated in a microprocessor computer (R) for correcting the tool trajectory by comparison of the worked surface with the processing contour (K), wherein the cup-shaped tool (T) is advanceable to the holder (H) which rotates around the first feeding axis (Z) by means of a rotary drive (30), with a point of contact (P) being adjustable via an angle of lead (β), and which holder (H) is guidable from the edge of the workpiece (W) to its center and beyond with point contact to the lens blank (L) along the processing contour (K) by means of the control unit (E) through interpolation control of the feeding axes (X, Z) and of the pivot axis (B), wherein with the rotary drive (30) being active, the workpiece holder (H) rotates in opposite sense to the cup-shaped tool (T) and is advanceable into a working position by means of the first feeding drive (II) along the vertical first feeding axis (Z), wherein for rotation of the workpiece holder (H) around an additional axis (C) that is coaxial to the vertical first feeding axis (Z), an additional drive module (IV) serving for controlled rotary arbor operation is provided, in particular in the vicinity of the first feeding drive (II), and wherein a switch-over device (60) is provided for transition from the mere rotary motion of the holder (H) effected by means of the first rotary drive (30) to the controlled rotary arbor operation effected by means of the additional drive module (IV), and vice-versa.
2. Device according to claim 1, wherein the cup-shaped tool (T) is arranged at a fixed distance to the transverse axis (B) and is pivotable by means of a linear third feeding drive (III).

3. Device according to claim 2, wherein the third feeding drive (III) is arranged parallel to the feeding direction of the second drive (I).

- 5 4. Use of the device according to any one of claims 1 to 3 for fabricating aspheric surfaces on lens blanks (L) by grinding and/or polishing with point contact (P) of the cup-shaped tool (T) under a selectable constant lead angle (β) along the processing contour (K), the cup-shaped tool (T) being guided on the lens blank (L) along the processing contour (K) determined by the control unit (E) in such manner that the selectable lead angle (head angle β) between the longitudinal axis (A) of the cup-shaped tool (T) and the tangent (F) at the contact point (P) to the workpiece (W) is held constant, wherein

(a) the cup-shaped tool (T) rotated by an a rotary drive is advanced, with a contact point (P) selectable via the lead angle (β), toward the workpiece (W) that is rotated around the first feeding axis (Z),

(b) the cup-shaped tool (T) is guided by means of the control unit (E) through interpolation control of the feeding axes (X and Z) and of the pivot axis (B) along the processing contour (K) from the edge of the workpiece (W) to its center and beyond,

(c) tracing values of the surface of the workpiece (W) are obtained during or after its processing and are utilized in the control unit (E) for subsequent processing by way of modified trajectories of the cup-shaped tool (T).

Revendications

- 40 1. Dispositif pour fabriquer des surfaces asphériques sur des lentilles brutes (L), notamment de verre, consistant en une machine outil CNC avec une unité de commande (E), avec un outil boisseau (T) pouvant être avancé, entraîné rotativement autour d'un axe (A) et servant à meuler et/ou à polir la lentille brute (L), et avec une fixation (H) servant à recevoir la lentille brute (L) et pouvant être déplacée, au moyen d'un premier entraînement d'avance (II), le long d'un premier axe d'avance (Z) en une position de façonnage, l'outil boisseau (T) pouvant être pivoté autour d'un axe de pivotement (B) perpendiculaire au premier axe d'avance (Z) et pouvant être avancé linéairement le long d'un second axe d'avance (X) perpendiculaire à l'axe de pivotement (B) ainsi qu'au premier axe d'avance, chaque axe (X, Z, B) étant associé à un système de mesure (M1, M2, M3, M4) dont les valeurs mesurées peuvent être entrées dans l'unité de commande (E) en

commun avec des valeurs détectées sur la face usinée, ces valeurs pouvant être exploitées dans un ordinateur à microprocesseur (R) par comparaison des tracés réels de la surface avec le contour de façonnage (K) pour corriger la trajectoire de l'outil boisseau (T) ce qui peut être avancé vers la fixation (H) tournant autour du premier axe d'avance (Z) au moyen d'un entraînement rotatif (30) avec un point de contact (P) choisi à l'aide d'un angle de dérivation (β) et qui peut être guidé, au moyen de l'unité de commande (E) par des commandes interpolées des axes d'avance (X, Z) et de l'axe de pivotement (B), depuis le bord de la pièce à façonner (W) jusqu'à son centre et au-delà de celui-ci le long du contour de façonnage (K) et en contact sur le point (P) à la lentille brute (L), la fixation (H) de la pièce à façonner (W) tournant, quand l'entraînement rotatif (30) est rendu actif, en sens inverse de l'outil boisseau (T) et étant avanceable au moyen du premier entraînement d'avance (II) le long du premier axe d'avance (Z) en une position de façonnage, un module d'entraînement supplémentaire étant prévu, notamment à proximité du premier entraînement d'avance (II), pour la rotation de la fixation (H) de la pièce à façonner (W) autour d'un axe additionnel (C) coaxial au premier axe d'avance (Z) vertical, et un dispositif de manoeuvre (60) étant prévu pour faire passer le service de la fixation (H), effectué au moyen du premier entraînement rotatif (30), d'un simple mouvement de rotation en un service d'axe rond commandé et vice-versa.

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'outil boisseau (T) est disposé à une distance fixe de l'axe transversal (B) et qu'il est pivotable au moyen d'un troisième entraînement d'avance (III) linéaire.
3. Dispositif selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le troisième entraînement d'avance (III) linéaire est disposé parallèlement à la direction d'avance du second entraînement (I).
4. Usage du dispositif selon l'un des revendications 1 à 3 pour fabriquer des surfaces asphériques sur des lentilles brutes (L) en les meulant et/ou polirant avec un outil boisseau (T) étant en contact de point (P) sous un angle de dérivation (β) le long du contour de façonnage (K), l'outil boisseau (T) étant guidé le long du contour de façonnage (K) déterminé par l'unité de commande (E) de manière que l'angle de dérivation (angle de tête β) entre l'axe longitudinal (A) de l'outil boisseau (T) et la tangente (F) au point de contact (P) sur la pièce à façonner (W) soit constant, avec les caractéristiques suivantes:

(a) l'outil boisseau (T) entraîné rotativement par un entraînement rotatif est approché, avec un

point de contact (P) choisi à l'aide de l'angle de dérivation (β), vers la pièce à façonner (W) tournant autour du premier axe d'avance (Z),

(b) l'outil boisseau (T) est guidé, au moyen de l'unité de commande (E), par des commandes interpolées des axes d'avance (X, Z) et de l'axe de pivotement (B), le long du contour de façonnage (K) depuis le bord de la pièce à façonner (W) jusqu'au centre de celle-ci et au-delà,

(c) pendant ou après le façonnage de la pièce (W), on obtient des valeurs de sa surface qui sont introduites à l'unité de commande (E) pour adapter ensuite la trajectoire de l'outil boisseau (T).

Fig. 1

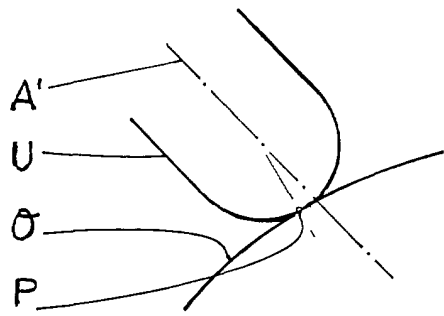
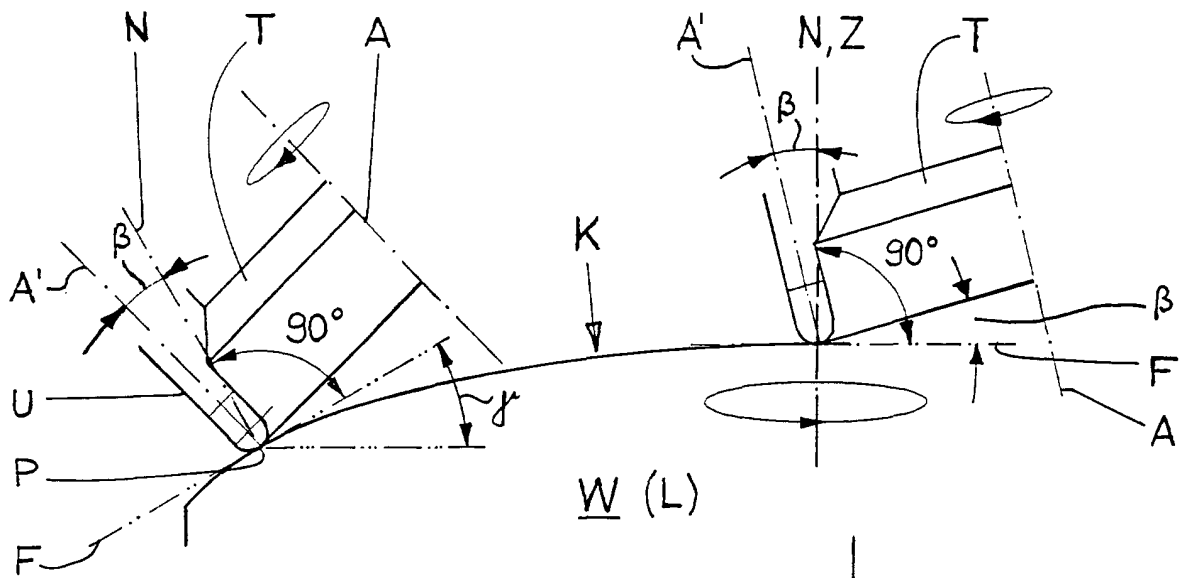


Fig. 1a

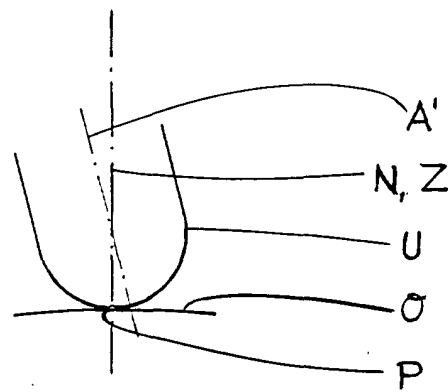


Fig. 1b

Fig. 2

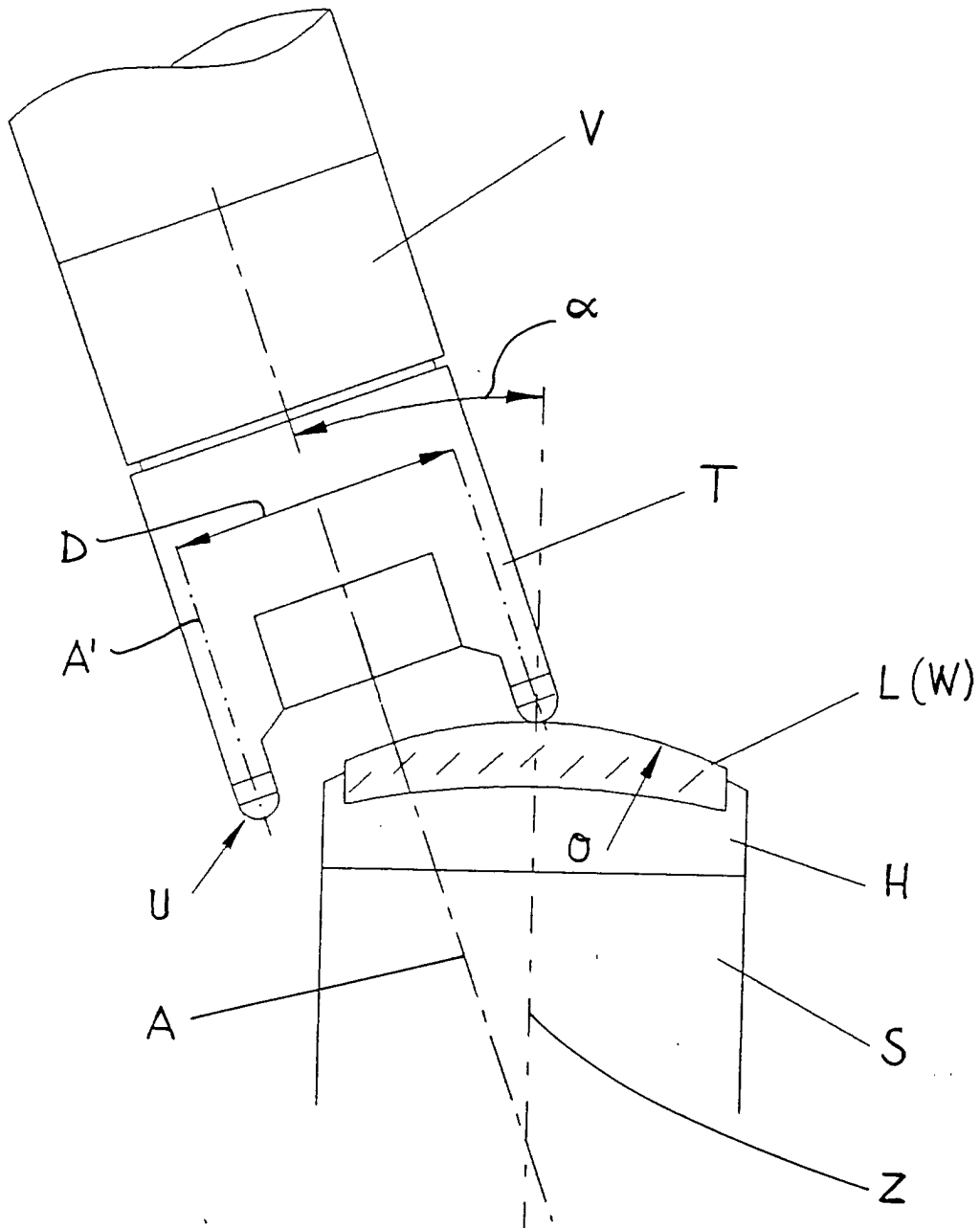


Fig. 3

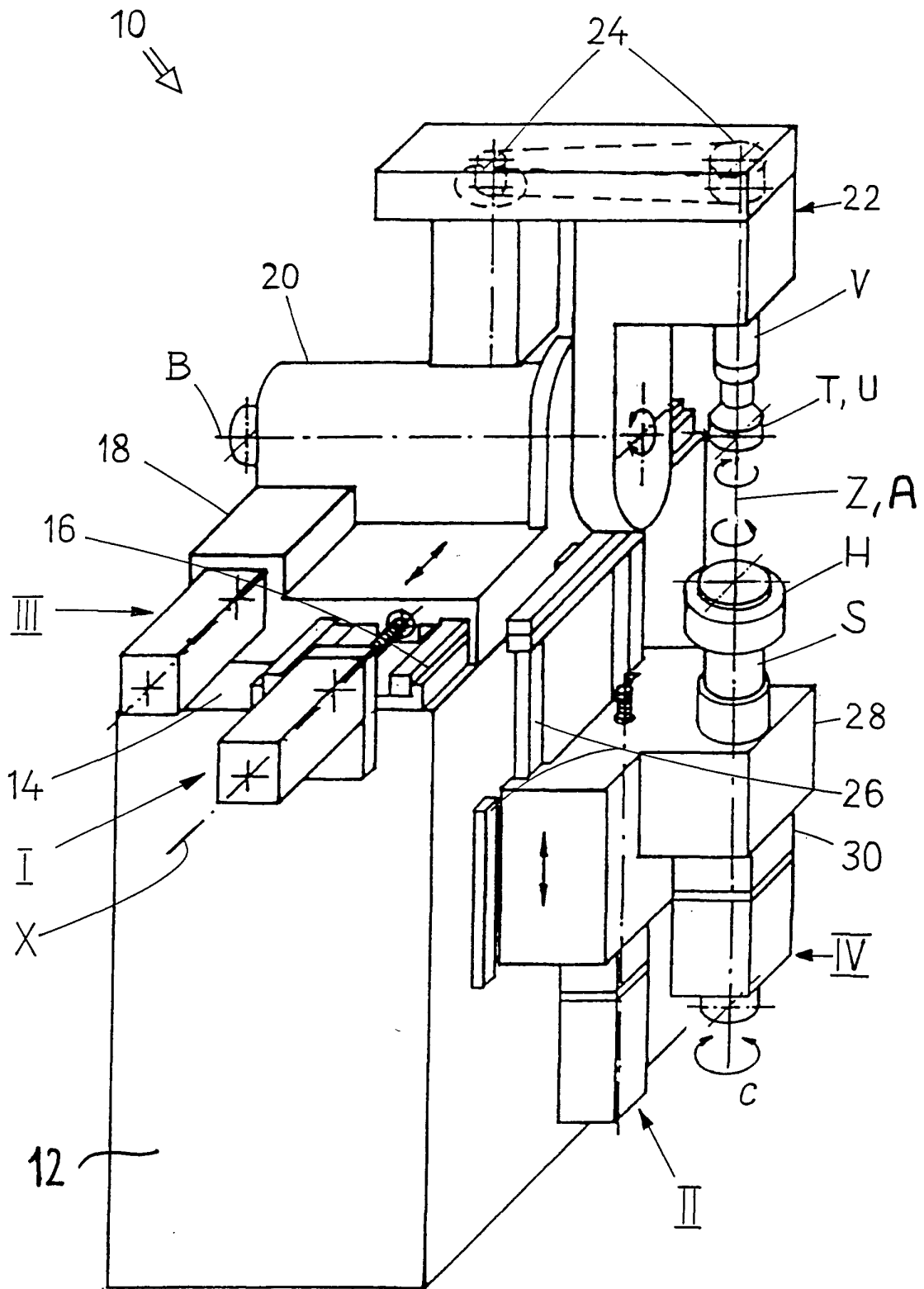


Fig. 4

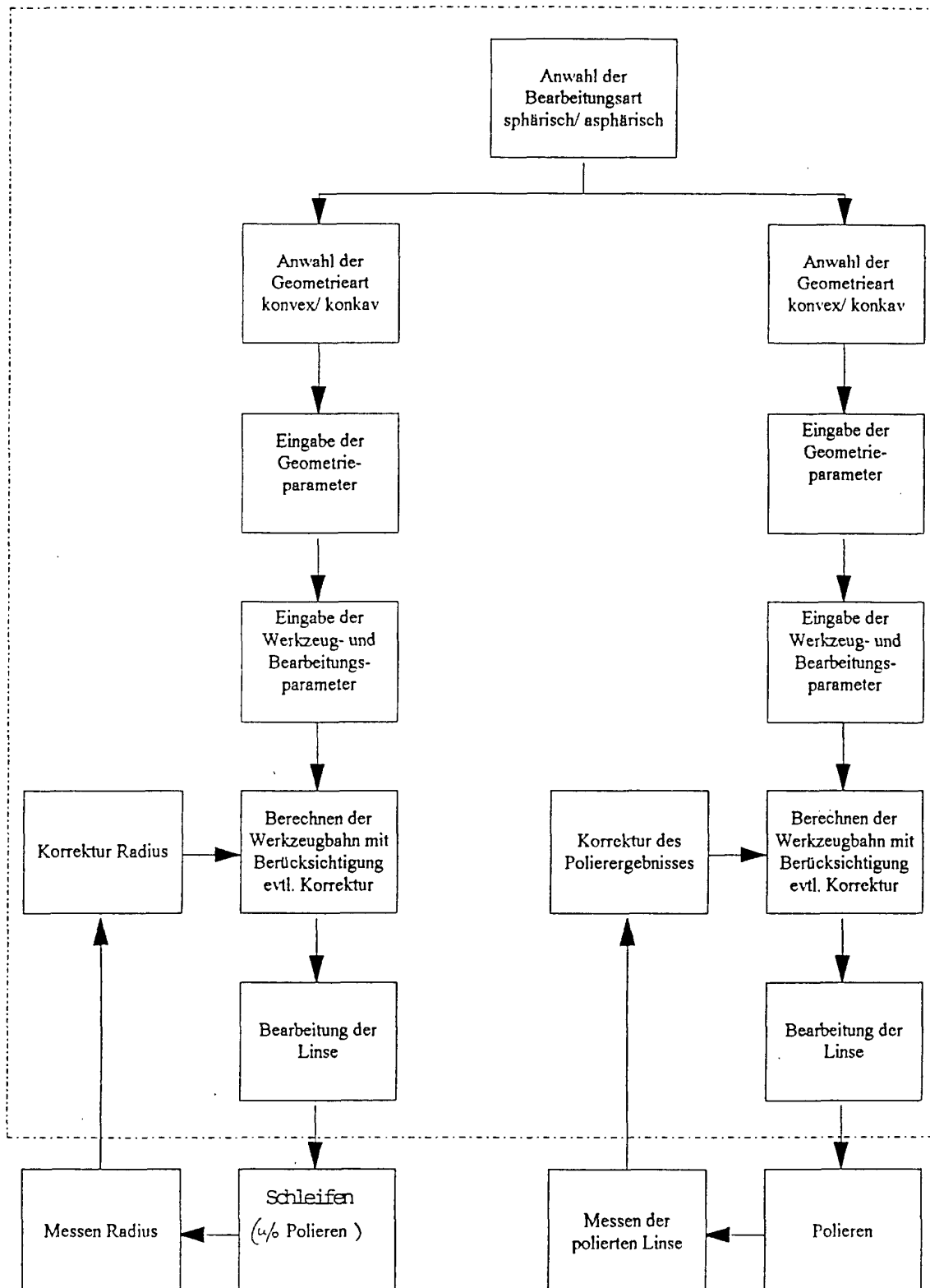


Fig. 5

10
↙

