



(10) **DE 10 2015 009 973 A1** 2017.02.02

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2015 009 973.6**

(22) Anmeldetag: **31.07.2015**

(43) Offenlegungstag: **02.02.2017**

(51) Int Cl.: **B23P 13/00** (2006.01)

B23B 5/40 (2006.01)

B23C 3/16 (2006.01)

B29D 11/00 (2006.01)

B24B 9/14 (2006.01)

(71) Anmelder:

Satisloh AG, Baar, CH

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Oppermann & Oppermann, 63075
Offenbach, DE**

(72) Erfinder:

Mappes, Thomas, 35428 Langgöns, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE 10 2007 007 161 A1

EP 1 243 380 A2

EP 1 473 116 A1

EP 1 593 458 A2

EP 1 698 432 A2

EP 1 719 585 A2

EP 2 011 603 A1

EP 2 011 604 A1

EP 2 308 644 A2

WO 2009/ 106 296 A1

WO 2011/ 018 212 A1

WO 2011/ 042 091 A1

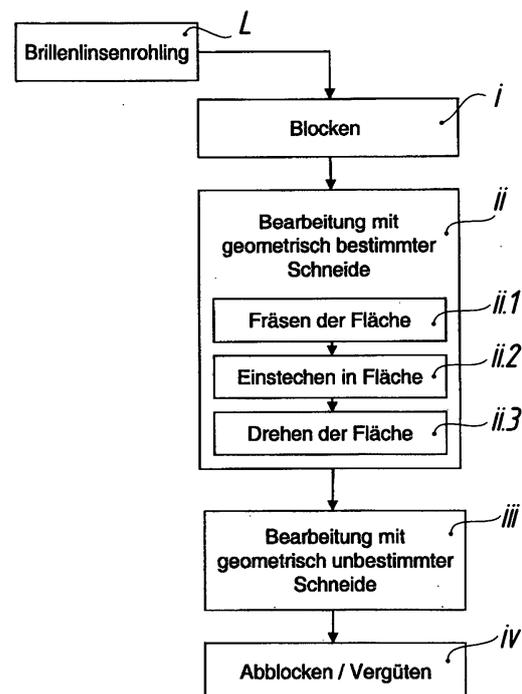
WO 2011/ 107 227 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bearbeitung von optischen Werkstücken, insbesondere Brillenlinsen aus Kunststoff**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken (L) mit einer ersten und einer davon abgewandten zweiten Fläche umfasst die folgenden Hauptschritte: (i) Blocken des Werkstücks mittels eines Blockmaterials auf einem Blockstück als Bearbeitungshandhabe, mit dem Blockmaterial zwischen Blockstück und erster Fläche, (ii) Bearbeiten des Werkstücks mit geometrisch bestimmter Schneide an der zweiten Fläche zur Erzielung der gewünschten Makrogeometrie, (iii) Bearbeiten des Werkstücks mit geometrisch unbestimmter Schneide (Polierwerkzeuge) an der zweiten Fläche zur Erzielung der gewünschten Mikrogeometrie, und (iv) Abblocken des Werkstücks vom Blockstück. Der Hauptschritt (ii) umfasst hierbei einen Einstech-Unterschritt (ii.2), bei dem mit geometrisch bestimmter Schneide ausgehend von der zweiten Fläche ein umlaufender Einstich erzeugt wird, der durch die erste Fläche hindurch bis ins Blockmaterial hineinreicht, so dass auf dem Blockstück radial innerhalb des Einstichs das Werkstück mit vorbestimmter Randkontur verbleibt. Radial außerhalb des Einstichs entsteht ein Restring, der im Hauptschritt (iii) insbesondere für eine gute Randabstützung der Polierwerkzeuge sorgt.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Verfahren zur Bearbeitung von optischen Werkstücken gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Bearbeitung von Brillenlinsen aus Kunststoff, beispielsweise Polycarbonat, CR 39 oder sogenannte "High Index" Materialien, wie es in sogenannten "RX-Werkstätten", d. h. Produktionsstätten zur Fertigung von individuellen Brillenlinsen nach Rezept in sehr großem Umfang praktiziert wird.

STAND DER TECHNIK

[0002] In RX-Werkstätten werden gemäß z. B. der den Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bildenden Druckschrift EP 1 593 458 A2 in der Regel die folgenden Prozessschritte durchlaufen: Zunächst wird ein geeigneter rechter und/oder linker Brillenlinsenrohling aus einem Halbfabrikatlager entnommen. Halbfabrikat insofern, als die in einer Draufsicht gesehen in der Regel runden oder ovalen, noch nicht gerandeten Brillenlinsenrohlinge bereits an einer ihrer jeweils zwei optisch wirksamen Flächen fertigbearbeitet sind. Sodann werden die Brillenlinsenrohlinge für den Blockvorgang vorbereitet, nämlich durch Aufbringen einer geeigneten Schutzfolie oder eines geeigneten Schutzlacks zum Schutz der bereits fertigbearbeiteten optisch wirksamen Fläche.

[0003] Als Nächstes erfolgt das sogenannte "Blocken" der Brillenlinsenrohlinge. Hierbei wird der Brillenlinsenrohling mit einem geeigneten Blockstück, z. B. einem Blockstück gemäß der deutschen Norm DIN 58766 verbunden. Dazu wird das Blockstück zunächst in eine vorgegebene Position gegenüber der geschützten, bereits fertigbearbeiteten Fläche des Brillenlinsenrohlings gebracht und in dieser Position sodann der Raum zwischen Blockstück und Brillenlinsenrohling mit einem geschmolzenen Material ("Alloy", d. h. einer in der Regel Wismut-basierten metallischen Legierung, oder Wachs) ausgefüllt. Nach Erstarren des Füllmaterials stellt das Blockstück eine Aufnahme zur Bearbeitung des Brillenlinsenrohlings dar, die in der Folge bei mehreren Bearbeitungsvorgängen an der Brillenlinse verbleibt und diese dabei zuverlässig halten muss. Als Alternative zu den vorgenannten, erstarrenden Blockmaterialien wurde auch schon vorgeschlagen (DE 10 2007 007 161 A1, EP 2 011 604 A1), einen speziellen – ggf. unter UV-Licht – aushärtenden Klebstoff zu verwenden, um Blockstück und Brillenlinsenrohling zu verbinden, mit dem Klebstoff als Schicht dazwischen.

[0004] Erst dann können die Brillenlinsenrohlinge je nach Werkstoff – bei Kunststoff mittels geometrisch bestimmter Schneide, d. h. regelmäßig Fräsen und/

oder Drehen – in einer Bearbeitungsmaschine (siehe hierzu z. B. die Druckschriften EP 1 719 585 A2 und EP 2 011 603 A1) spanend vorbearbeitet werden. Hierbei erhält die vorher noch nicht bearbeitete optisch wirksame Fläche des jeweiligen Brillenlinsenrohlings ihre Makrogeometrie (optisch aktive Form) gemäß Rezept.

[0005] Sodann erfolgt die spanende Feinbearbeitung der Brillenlinsen, bei der die vorbearbeitete optisch wirksame Fläche der jeweiligen Brillenlinse die gewünschte Mikrogeometrie (Oberflächengüte) erhält, und zwar mittels geometrisch unbestimmter Schneide. In Abhängigkeit von u. a. dem Werkstoff der Brillenlinsen unterteilt sich die Feinbearbeitung in einen Feinschleifvorgang und einen sich daran anschließenden Poliervorgang (siehe hierzu beispielsweise die Druckschriften EP 1 473 116 A1 und EP 1 698 432 A2), oder beinhaltet, falls bei der Vorbearbeitung bereits eine polierfähige Fläche erzeugt wurde, lediglich einen Poliervorgang in einer Poliermaschine (siehe hierzu etwa die Druckschrift EP 2 308 644 A2).

[0006] Erst nach dem Poliervorgang wird die Brillenlinse vom Blockstück getrennt (sogenanntes "Abblocken") bevor sich schließlich Reinigungsschritte und ggf. weiterführende Veredelungsschritte, z. B. eine Entspiegelung oder Hartbeschichtung der Brillenlinsen, und das sogenannte "Edgen", d. h. die Bearbeitung des Randes der jeweiligen Brillenlinse entsprechend der Form des Brillengestells in einer Randbearbeitungsvorrichtung (sogenannte "Edger"; siehe hierzu z. B. die Druckschrift EP 1 243 380 A2) anschließen.

[0007] In RX-Werkstätten sind nun Brillenlinsen in allen Größen zu bearbeiten, insbesondere auch sehr kleine Brillenlinsen. Solche, für sehr kleine Brillengestelle von z. B. reinen Lesebrillen oder Kinderbrillen benötigten Brillenlinsen stellen in RX-Werkstätten allerdings immer eine Herausforderung dar. Dies beginnt schon mit dem Blocken, bei dem für sehr kleine Brillenlinsen üblicherweise spezielle Blockstücke oder Blockringe mit Aufsatzringen vorzuhalten sind. Für eine Fräsbearbeitung von sehr kleinen Brillenlinsen ist sodann ein Fräswerkzeug mit kleinem Durchmesser einzusetzen, was im Prozess zumeist einen Werkzeugwechsel bedingt.

[0008] Auch die Polierbearbeitung von sehr kleinen Brillenlinsen wirft Probleme auf: Üblicherweise wird in der Brillenlinsenfertigung mit flexiblen, d. h. anpassfähigen Werkzeugen poliert (siehe hierzu z. B. die Druckschrift WO 2011/018212 A1 mit weiteren Zitate). Polieren diese Werkzeuge bei sehr kleinen Brillenlinsen über den Linsenrand, besteht die Gefahr, dass an der Brillenlinse in unerwünschter Weise eine glänzende Kante mit daran anschließenden matten Flächenbereichen entsteht; außerdem besteht

die Gefahr, dass sich der Linsenrand in das Polierwerkzeug "einarbeitet" und dessen bearbeitungsaktive Fläche beschädigt.

[0009] Vor diesem Hintergrund ist es in manchen RX-Werkstätten gängige Praxis, sehr kleine Brillenlinsen vor der Polierbearbeitung heraus zu sortieren und sodann mit starren Formwerkzeugen oder "alten" anpassfähigen Polierwerkzeugen zu bearbeiten, die hierbei kaputt gehen dürfen. Auch dies bedingt indes zusätzliche Schritte und Umrüstarbeiten, was in der Massenfertigung letztendlich einen leidigen Mehraufwand darstellt.

[0010] Wünschenswert wäre es, wenn auch sehr kleine Brillenlinsen im Prozess für "normal große" Brillenlinsen verbleiben könnten und keiner aufwändigen Sonderbehandlung bedürften.

AUFGABENSTELLUNG

[0011] Der Erfindung liegt demgemäß die Aufgabe zugrunde, ausgehend vom Stand der Technik, wie er etwa in der gattungsbildenden Druckschrift EP 1 593 458 A2 beschrieben wird, ein möglichst einfaches Verfahren zur Bearbeitung von optischen Werkstücken, insbesondere Brillenlinsen aus Kunststoff bereitzustellen, mit dem auch verhältnismäßig kleine Werkstücke, z. B. Brillenlinsen für Kinderbrillen, problemlos bearbeitet werden können.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0012] Diese Aufgabe wird durch die im Patentanspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte oder zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Patentansprüche 2 bis 8.

[0013] Bei einem Verfahren zur Bearbeitung von optischen Werkstücken, insbesondere Brillenlinsen aus Kunststoff, welche eine erste Fläche und eine davon abgewandte zweite Fläche aufweisen, die zu bearbeiten ist, welches Verfahren die folgenden, in der angegebenen Reihenfolge ablaufenden Hauptschritte umfasst: (i) Blocken des Werkstücks mittels eines Blockmaterials auf einem Blockstück als Handhabe bei der Bearbeitung, so dass sich das Blockmaterial zwischen dem Blockstück und der ersten Fläche des Werkstücks befindet; (ii) Bearbeiten des Werkstücks mit geometrisch bestimmter Schneide zur Erzielung der gewünschten Makrogeometrie an der zweiten Fläche des Werkstücks; (iii) Bearbeiten des Werkstücks mit geometrisch unbestimmter Schneide zur Erzielung der gewünschten Mikrogeometrie an der zweiten Fläche des Werkstücks; und (iv) Abblocken des Werkstücks von dem Blockstück; weist der Hauptschritt (ii) des Bearbeitens des Werkstücks mit geometrisch bestimmter Schneide erfindungsgemäß (ii.2) einen Einstech-Unterschritt auf, bei dem mit geometrisch bestimmter Schneide aus-

gehend von der zweiten Fläche ein umlaufender Einstich erzeugt wird, der durch die erste Fläche hindurch bis ins Blockmaterial hineinreicht, so dass auf dem Blockstück radial innerhalb des Einstichs das Werkstück mit einer vorbestimmten Randkontur verbleibt.

[0014] Mit anderen Worten gesagt wird vor dem Hauptschritt (iii) des (Fein)Bearbeitens des Werkstücks mit geometrisch unbestimmter Schneide – d. h. den ggf. Schleif- und jedenfalls Polierprozessschritten – der Werkstückrohling durch den umlaufenden Einstich in ein radial inneres Teilstück, welches später das im Verhältnis zum Werkstückrohling deutlich kleinere Werkstück bildet, und ein radial äußeres, ringförmiges Teilstück (Restring) unterteilt, das ebenfalls auf dem Blockstück verbleibt und bei der weiteren Bearbeitung zur Werkzeugabstützung dient. Das radial innere, eigentliche, kleine Werkstück kann dann so weiter bearbeitet werden wie ein großes oder "normales" Werkstück, wobei sich die zum Einsatz kommenden (Fein)Bearbeitungswerkzeuge mit geometrisch unbestimmter Schneide an dem Restring abstützen können. Nach der Bearbeitung werden der Restring und das Werkstück abgeblockt, der Restring entsorgt und das Werkstück ggf. weiter behandelt.

[0015] In dem eingangs beschriebenen Fall der Bearbeitung von Brillenlinsen müssen somit weder besondere Blockstücke für kleine Brillenlinsen vorgehalten werden noch müssen andere Werkzeuge für die Bearbeitung kleiner Brillenlinsen vorgesehen werden oder gar kleine Brillenlinsen aus dem Standardprozessablauf separiert und gesondert behandelt werden. Die Qualität der mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeiteten kleinen Brillenlinsen unterscheidet sich im Ergebnis nicht von der guten Qualität größerer Brillenlinsen. Glänzende Kanten, matte Flächenbereiche und andere Ungenauigkeiten der polierten kleinen Brillenlinsen, wie sie im Stand der Technik immer wieder auftraten, werden infolge der Randabstützung der Polierwerkzeuge mittels des Restrings zuverlässig vermieden, nachdem diese eine Polierbearbeitung wie bei einer großen oder "normalen" Brillenlinse ermöglicht. Die durch den Restring erzielte Randabstützung verhindert bei der Bearbeitung auch ein Ab- oder Wegkippen des Polierwerkzeugs von der Brillenlinse und ein damit im Stand der Technik manchmal einhergehendes Verkleben zwischen Werkstück und Werkzeug. Darüber hinaus werden im Vergleich zum konventionellen Vorgehen die flexiblen Polierwerkzeuge geschont und deren Standzeiten verlängert. Nicht zuletzt entfallen die im Stand der Technik notwendigen (Um)Rüstarbeiten und die Bearbeitung wird insgesamt effizienter.

[0016] Umfasst der Hauptschritt (ii) des Bearbeitens des Werkstücks mit geometrisch bestimmter Schneide als weitere Unterschritte (ii.1) ein Fräsen

des Werkstücks an der zweiten Fläche mittels eines Fräswerkzeugs zur Erzielung der gewünschten groben Makrogeometrie und (ii.3) ein Drehen des Werkstücks an der zweiten Fläche mittels eines Drehwerkzeugs zur Erzielung der gewünschten feinen Makrogeometrie, so kann der Einstech-Unterschritt (ii.2) grundsätzlich vor dem Fräs-Unterschritt (ii.1) oder nach dem Dreh-Unterschritt (ii.3) ausgeführt werden. Im ersten Fall (vor dem Fräsen) werden jedoch relativ lange Einstech-Werkzeuge und Bearbeitungszeiten benötigt, um durch das Werkstück hindurch bis zum Blockmaterial zu gelangen; im zweiten Fall (nach dem Drehen) muss besondere Sorgfalt darauf verwendet werden, beim Erzeugen des Einstichs die just überdrehte zweite Fläche des Werkstücks nicht zu beschädigen. Bevorzugt ist deshalb eine Verfahrensausgestaltung, bei der der Einstech-Unterschritt (ii.2) zwischen dem Fräs-Unterschritt (ii.1) und dem Dreh-Unterschritt (ii.3) stattfindet.

[0017] In einer bevorzugten ersten Variante kann ferner für die Erzeugung des Einstichs im Einstech-Unterschritt (ii.2) ein drehfest gehaltener schmaler Drehmeißel verwendet werden. Dies erfordert freilich einen Drehantrieb für das Werkstück, um die für ein Zerspanen notwendige Relativgeschwindigkeit zwischen Werkstück und Werkzeug zu erzeugen, sowie eine Möglichkeit der relativen Drehmeißelzustellung bezüglich des Werkstücks, was im Fall einer Drehbearbeitung der optisch wirksamen Flächen an Brillenlinsen maschinenseitig aber ohnehin beides vorhanden ist. In einer alternativen, gleichwohl ebenfalls bevorzugten zweiten Variante kann für die Erzeugung des Einstichs im Einstech-Unterschritt (ii.2) ein drehend angetriebener Fingerfräser verwendet werden. Die Maschinenkinematik der Bearbeitungsvorrichtung muss in diesem Fall natürlich so ausgelegt sein, dass ausgehend von der zweiten Fläche ein umlaufender Einstich im Werkstück erzeugt werden kann, sei es durch geeignetes Bewegen des Fingerfräsers und/oder des Werkstücks. Sogenannte "Generatoren" zur Flächenbearbeitung von Brillenlinsen, wie sie z. B. in den Druckschriften EP 1 719 585 A2 oder EP 2 011 603 A1 beschrieben werden, besitzen jedenfalls ohne Weiteres die hierfür erforderliche Konstellation von Bewegungsachsen.

[0018] Im weiteren Verfolg des Erfindungsgedankens kann vor dem Hauptschritt (iii) des Bearbeitens des Werkstücks mit geometrisch unbestimmter Schneide ein Übergangsbereich zwischen dem Einstich und der zweiten Fläche angefast oder abgerundet werden. Durch diese Maßnahme wird in vorteilhafter Weise dafür Sorge getragen, dass ein flexibles Polierwerkzeug im Hauptschritt (iii) des Bearbeitens des Werkstücks mit geometrisch unbestimmter Schneide beim Überfahren des umlaufenden Einstichs keinem vergrößerten Verschleiß unterliegt. Dabei kann der Übergangsbereich zwischen dem Einstich und der zweiten Fläche mittels des Drehwerk-

zeugs im Dreh-Unterschritt (ii.3) angefast oder abgerundet werden, so dass die Fase oder Abrundung vorteilhaft in einem Arbeitsgang mit ein und demselben Werkzeug kantenfrei bzw. mit glatten Übergängen erzeugt werden kann. Alternativ hierzu kann der Übergangsbereich zwischen dem Einstich und der zweiten Fläche aber auch mittels des Fingerfräsers am Anfang und/oder Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2) angefast oder abgerundet werden, wozu der drehangetriebene Fingerfräser beim axialen Eintauchen in die zweite Fläche des Werkstücks zur Erzeugung des Einstichs bzw. beim axialen Herausfahren aus dem gerade erzeugten Einstich auch einen bezüglich der Werkstückdrehachse radialen Vorschub erfährt.

[0019] Besonders vorteilhaft ist es schließlich, wenn im Einstech-Unterschritt (ii.2) eine Randkontur am Werkstück erzeugt wird, die der Umfassungskontur einer Fassung für das Werkstück entspricht oder der Umfassungskontur der Fassung für das Werkstück bis auf ein geringfügiges Übermaß entspricht. So kommt dem Einstech-Unterschritt (ii.2) im Hinblick auf die final gewünschte Werkstückgeometrie vorteilhaft schon eine echte formgebende Funktion zu, bei der entweder ein Fertigranden des Werkstücks schon im Generator erfolgt oder ein späteres Fertigranden mit weniger Spanvolumen und Aufwand verbunden ist. Bei geeigneter Geometrie des Einstech-Werkzeugs kann hierbei sogar eine Dach- oder Spitzfacette am Rand des Werkstücks erzeugt werden – etwa vermittelt eines Fingerfräsers, der in seinen Umfangsschneiden mit auf einer Höhe liegenden V-förmigen Nuten versehen ist und am Ende des Einstech-Unterschritts ohne axialen Vorschub bezüglich des Werkstücks nach radial innen zugestellt und nach entsprechender Rückstellung nach radial außen wieder aus dem Einstich axial herausgezogen wird.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0020] Im Folgenden wird die Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten, teilweise schematischen Zeichnungen näher erläutert, in denen gleiche Bezugszeichen gleiche bzw. entsprechende Teile kennzeichnen. In den Zeichnungen zeigen:

[0021] Fig. 1 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Bearbeitung von Brillenlinsen aus Kunststoff, mit den vier Hauptschritten (i) Blocken, (ii) Vorbearbeitung, (iii) Feinbearbeitung und (iv) Abblocken/Vergüten sowie der Besonderheit, dass der Hauptschritt der Vorbearbeitung (ii) einen Einstech-Unterschritt (ii.2) zur Erzeugung eines umlaufenden, stirnseitigen Einstichs umfasst, der die radial innere, eigentliche Brillenlinse von einem radial äußeren Restring des Brillenlinsenrohlings trennt;

[0022] Fig. 2 eine perspektivische Ansicht eines auf einem Blockstück mittels eines Blockmaterials geblockten Brillenlinsenrohlings nach Erzeugen des umlaufenden, stirnseitigen Einstichs in dem Einschnitt-Unterschritt (ii.2) des Verfahrens gemäß Fig. 1;

[0023] Fig. 3 eine Schnittansicht der in Fig. 2 gezeigten Einheit aus Blockstück, Blockmaterial und Brillenlinsenrohling;

[0024] Fig. 4 eine abgebrochene, vergrößerte Schnittansicht der in Fig. 2 gezeigten Einheit aus Blockstück, Blockmaterial und Brillenlinsenrohling, entsprechend dem Detail IV in Fig. 3, wobei der bis in das Blockmaterial reichende, stirnseitige Einstich mittels eines schmalen Drehmeißels in einem Drehprozess erzeugt wurde;

[0025] Fig. 5 eine im Hinblick auf den Bildausschnitt der Fig. 4 entsprechende, abgebrochene und vergrößerte Schnittansicht der in Fig. 2 gezeigten Einheit aus Blockstück, Blockmaterial und Brillenlinsenrohling, wobei der sich bis in das Blockmaterial erstreckende, stirnseitige Einstich mittels eines Fingerfräasers in einem Fräsprozess erzeugt wurde;

[0026] Fig. 6 eine perspektivische Ansicht einer Maschine zur Bearbeitung von Brillenlinsen aus Kunststoff mit geometrisch bestimmter Schneide, von schräg vorne/oben links, ohne Maschinenoberseite (welches für eine bessere Einsicht in das Maschineninnere abgenommen wurde), deren werkzeugmäßige Ausstattung eine Fräs-Bearbeitungseinheit mit einer Werkzeugspindel und zwei Dreh-Bearbeitungseinheiten mit jeweils einem Fast-Tool-Servo umfasst, als Beispiel für eine Maschine, in der auch der stirnseitige Einstich gemäß den Fig. 2 bis Fig. 5 erzeugt werden kann;

[0027] Fig. 7 eine Draufsicht auf die Maschine gemäß Fig. 6 mit Blickrichtung von oben in Fig. 6, wobei die Maschine links unten eine freigelassene Flanschfläche für eine hier nicht gezeigte, weitere Bearbeitungseinheit zur Erzeugung des stirnseitigen Einstichs gemäß den Fig. 2 bis Fig. 5 aufweist;

[0028] Fig. 8 eine abgebrochene und teilgeschnittene, perspektivische Ansicht der Maschine gemäß Fig. 6 im Bereich der Flanschfläche von Fig. 7, auf der als weitere Bearbeitungseinheit zur Erzeugung des stirnseitigen Einstichs gemäß Fig. 5 eine weitere Fräs-Bearbeitungseinheit mit einer Werkzeugspindel zum Antrieb eines Fingerfräasers montiert ist;

[0029] Fig. 9 eine abgebrochene und teilgeschnittene, perspektivische Ansicht der Maschine gemäß Fig. 6 im Bereich der Flanschfläche von Fig. 7, auf der als weitere Bearbeitungseinheit zur Erzeugung des stirnseitigen Einstichs gemäß Fig. 4 eine weitere Dreh-Bearbeitungseinheit mit einem feststehen-

den Drehmeißelhalter montiert ist, der einen schmalen Drehmeißel trägt;

[0030] Fig. 10 eine vergrößerte, perspektivische Ansicht des in Fig. 9 gezeigten, schmalen Drehmeißels zur Erzeugung des stirnseitigen Einstichs gemäß Fig. 4;

[0031] Fig. 11 eine im Maßstab gegenüber Fig. 10 verkleinerte Seitenansicht des schmalen Drehmeißels von Fig. 10, mit Blickrichtung von vorne in Fig. 10;

[0032] Fig. 12 eine Draufsicht auf den schmalen Drehmeißel von Fig. 10, mit Blickrichtung von oben in Fig. 10 und im Maßstab von Fig. 11;

[0033] Fig. 13 eine Seitenansicht des schmalen Drehmeißels von Fig. 10, mit Blickrichtung von hinten in Fig. 10 und im Maßstab von Fig. 11;

[0034] Fig. 14 eine perspektivische Ansicht eines Werkzeughalters von schräg vorne/oben links, der an einem der Fast-Tool-Servos der Maschine gemäß den Fig. 6 und Fig. 7 angebracht werden kann und zwei Drehmeißelaufnahmen aufweist, von denen die in Fig. 14 rechte Drehmeißelaufnahme mit einem Drehmeißel zur Flächenbearbeitung der Brillenlinsen bestückt ist, während in der in Fig. 14 linken Drehmeißelaufnahme der in den Fig. 10 bis Fig. 13 dargestellte, schmale Drehmeißel zur Erzeugung des stirnseitigen Einstichs gemäß Fig. 4 aufgenommen ist; und

[0035] Fig. 15 eine perspektivische Ansicht des Werkzeughalters gemäß Fig. 14 von schräg hinten/oben rechts.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0036] Die Fig. 1 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Bearbeitung von Brillenlinsen L aus Kunststoff als optischen Werkstücken, die gemäß den Fig. 2 und Fig. 3 eine erste Fläche cx und eine davon abgewandte zweite Fläche cc aufweisen, von denen die zweite Fläche cc im Zuge des Verfahrens im Hinblick auf ihre optischen Eigenschaften zu bearbeiten ist. Das Verfahren umfasst gemäß Fig. 1 in an sich bekannter Weise die folgenden, in der angegebenen Reihenfolge ablaufenden Hauptschritte (siehe hierzu jeweils auch den eingangs zitierten Stand der Technik):

(i) Blocken der Brillenlinse L mittels eines Blockmaterials M, insbesondere eines speziellen, z. B. lichtsäurehärtenden Klebstoffs auf einem Blockstück S als Handhabe bei der Bearbeitung, wie es etwa in der Druckschrift WO 2009/106296 A1 im Detail beschrieben wird, so dass sich das Blockmaterial M zwischen dem Blockstück S und der hiervon um die Dicke des

Blockmaterials M beabstandeten ersten Fläche cx der Brillenlinse L befindet, wie in den **Fig. 2** und **Fig. 3** dargestellt;

(ii) (Vor)Bearbeiten der Brillenlinse L mit geometrisch bestimmter Schneide (z. B. Fräsen und/oder Drehen) zur Erzielung der gewünschten Makrogeometrie an der zweiten Fläche cc der Brillenlinse L;

(iii) (Fein)Bearbeiten der Brillenlinse L mit geometrisch unbestimmter Schneide (ggf. Schleifen und jedenfalls Polieren) zur Erzielung der gewünschten Mikrogeometrie an der zweiten Fläche cc der Brillenlinse L; und

(iv) Abblocken der Brillenlinse L von dem Blockstück S, mit sich daran nach Reinigung der Brillenlinse L ggf. anschließenden Vergütungsschritten (Beschichten und ggf. Fertigranden zur Einpassung der Brillenlinse L in eine Fassung bzw. ein Brillengestell).

[0037] Wesentlich ist hierbei, dass der Hauptschritt (ii) des (Vor)Bearbeitens der Brillenlinse L mit geometrisch bestimmter Schneide einen Einstech-Unterschritt (ii.2) umfasst, bei dem mit geometrisch bestimmter Schneide ausgehend von der zweiten Fläche cc ein umlaufender Einstich E im Brillenlinsenrohling erzeugt wird, der durch die erste Fläche cx hindurch bis in das Blockmaterial M hineinreicht, wie in den **Fig. 2** bis **Fig. 5** gezeigt, so dass auf dem Blockstück S radial innerhalb des Einstichs E die eigentliche Brillenlinse L mit einer vorbestimmten Randkontur R verbleibt, umgeben von einem radial äußeren Restring K des Brillenlinsenrohlings. Dieser Restring K dient insbesondere der axialen Abstützung des Werkzeugs bzw. der Werkzeuge im Feinbearbeitungsschritt (iii), so dass auch sehr kleine Brillenlinsen L wie große oder "normale" Brillenlinsen mit guter Qualität bearbeitet werden können, ohne dass hierfür im Blockschritt (i) oder im Feinbearbeitungsschritt (iii) besondere Maßnahmen – wie etwa der eingangs beschriebene Einsatz spezieller Blockstücke oder -ringe bzw. anderer, z. B. starrer oder alter Polierwerkzeuge – ergriffen werden müssten. Nach der Bearbeitung wird der Restring K im Abblockschritt (iv) zusammen mit der Brillenlinse L mit üblichen Abblockverfahren – beispielsweise mittels eines Hochdruck-Wasserstrahls, wie in der Druckschrift WO 2011/042091 A1 oder WO 2011/107227 A1 beschrieben – abgeblockt, worauf der Restring K entsorgt und die Brillenlinse L ggf. wie an sich bekannt weiterbehandelt werden kann.

[0038] Umfasst der Hauptschritt (ii) des (Vor)Bearbeitens der Brillenlinse L mit geometrisch bestimmter Schneide in an sich bekannter Weise die folgenden weiteren Unterschritte: (ii.1) Fräsen der Brillenlinse L an der zweiten Fläche cc mittels eines Fräswerkzeugs G (siehe **Fig. 6**) zur Erzielung der gewünschten groben Makrogeometrie und (ii.3) Drehen der Brillenlinse L an der zweiten Fläche cc mittels ei-

nes Drehwerkzeugs D (vgl. wiederum **Fig. 6**) zur Erzielung der gewünschten feinen Makrogeometrie, so findet der Einstech-Unterschritt (ii.2) in dem hier illustrierten Verfahrensbeispiel zwischen dem Fräs-Unterschritt (ii.1) und dem Dreh-Unterschritt (ii.3) statt, was einerseits im Hinblick auf kurze Bearbeitungszeiten von Vorteil ist und andererseits die Gefahr bannt, dass es infolge des Einstech-Unterschritts (ii.2) zu einer Beschädigung der Makrogeometrie der zweiten Fläche cc kommt, wie schon eingangs erwähnt.

[0039] Nachdem die Bearbeitungs-Hauptschritte (i), (iii) und (iv) wie auch die Bearbeitungs-Unterschritte (ii.1) und (ii.3) dem Fachmann hinlänglich bekannt und durch den oben zitierten Stand der Technik – auf den hiermit zu verfahrens- und vorrichtungstechnischen Einzelheiten nochmals ausdrücklich verwiesen sei – dokumentiert sind, soll sich die nachfolgende Beschreibung vornehmlich mit dem Einstech-Unterschritt (ii.2) beschäftigen, namentlich der Geometrie des im Einstech-Unterschritt (ii.2) erzeugten, stirnseitigen Einstichs E in der Brillenlinse L sowie verfahrens- und vorrichtungstechnischen Maßnahmen zur Erzeugung dieses Einstichs E. Dabei werden zwei Verfahrensvarianten erläutert, nämlich zum einen die Erzeugung des Einstichs E gemäß **Fig. 4** im Einstech-Unterschritt (ii.2) unter Verwendung eines drehfest gehaltenen schmalen Drehmeißels V, zu welcher Variante Einzelheiten in den **Fig. 9** bis **Fig. 15** gezeigt sind, und zum anderen die Erzeugung des Einstichs E gemäß **Fig. 5** im Einstech-Unterschritt (ii.2) unter Verwendung eines drehend angetriebenen Fingerfräasers W, zu welcher Variante sich Einzelheiten aus der **Fig. 8** ergeben. Bei beiden Verfahrensvarianten – Fräsprozess bzw. Drehprozess – kommt in den hier dargestellten Ausführungsbeispielen eine Maschine **10** ("Generator") zur Flächenbearbeitung von Brillenlinsen L zum Einsatz, die in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt ist. Bei dieser Maschine **10** handelt es sich um den von der Satisloh AG, Baar, Schweiz erhältlichen Generator mit der Handelsbezeichnung "VFT-orbit", der Gegenstand der Druckschrift EP 2 011 603 A1 ist, auf die hiermit bezüglich Aufbau und Funktion der Maschine **10** zunächst ausdrücklich verwiesen sei.

[0040] Kurzgefasst besitzt die Maschine **10** gemäß den **Fig. 6** und **Fig. 7** eine Werkstückspindel **12**, mittels der die auf dem Blockstück S aufgeblockte Brillenlinse L um eine Werkstück-Drehachse B drehend angetrieben werden kann. Ferner hat die Maschine **10** wenigstens eine, im dargestellten Ausführungsbeispiel sogar drei Bearbeitungseinheiten für die spanende Bearbeitung der an der Werkstückspindel **12** über das Blockstück S gehaltenen Brillenlinse L, nämlich zwei Dreh-Bearbeitungseinheiten **14**, **16** mit jeweils einem Fast-Tool-Servo **18**, **20**, der dazu dient, eine Linearbewegung in Richtung F1 bzw. F2 für einen jeweils zugeordneten Drehmeißel D als Drehwerkzeug zu erzeugen, sowie eine Fräs-Bearbeitungseinheit **22** mit einer Werkzeugspindel **24** zur

Erzeugung einer Drehbewegung um eine Werkzeug-Drehachse C für ein Fräswerkzeug G. Darüber hinaus weist die Maschine **10** einen allgemein mit **26** bezifferten Verstellmechanismus zur Erzeugung einer Relativbewegung zwischen der Werkstückspindel **12** und dem jeweiligen Werkzeug D, G auf, um (wenigstens) wahlweise ein Laden/Entladen oder ein spanendes Bearbeiten der Brillenlinse L zu ermöglichen. Hierbei umfasst der Verstellmechanismus **26** eine Linearantriebseinheit sowie eine Schwenkantriebseinheit (beide in den **Fig. 6** und **Fig. 7** nicht zu sehen), die aufeinander angeordnet sind, wobei die Werkstückspindel **12** mittels der Schwenkantriebseinheit um eine Schwenkachse A schwenkbar ist, die im Wesentlichen senkrecht zur Werkstück-Drehachse B steht, während die Werkstückspindel **12** mittels der Linearantriebseinheit entlang einer Linearachse Y bewegbar ist, die im Wesentlichen senkrecht zur Schwenkachse A und im Wesentlichen parallel zur Werkstück-Drehachse B verläuft.

[0041] Der Verstellmechanismus **26** ist im Zentrum einer ringtrogartigen Ausnehmung **28** angeordnet, die ausgehend von einer Oberseite **30** mittig in einem monolithisch aus Polymerbeton geformten Maschinengestell **32** ausgebildet ist und einen Arbeitsraum **34** der Maschine **10** begrenzt. Um die Ausnehmung **28** herum sind, wie insbesondere die **Fig. 7** zeigt, in einer sternartigen Anordnung ausgehend von der Oberseite **30** mehrere Flanschflächen **36** in das Maschinengestell **32** eingelassen, welche der Montage der Bearbeitungseinheiten **14**, **16**, **22** und weiterer Einheiten bzw. Stationen dienen, die nachfolgend noch beschrieben werden.

[0042] Die **Fig. 6** und **Fig. 7** zeigen schließlich auch (a) eine seitlich am Maschinengestell **32** montierte Transporteinrichtung **38** für den Transport von Arbeitskästen **40**, in denen die zu bearbeitenden/bearbeiteten Brillenlinsen L transportiert werden, (b) eine Lade/Entlade-Station **42** zum Laden/Entladen von Brillenlinsen L in die/aus der Maschine **10**, mit einem Lademechanismus **44**, der hinsichtlich seiner Bewegungsfreiheitsgrade und Greifmöglichkeiten angepasst ist, eine Brillenlinse L aus einem Arbeitskasten **40** herauszunehmen und in den Arbeitsraum **34** der Maschine **10** hineinzubewegen, um die geblockte Brillenlinse L an der Werkstückspindel **12** zu spannen, und umgekehrt, (c) eine Messstation **46** zum Vermessen der Brillenlinsen L sowie (d) einen am Maschinengestell **32** montierten Schaltschrank **48**, der die benötigten Steuerungs- und Versorgungsbaugruppen enthält.

[0043] Was die Kinematik der vorbeschriebenen Maschine **10** angeht, ist insoweit festzuhalten, dass die Werkstückspindel **12** mittels des aus Linearantriebseinheit und Schwenkantriebseinheit bestehenden Verstellmechanismus **26** CNC-lagegeregelt (A-Achse, Y-Achse) in einer bezüglich der Schwenkach-

se A senkrecht verlaufenden Ebene bewegbar ist, während die Brillenlinse L im Drehwinkel CNC-lagegeregelt (B-Achse) um die Werkstück-Drehachse B drehbar ist. Somit kann die Brillenlinse L von einer Bearbeitungseinheit oder Station zur nächsten Bearbeitungseinheit oder Station bewegt werden (A-Achse), bezüglich einer Bearbeitungseinheit oder Station quer zu dieser (A-Achse, ggf. mit Y-Achse kombiniert, insbesondere für Vorschubbewegungen) und/oder bezüglich einer Bearbeitungseinheit oder Station in Richtung auf diese zu bzw. von dieser weg (Y-Achse, insbesondere für Zustellbewegungen). Werkzeugseitig kann dabei das Fräswerkzeug G mittels der Werkzeugspindel **24** um die Werkzeug-Drehachse C in der Drehzahl gesteuert drehend angetrieben werden bzw. der jeweilige Drehmeißel D mittels des zugeordneten Fast-Tool-Servos **18**, **20** entlang der jeweiligen Linearachse F1, F2 CNC-lagegeregelt und nach Maßgabe der an der Brillenlinse L zu erzeugenden Flächenform reziprozierend zugestellt werden, um Späne abzuheben.

[0044] In den **Fig. 6** und **Fig. 7** links unten wurde die Flanschfläche **36** am Maschinengestell **32** freigelassen. Hier kann gemäß den **Fig. 8** und **Fig. 9** eine weitere Bearbeitungseinheit zur Erzeugung des stirnseitigen Einstichs E gemäß den **Fig. 2** bis **Fig. 5** angeordnet sein, wie nachfolgend beschrieben werden soll.

[0045] Gemäß **Fig. 8** ist als weitere Bearbeitungseinheit zur Erzeugung des in **Fig. 5** gezeigten stirnseitigen Einstichs E in der Brillenlinse L eine weitere Fräs-Bearbeitungseinheit **50** vorgesehen, die eine Frässpindel **52** mit einer Werkzeugaufnahme **54** zum Spannen des weiter oben erwähnten, langen und dünnen Fingerfräasers W aufweist, der in an sich bekannter Weise stirnseitig und am Umfang mit einer Mehrzahl von Schneiden versehen ist. Mittels der Frässpindel **52** kann der in der Werkzeugaufnahme **54** befestigte Fingerfräser W um eine Werkzeug-Drehachse C' in der Drehzahl gesteuert drehend angetrieben werden. Die Frässpindel **52** ist hierbei bezüglich des Maschinengestells **32** auf einer Höhe angeordnet, so dass sich die Werkzeug-Drehachse C' des Fingerfräasers W in einer durch die rotativen Achsen A und B definierten Schwenkebene der Werkstückspindel **12** befindet.

[0046] Die Frässpindel **52** ist ferner über einen Flansch **56** an einer Konsole **58** angeflanscht, die ihrerseits auf der Flanschfläche **36** des Maschinengestells **32** sitzt und an dieser auf geeignete Weise befestigt ist. Zwischen dem Flansch **56** und der Konsole **58** ist nahe der Werkzeugaufnahme **54** ein Stift (nicht dargestellt) eingefügt, um den der Flansch **56** und damit die Frässpindel **52** insgesamt bezüglich der Konsole **58** verschwenkt werden kann. Wie in **Fig. 8** durch die Schraubverbindung mit Langloch bei **60** sowie die Skala **62** an der Konsole **58** an-

gedeutet, kann somit die Werkzeug-Drehachse C' des Fingerfräasers W bezüglich der Schwenkachse A der Werkstückspindel 12 justiert werden bevor der Flansch 56 an der Konsole 58 festgezogen wird. Insbesondere ist eine derartige Justage der Frässpindel 52 am Maschinengestell 32 möglich, dass die Werkstückspindel 12 mittels der Schwenkantriebs-einheit (nicht gezeigt) des Verstellmechanismus 26 um die Schwenkachse A in einer Stellung positioniert werden kann, in der die Werkstück-Drehachse B der Werkstückspindel 12 nahe der Werkzeug-Drehachse C' der Frässpindel 52 parallel zu dieser verläuft. Anstelle einer Schwenkverbindung zwischen Flansch 56 und Konsole 58 könnte die Verbindung indes auch so ausgestaltet sein, dass der Flansch 56 bezüglich der Konsole 58 zu Justagezwecken quer zur Werkzeug-Drehachse C' parallel verschoben werden kann. Für den Fachmann ist ersichtlich, dass durch diese Maßnahmen die Frässpindel 52 derart voreingestellt werden kann, dass für einen bestimmten Durchmesserbereich der zu bearbeitenden kleinen Brillenlinsen L der stirnseitige Einstich E so erzeugt werden kann (vgl. Fig. 5), dass die sich dabei ergebende Randkontur R der Brillenlinse L im Wesentlichen parallel zur Drehachse B der Brillenlinse L verläuft.

[0047] Bei dieser Ausgestaltung der Maschine 10 läuft der Einstech-Unterschritt (ii.2) im Wesentlichen wie folgt ab: Nach Fräsen der an der Werkstückspindel 12 gehaltenen Brillenlinse L mittels des von der Werkzeugspindel 24 angetriebenen Fräswerkzeugs G, um an der zweiten Fläche cc die gewünschten grobe Makrogeometrie zu erhalten, wird die Brillenlinse L mit der Werkstückspindel 12 um die Schwenkachse A verschwenkt, bis die Brillenlinse L dem Fingerfräser W an der Frässpindel 52 gegenüberliegt (in Fig. 8 wurde zur Vereinfachung der Darstellung die an der Werkstückspindel 12 gehaltene Brillenlinse L weggelassen). Das Verschwenken der Brillenlinse L um die Schwenkachse A erfolgt dabei nach Maßgabe des benötigten Durchmessers der Brillenlinse L soweit, dass sich an der Brillenlinse L ein bestimmter radialer Abstand zwischen der Werkstück-Drehachse B der Brillenlinse L und der Werkzeug-Drehachse C' des Fingerfräasers W ergibt. Sodann wird der Fingerfräser W mittels der Frässpindel 52 drehend angetrieben und die Brillenlinse L durch Verfahren der Werkstückspindel 12 mittels der Linearantriebs-einheit des Verstellmechanismus 26 entlang der Y-Achse an den Fingerfräser W heranbewegt, so dass dieser mit vorbestimmter Tiefe fräsend in die zweite Fläche cc der Brillenlinse L eintaucht, und zwar soweit, dass der Fingerfräser W die erste Fläche cx der Brillenlinse L zum Blockmaterial M hin "durchsticht". Nun wird die Brillenlinse L mittels der Werkstückspindel 12 langsam drehend angetrieben, so dass sich nach einer vollständigen Umdrehung der Brillenlinse L der umlaufende Einstich E gemäß den Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 5 ergibt. Aufgrund der Rotation des Finger-

fräasers W weist der umlaufende Einstich E an seinem dem Blockstück S nahen Grund einen rechtwinkligen Querschnitt auf, wie in Fig. 5 gezeigt.

[0048] In Fig. 5 ist ebenfalls ein Übergangsbereich H, H' zwischen dem Einstich E und der zweiten Fläche cc dargestellt, der vor dem Hauptschritt (iii) des Bearbeitens der Brillenlinse L mit geometrisch unbestimmter Schneide angefast oder abgerundet werden kann, wodurch scharfkantige Übergänge zwischen dem Einstich E und der zweiten Fläche cc vermieden werden, die im Hauptschritt (iii) der Bearbeitung mit geometrisch unbestimmter Schneide das Schleif- oder Polierwerkzeug beschädigen könnten.

[0049] In der vorbeschriebenen Verfahrensvariante mit Fräsprozess zur Erzeugung des Einstichs E kann dieser Übergangsbereich H, H' zwischen dem Einstich E und der zweiten Fläche cc mittels des Fingerfräasers W am Anfang und/oder Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2) vorteilhaft mit angefast oder abgerundet werden. Hierfür ist – für den Fachmann ersichtlich – zu Beginn des Einstech-Unterschritts (ii.2), namentlich just dann, wenn der rotierende Fingerfräser W in die zweite Fläche cc der Brillenlinse L eintaucht und/oder am Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2), und zwar dann, wenn der rotierende Fingerfräser W fast vollständig aus dem gerade erzeugten Einstich E herausgezogen wurde, eine geeignete kombinierte Bewegung der Brillenlinse L in den drei Achsen A, B und Y notwendig.

[0050] Wenngleich beide Teilabschnitte H bzw. H' des Übergangsbereichs prinzipiell am Anfang oder am Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2) durch den Fingerfräser W erzeugt werden können, ist es im Hinblick auf kurze Bearbeitungszeiten bevorzugt, wenn ein Teilabschnitt H bzw. H' des Übergangsbereichs am Anfang und der andere Teilabschnitt H' bzw. H am Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2) mit dem Fingerfräser W angearbeitet wird, weil – im Vergleich zu einer Erzeugung beider Teilabschnitte H und H' des Übergangsbereichs am Anfang oder am Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2) – bei der Bewegung der rotierenden Brillenlinse L in den A- und Y-Achsen zusätzliche Vorzeichenwechsel in der jeweiligen Bewegungsrichtung sowie Leerwege des Fingerfräasers W, also Werkzeugwege ohne Spanabhebung entbehrlich sind. Mit anderen Worten gesagt ist hier die Relativbewegung des Fingerfräasers W bezüglich der rotierenden Brillenlinse L dergestalt, dass der bearbeitungsaktive Teil des Fingerfräasers W infolge der Schwenkbewegung der Brillenlinse L um die Schwenkachse A entweder von radial außen (Teilabschnitt H') mit Pause nach radial innen (Teilabschnitt H) oder von radial innen (Teilabschnitt H) mit Pause nach radial außen (Teilabschnitt H') und aufgrund der Linearbewegung der Brillenlinse L entlang der Linearachse Y in Richtung des Blockstücks S zum Grund des Einstichs E und dann wieder davon weg stets

mit spanabhebendem Werkstückeingriff wandert, ohne die Notwendigkeit einer zusätzlichen Bewegungs- umkehr in der jeweiligen Achsenbewegung.

[0051] Für den Fachmann ist ebenfalls ersichtlich, dass es bei der Verfahrensvariante mit Fräsprozess zur Erzeugung des Einstichs E nach Zustellung des Fingerfräasers W durch geeignete kombinierte Bewegung der Brillenlinse L in wenigstens den zwei Achsen A und B möglich ist, im Einstech-Unterschritt (ii.2) eine Randkontur R an der Brillenlinse L zu erzeugen, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfassungs- bzw. Innenumfangskontur einer Fassung für die Brillenlinse L entspricht. Weicht die Umfassungskontur der Fassung – wie es meistens der Fall ist – von der Kreisform ab, so erfordert die Erzeugung einer entsprechenden Randkontur R an der Brillenlinse L freilich während einer Umdrehung der Brillenlinse L um die Werkstück-Drehachse B in Abhängigkeit von der Umfassungskontur der Fassung für die Brillenlinse L zwei Richtungswechsel bei der Schwenkbewegung um die Schwenkachse A (bei ovalen Geometrien), wenn nicht mehr (z. B. vier Richtungswechsel im Falle einer im Wesentlichen rechteckigen Brillenlinse L).

[0052] Für die Verfahrensvariante der Erzeugung des stirnseitigen Einstichs E gemäß Fig. 4 im Einstech-Unterschritt (ii.2) unter Verwendung eines drehfest gehaltenen schmalen Drehmeißels V kann gemäß Fig. 9 als weitere Bearbeitungseinheit zur Erzeugung des Einstichs E eine weitere Dreh-Bearbeitungseinheit 64 vorgesehen sein, die einen Werkzeughalter 66 mit einer Werkzeugaufnahme 68 zur starren Befestigung des Drehmeißels V aufweist.

[0053] Die Werkzeugaufnahme 68 ist hierbei bezüglich des Maschinengestells 32 auf einer solchen Höhe angeordnet, dass sich eine Mittelachse 70 des Drehmeißels V in der durch die rotativen Achsen A und B definierten Schwenkebene der Werkstückspindel 12 befindet.

[0054] Der Werkzeughalter 66 ist ferner über einen Flansch 72 an einer Konsole 74 angeflanscht, die – analog der Fräsvariante gemäß Fig. 8 – ihrerseits auf der Flanschfläche 36 des Maschinengestells 32 sitzt und an dieser befestigt ist. Zwischen dem Flansch 72 und der Konsole 74 ist wiederum nahe der Werkzeugaufnahme 68 ein Stift (nicht gezeigt) eingefügt, um den der Flansch 72 und somit der Werkzeughalter 66 insgesamt bezüglich der Konsole 74 verschwenkt werden kann. Auch hier ist bei 76 eine Schraubverbindung mit Langloch sowie eine Skala 78 an der Konsole 74 angedeutet, womit die Mittelachse 70 des Drehmeißels V bezüglich der Schwenkachse A der Werkstückspindel 12 justiert werden kann bevor der Flansch 72 an der Konsole 74 festgemacht wird.

[0055] Weitere Details zum Drehmeißel V sind den Fig. 10 bis Fig. 13 zu entnehmen. Der aus einem zylindrischen Grundkörper gefertigte Drehmeißel V weist einen vornehmlich zylindrisch belassenen Schaftabschnitt 80 zur Aufnahme in einer Bohrung der Werkzeugaufnahme 68 und einen Schneidenabschnitt 82 auf. Der Schaftabschnitt 80 hat zur axialen Fixierung des Drehmeißels V in der Werkzeugaufnahme 68 eine bezüglich der Mittelachse 70 in Richtung des Schneidenabschnitts 82 geneigte bzw. abfallende, plane Klemmfläche 84, die dafür sorgt, dass eine gegen die Klemmfläche 84 geschraubte Klemmschraube (bei 86 in Fig. 9) neben einer radialen Kraftkomponente eine zusätzliche axiale Kraftkomponente in Richtung einer vom Schneidenabschnitt 82 abgewandten Stirnseite 88 des Drehmeißels V erzeugt. Zur Ausrichtung und drehfesten Fixierung in der Werkzeugaufnahme 68 ist an der Stirnseite 88 des Drehmeißels V eine V-förmige Nut 90 ausgebildet, deren Flanken an einem quer zur Werkzeugaufnahme 68 verlaufenden Querstift (in Fig. 9 nicht zu sehen) zur Anlage kommen.

[0056] Der Schneidenabschnitt 82 des Drehmeißels V weist an den zylindrischen Grundkörper angearbeitete, ebene Flächen auf, nämlich eine Spanfläche 92 und drei Freiflächen 94, 96 und 98. Wie am besten in der Draufsicht gemäß Fig. 12 zu erkennen ist, sind die Freiflächen 94, 96 und 98 so zur Spanfläche 92 angeordnet, dass sich an deren vom Schaftabschnitt 80 abgewandten Ende eine schräg zur Mittelachse 70 des Drehmeißels V verlaufende Schneidkante 100 ergibt, deren vorderster Punkt auf der Mittelachse 70 des Drehmeißels V liegt. Gemäß Fig. 12 erstreckt sich der Schneidenabschnitt 82 nur auf einer Seite der Mittelachse 70 vom Schaftabschnitt 80 weg und ist zu den Seiten durch die am besten in den Fig. 11 und Fig. 13 erkennbaren Freiflächen 94, 96 begrenzt. Diesen Figuren ist ebenfalls zu entnehmen, dass die Spanfläche 92 von der Schneidkante 100 zum Schaftabschnitt 80 hin ansteigt. Aus der Draufsicht gemäß Fig. 12 ergibt sich ferner, dass die seitlichen Freiflächen 94, 96 den Schneidenabschnitt 82 in Richtung des Schaftabschnitts 80 verjüngen, um einem Verklemmen des Drehmeißels V beim Einstechen vorzubeugen.

[0057] Der Winkel der Schneidkante 100 zur Mittelachse 70 des Drehmeißels V ist nach Maßgabe einer mittleren Krümmung der ersten Fläche cx der Brillenlinsen L so gewählt, dass die Schneidkante 100 bei Erzeugung des Einstichs E mit "Durchstechen" der ersten Fläche cx der Brillenlinse L so wenig wie möglich Blockmaterial M zerspannt. Dies ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn als Blockmaterial M sogenanntes "Alloy" verwendet wird, das als in der Regel Wismut-basierte metallische Legierung giftig und zudem teuer ist.

[0058] Die räumliche Lage der stirnseitigen, dritten Freifläche **98** ergibt sich dann aus dem gewünschten Verlauf der Schneidkante **100** bezüglich der Mittelachse **70** des Drehmeißels V (siehe oben und **Fig. 12**) und dem Freiwinkel (in den **Fig. 11** und **Fig. 13** zwischen der Freifläche **98** und einer Senkrechten zur Mittelachse **70**), der sich wiederum in Abhängigkeit von den für den jeweiligen Werkstoff der Brillenlinse L erforderlichen Span- und Keilwinkeln an der Schneidkante **100** ergibt.

[0059] Bei der in **Fig. 9** dargestellten Ausgestaltung der Maschine **10** mit einer zusätzlichen Dreh-Bearbeitungseinheit **64** läuft der Einstech-Unterschritt (ii.2) im Wesentlichen wie oben zu der Fräsvariante unter Bezugnahme auf die **Fig. 8** beschrieben ab, insbesondere was die Zustell- und Vorschubbewegungen in den A- und Y-Achsen der Werkstückspindel **12** angeht. Hierbei ist die Geschwindigkeit der Drehbewegung der Brillenlinse L um die Werkstück-Drehachse B allerdings so zu wählen, dass sich eine für eine ordnungsgemäße Drehspanbildung hinreichende Relativgeschwindigkeit der Schneidkante **100** über der Brillenlinse L ergibt. Dies begrenzt natürlich auch die Möglichkeiten, in einem Drehprozess einen Einstich E zu erzeugen, der zu einer Randkontur R an der Brillenlinse L führt, die von der Kreisform abweicht.

[0060] Am Grund des Einstichs E ergibt sich gemäß **Fig. 4** bedingt durch die winkelmäßige Anstellung der Schneidkante **100** des Drehmeißels V die im Querschnitt gesehen im Wesentlichen dreieckige Kontur, mit dem Vorteil gegenüber der Fräsvariante von **Fig. 5**, dass bei Erzeugung des Einstichs E deutlich weniger Blockmaterial M zerspannt wird.

[0061] Was die ebenfalls in **Fig. 4** dargestellten Übergangsbereiche H, H' zwischen dem Einstich E und der zweiten Fläche cc der Brillenlinse L angeht, ist vorzugsweise vorgesehen, dass diese mittels des Drehwerkzeugs D an dem Fast-Tool-Servo **18** bzw. **20** im Dreh-Unterschritt (ii.3), d. h. nach dem Einstech-Unterschritt (ii.2) angefast oder abgerundet werden, weil deren Ausbildung mit der Schneidengeometrie des Drehmeißels V Probleme bereiten könnte.

[0062] Die **Fig. 14** und **Fig. 15** veranschaulichen schließlich eine vorrichtungstechnische Variante für die Erzeugung des stirnseitigen Einstichs E gemäß **Fig. 4** mit einem Drehprozess im Einstech-Unterschritt (ii.2) von **Fig. 1**.

[0063] Demgemäß ist ein an sich bekannter Werkzeughalter **102** zur Befestigung des Drehmeißels D an dem Fast-Tool-Servo **18** bzw. **20** der Maschine **10** gemäß den **Fig. 6** und **Fig. 7** seitlich neben der üblichen Drehmeißelaufnahme **104** für den Drehmeißel D zur Flächenbearbeitung der Brillenlinse L mit einer zweiten Drehmeißelaufnahme **106** für den in

den **Fig. 10** bis **Fig. 13** gezeigten schmalen Drehmeißel V zur Erzeugung des Einstichs E versehen. Hierzu weist der Werkzeughalter **102** einen Armabschnitt **108** auf, der die Drehmeißelaufnahmen **104**, **106** miteinander und mit einem Grundkörper **110** des Werkzeughalters **102** starr verbindet. Der Grundkörper **110** ist in an sich bekannter Weise auf seiner Rückseite mit einer Verzahnung **112** versehen, die mit einer komplementären Profilierung bzw. Verzahnung (nicht gezeigt) am bewegten Teil des Fast-Tool-Servos **18** bzw. **20** eingreifen kann, um den Werkzeughalter **102** an dem bewegten Teil auch formschlüssig festzulegen, neben einer Verbindung durch in **Fig. 15** ange deutete Schrauben **114**.

[0064] In einer Bohrung **116** der zweiten Drehmeißelaufnahme **106** ist der Drehmeißel V mit seinem Schaftabschnitt **80** aufgenommen, so dass der Schneidenabschnitt **82** des Drehmeißels V von der Drehmeißelaufnahme **106** vorsteht. Hierbei ist der Drehmeißel V durch einen Querstift bei **118**, an dem die V-förmige Nut **90** (vgl. die **Fig. 10**, **Fig. 11** und **Fig. 13**) mit ihren Flanken anliegt, gegen ein Verdrehen in der Drehmeißelaufnahme **106** gesichert, während eine in eine Gewindebohrung der Drehmeißelaufnahme **106** eingeschraubte Klemmschraube **120** an der Klemmfläche **84** des Drehmeißels V (siehe wiederum die **Fig. 10** bis **Fig. 13**) angreift, um den Drehmeißel V in der Drehmeißelaufnahme **106** axial zu fixieren.

[0065] Mit einer solchen Ausgestaltung des Werkzeughalters **102** kann auf die in **Fig. 9** gezeigte, zusätzliche Dreh-Bearbeitungseinheit **64** an der Maschine **10** verzichtet werden. Für den Fachmann ist ersichtlich, dass es somit möglich ist, den stirnseitigen Einstich E gemäß **Fig. 4** mit der an sich bekannten Drehprozess-Kinematik der Maschine **10** (Bewegungen in den Achsen A, B, Y und ggf. F1 bzw. F2) zu erzeugen.

[0066] Ein Verfahren zur Bearbeitung von Werkstücken mit einer ersten und einer davon abgewandten zweiten Fläche umfasst die folgenden Hauptschritte: (i) Blocken des Werkstücks mittels eines Blockmaterials auf einem Blockstück als Bearbeitungshandhabung, mit dem Blockmaterial zwischen Blockstück und erster Fläche, (ii) Bearbeiten des Werkstücks mit geometrisch bestimmter Schneide an der zweiten Fläche zur Erzielung der gewünschten Makrogeometrie, (iii) Bearbeiten des Werkstücks mit geometrisch unbestimmter Schneide (Polierwerkzeuge) an der zweiten Fläche zur Erzielung der gewünschten Mikrogeometrie, und (iv) Abblocken des Werkstücks vom Blockstück. Der Hauptschritt (ii) umfasst hierbei einen Einstech-Unterschritt (ii.2), bei dem mit geometrisch bestimmter Schneide ausgehend von der zweiten Fläche ein umlaufender Einstich erzeugt wird, der durch die erste Fläche hindurch bis ins Blockmaterial hineinreicht, so dass auf dem Blockstück radial in-

nerhalb des Einstichs das Werkstück mit vorbestimmter Randkontur verbleibt. Radial außerhalb des Einstichs entsteht ein Restring, der im Hauptschritt (iii) insbesondere für eine gute Randabstützung der Polierwerkzeuge sorgt.

Bezugszeichenliste

10	Maschine	114	Schraube
12	Werkstückspindel	116	Bohrung
14	Dreh-Bearbeitungseinheit	118	Querstift
16	Dreh-Bearbeitungseinheit	120	Klemmschraube
18	Fast-Tool-Servo	cc	zweite Fläche
20	Fast-Tool-Servo	cx	erste Fläche
22	Fräs-Bearbeitungseinheit	A	Schwenkachse
24	Werkzeugspindel	B	Werkstück-Drehachse (winkellagegeregelt)
26	Verstellmechanismus	C, C'	Werkzeug-Drehachse (drehzahlgesteuert)
28	Ausnehmung	D	Drehmeißel/Drehwerkzeug
30	Oberseite	E	Einstich
32	Maschinengestell	F1	Linearachse 1. Fast-Tool-Servo (lagegeregelt)
34	Arbeitsraum	F2	Linearachse 2. Fast-Tool-Servo (lagegeregelt)
36	Flanschfläche	G	Fräswerkzeug
38	Transporteinrichtung	H, H'	Übergangsbereich
40	Arbeitskasten	K	Restring
42	Lade/Entlade-Station	L	optisches Werkstück/Brillenlinse
44	Lademechanismus	M	Blockmaterial
46	Messstation	R	Randkontur
48	Schaltschrank	S	Blockstück
50	Fräs-Bearbeitungseinheit	V	schmaler Drehmeißel
52	Frässpindel	W	Fingerfräser
54	Werkzeugaufnahme	Y	Linearachse Werkstück (lagegeregelt)
56	Flansch		
58	Konsole		
60	Schraubverbindung mit Langloch		
62	Skala		
64	Dreh-Bearbeitungseinheit		
66	Werkzeughalter		
68	Werkzeugaufnahme		
70	Mittelachse		
72	Flansch		
74	Konsole		
76	Schraubverbindung mit Langloch		
78	Skala		
80	Schaftabschnitt		
82	Schneidenabschnitt		
84	Klemmfläche		
86	Klemmschraube		
88	Stirnseite		
90	Nut		
92	Spanfläche		
94	Freifläche		
96	Freifläche		
98	Freifläche		
100	Schneidkante		
102	Werkzeughalter		
104	Drehmeißelaufnahme		
106	Drehmeißelaufnahme		
108	Armabschnitt		
110	Grundkörper		
112	Verzahnung		

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1593458 A2 [0002, 0011]
- DE 102007007161 A1 [0003]
- EP 2011604 A1 [0003]
- EP 1719585 A2 [0004, 0017]
- EP 2011603 A1 [0004, 0017, 0039]
- EP 1473116 A1 [0005]
- EP 1698432 A2 [0005]
- EP 2308644 A2 [0005]
- EP 1243380 A2 [0006]
- WO 2011/018212 A1 [0008]
- WO 2009/106296 A1 [0036]
- WO 2011/042091 A1 [0037]
- WO 2011/107227 A1 [0037]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Norm DIN 58766 [0003]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung von optischen Werkstücken (L), insbesondere Brillenlinsen aus Kunststoff, welche eine erste Fläche (cx) und eine davon abgewandte zweite Fläche (cc) aufweisen, die zu bearbeiten ist, mit den folgenden, in der angegebenen Reihenfolge ablaufenden Hauptschritten:

(i) Blocken des Werkstücks (L) mittels eines Blockmaterials (M) auf einem Blockstück (S) als Handhabe bei der Bearbeitung, so dass sich das Blockmaterial (M) zwischen dem Blockstück (S) und der ersten Fläche (cx) des Werkstücks (L) befindet,

(ii) Bearbeiten des Werkstücks (L) mit geometrisch bestimmter Schneide zur Erzielung der gewünschten Makrogeometrie an der zweiten Fläche (cc) des Werkstücks (L),

(iii) Bearbeiten des Werkstücks (L) mit geometrisch unbestimmter Schneide zur Erzielung der gewünschten Mikrogeometrie an der zweiten Fläche (cc) des Werkstücks (L) und

(iv) Abblocken des Werkstücks (L) von dem Blockstück (S),

dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptschritt (ii) des Bearbeitens des Werkstücks (L) mit geometrisch bestimmter Schneide einen Einstech-Unterschritt (ii.2) umfasst, bei dem mit geometrisch bestimmter Schneide ausgehend von der zweiten Fläche (cc) ein umlaufender Einstich (E) erzeugt wird, der durch die erste Fläche (cx) hindurch bis ins Blockmaterial (M) hineinreicht, so dass auf dem Blockstück (S) radial innerhalb des Einstichs (E) das Werkstück (L) mit einer vorbestimmten Randkontur (R) verbleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Hauptschritt (ii) des Bearbeitens des Werkstücks (L) mit geometrisch bestimmter Schneide die folgenden weiteren Unterschritte umfasst:

(ii.1) Fräsen des Werkstücks (L) an der zweiten Fläche (cc) mittels eines Fräswerkzeugs (G) zur Erzielung der gewünschten groben Makrogeometrie und
(ii.3) Drehen des Werkstücks (L) an der zweiten Fläche (cc) mittels eines Drehwerkzeugs (D) zur Erzielung der gewünschten feinen Makrogeometrie,

dadurch gekennzeichnet, dass der Einstech-Unterschritt (ii.2) zwischen dem Fräs-Unterschritt (ii.1) und dem Dreh-Unterschritt (ii.3) stattfindet.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Erzeugung des Einstichs (E) im Einstech-Unterschritt (ii.2) ein drehfest gehaltener schmaler Drehmeißel (V) verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Erzeugung des Einstichs (E) im Einstech-Unterschritt (ii.2) ein drehend angetriebener Fingerfräser (W) verwendet wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor dem

Hauptschritt (iii) des Bearbeitens des Werkstücks (L) mit geometrisch unbestimmter Schneide ein Übergangsbereich (H, H') zwischen dem Einstich (E) und der zweiten Fläche (cc) angefast oder abgerundet wird.

6. Verfahren nach den Ansprüchen 2 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsbereich (H, H') zwischen dem Einstich (E) und der zweiten Fläche (cc) mittels des Drehwerkzeugs (D) im Dreh-Unterschritt (ii.3) angefast oder abgerundet wird.

7. Verfahren nach den Ansprüchen 4 und 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Übergangsbereich (H, H') zwischen dem Einstich (E) und der zweiten Fläche (cc) mittels des Fingerfräasers (W) am Anfang und/oder Ende des Einstech-Unterschritts (ii.2) angefast oder abgerundet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Einstech-Unterschritt (ii.2) eine Randkontur (R) am Werkstück (L) erzeugt wird, die ggf. bis auf ein geringfügiges Übermaß der Umfassungskontur einer Fassung für das Werkstück (L) entspricht.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

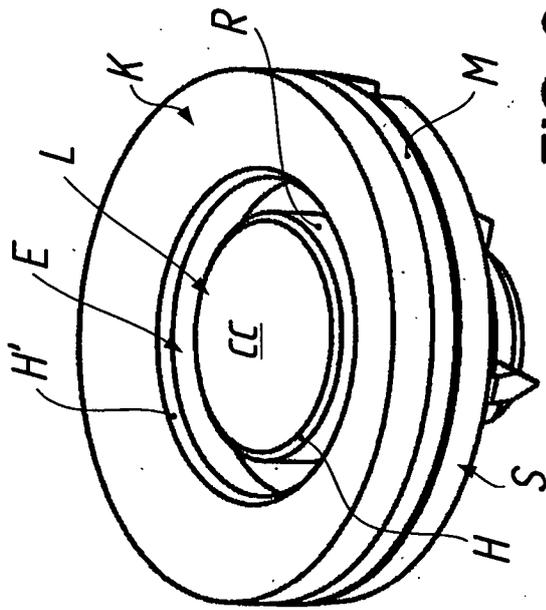


FIG. 2

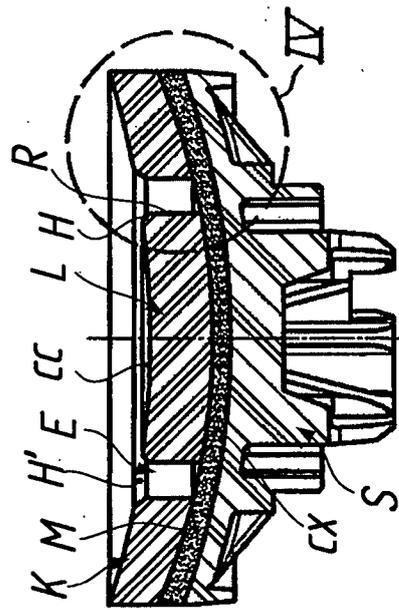


FIG. 3

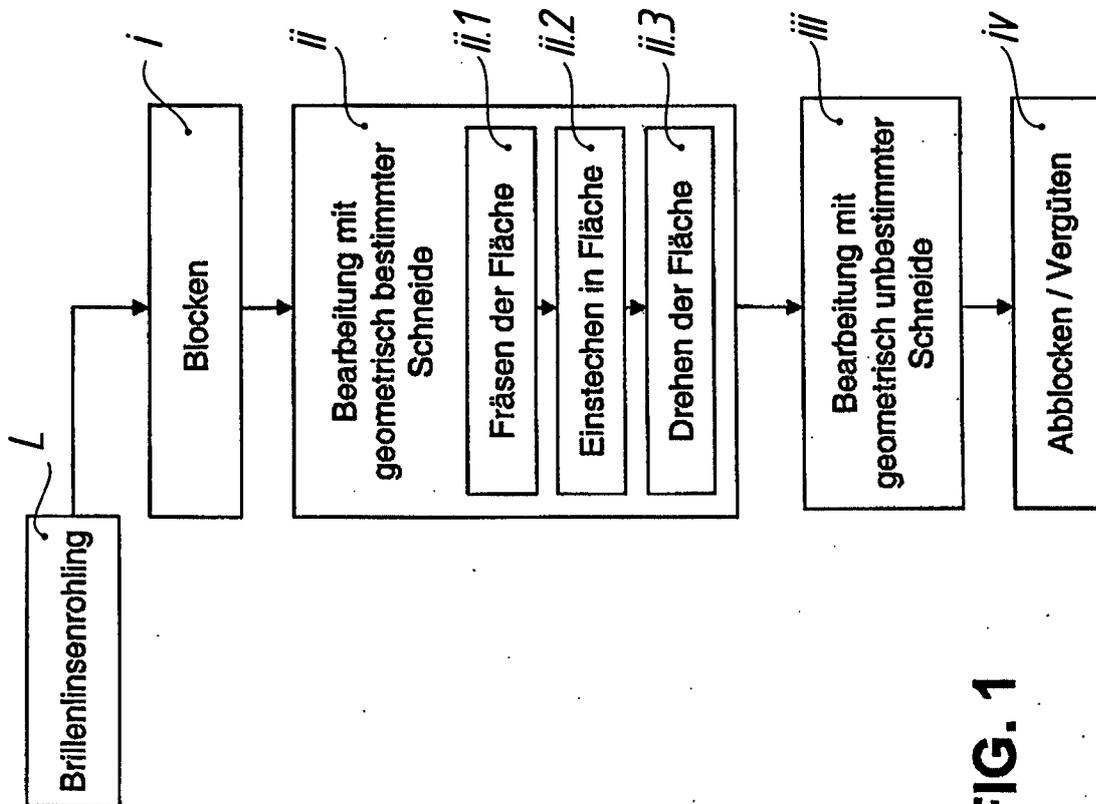
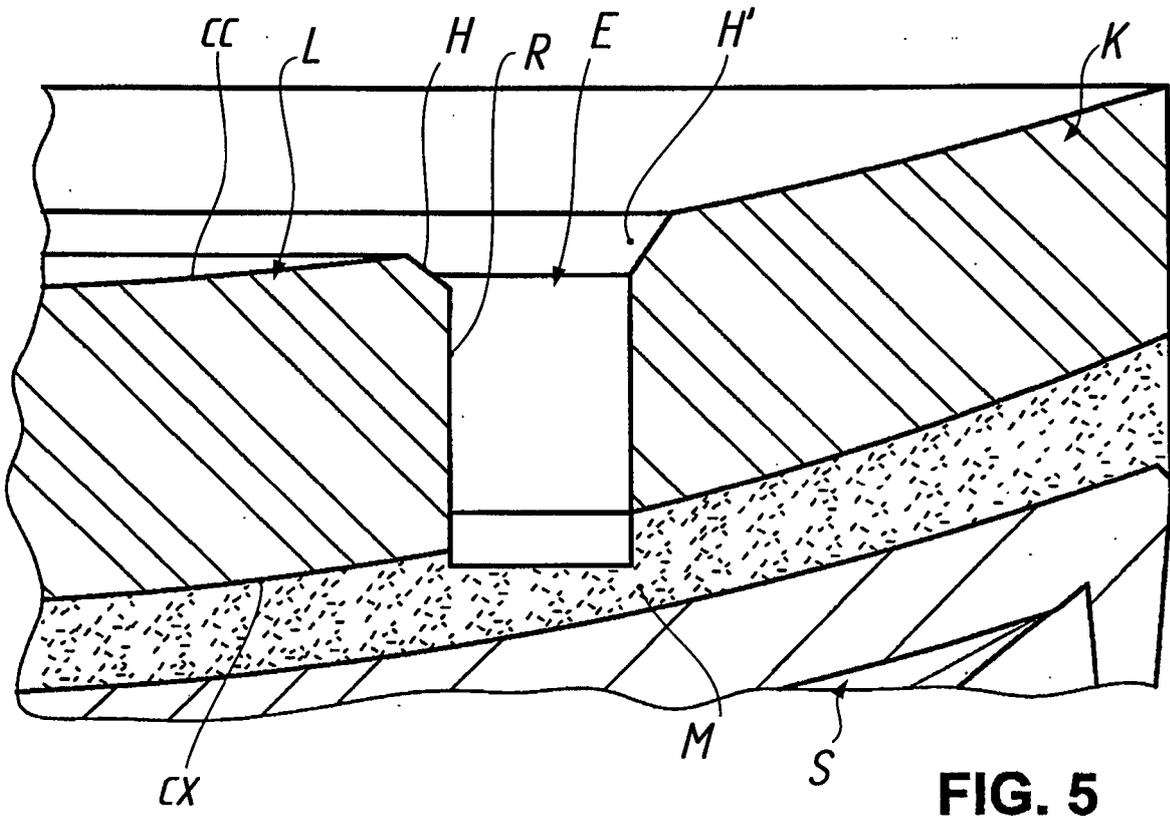
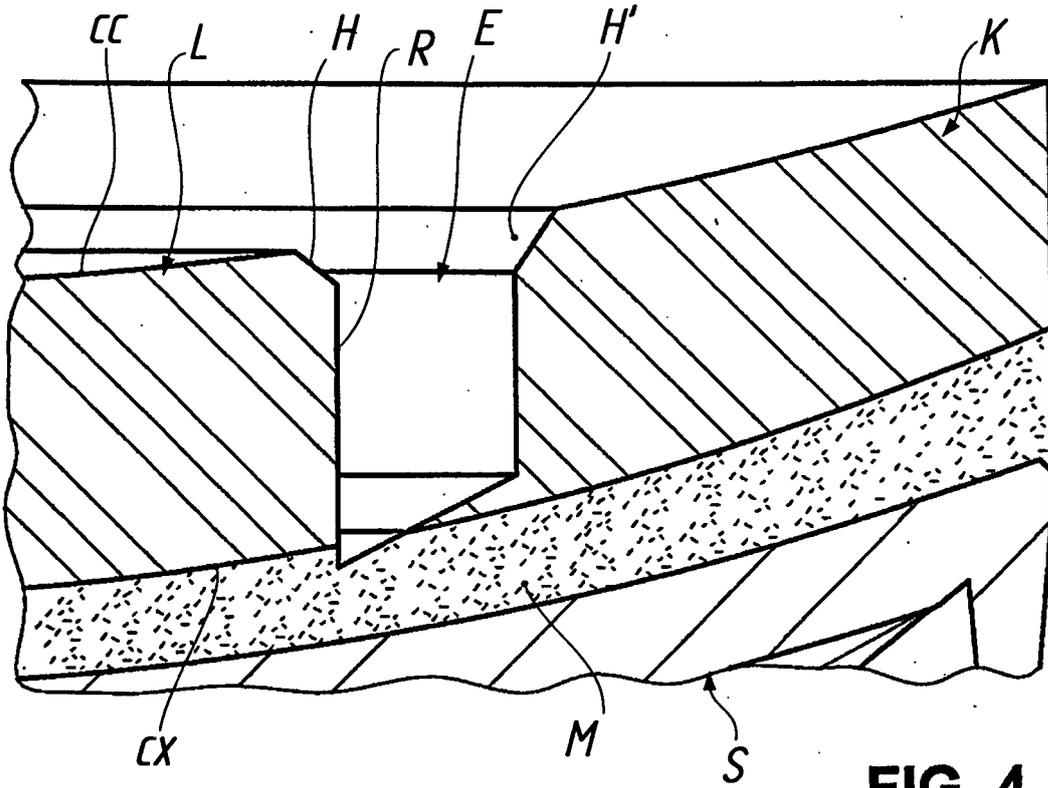


FIG. 1



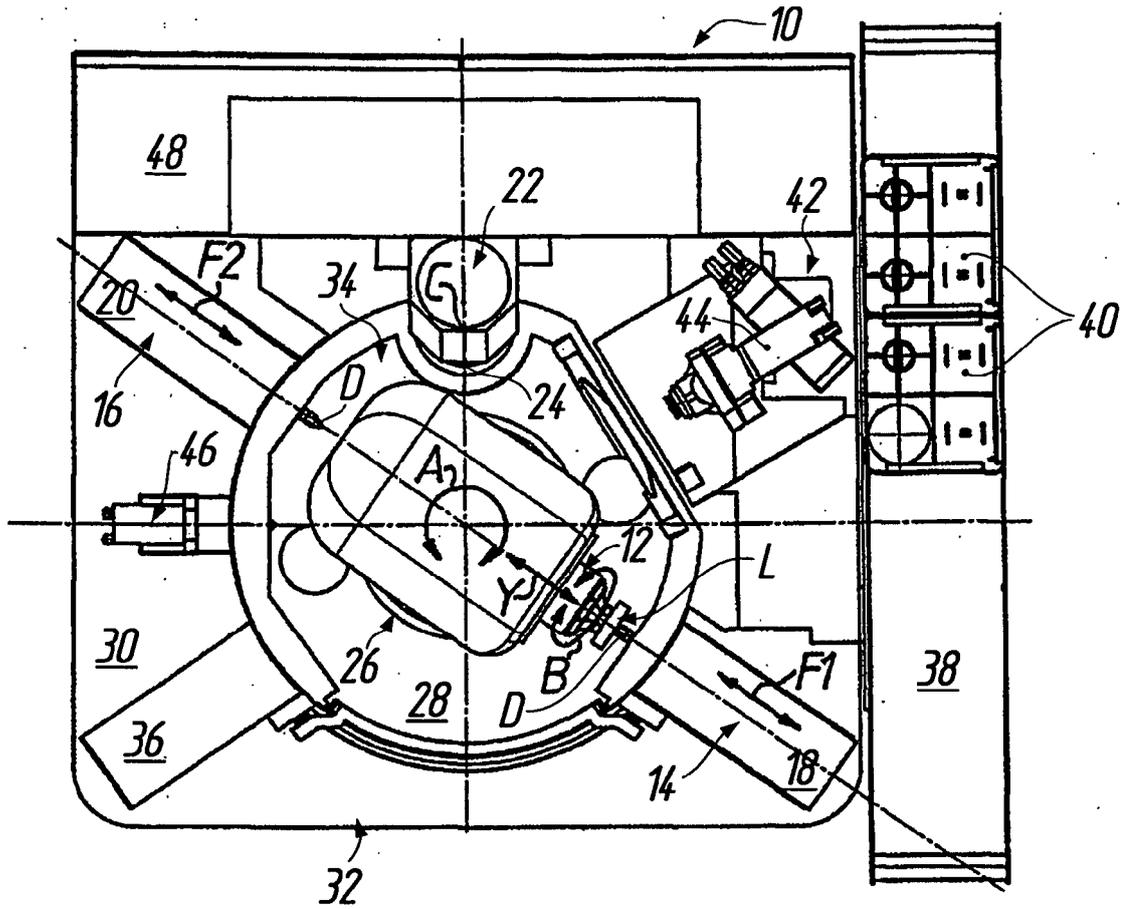


FIG. 7

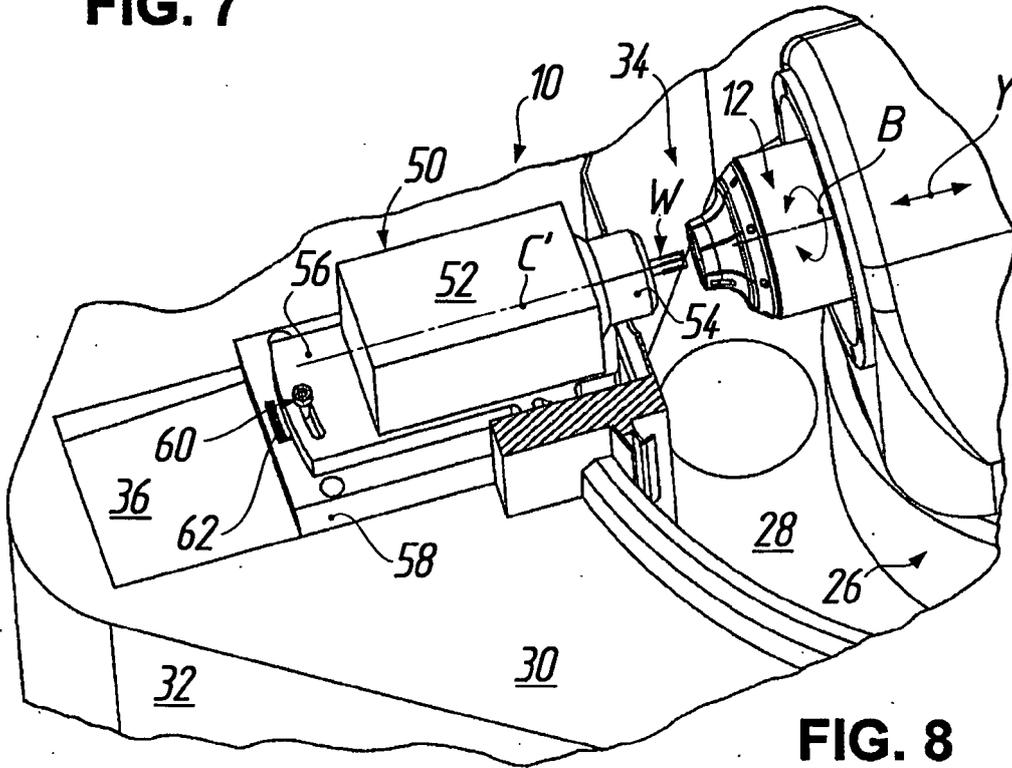


FIG. 8

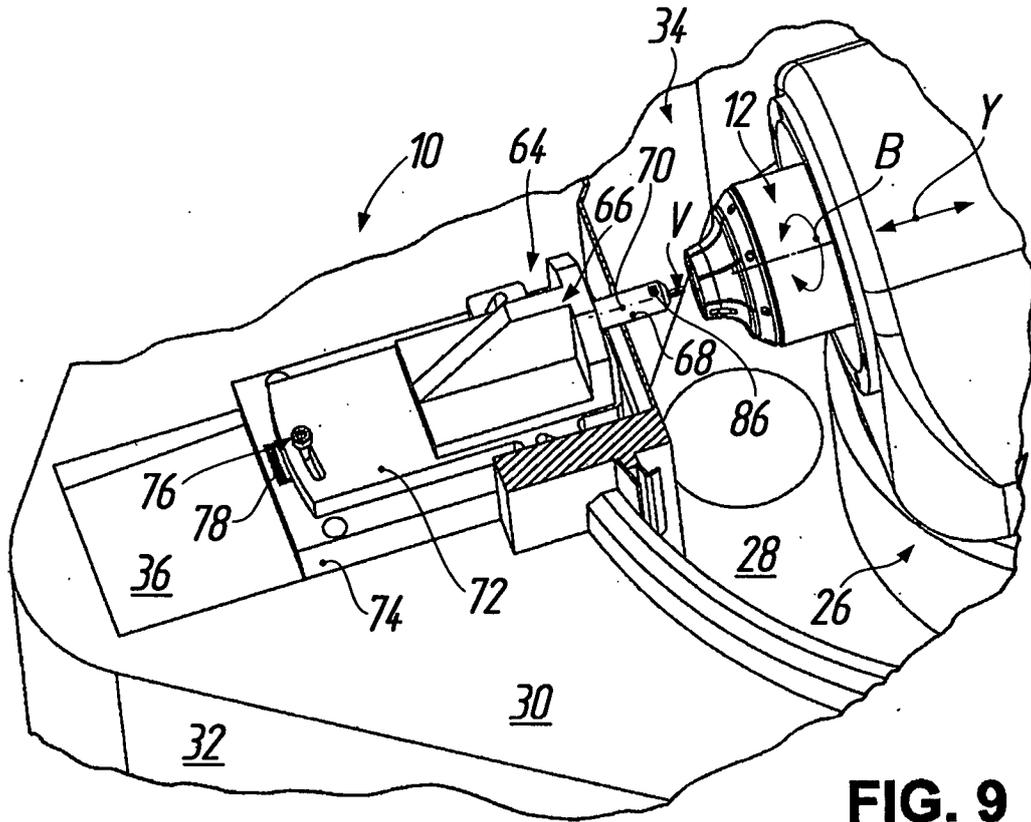


FIG. 9

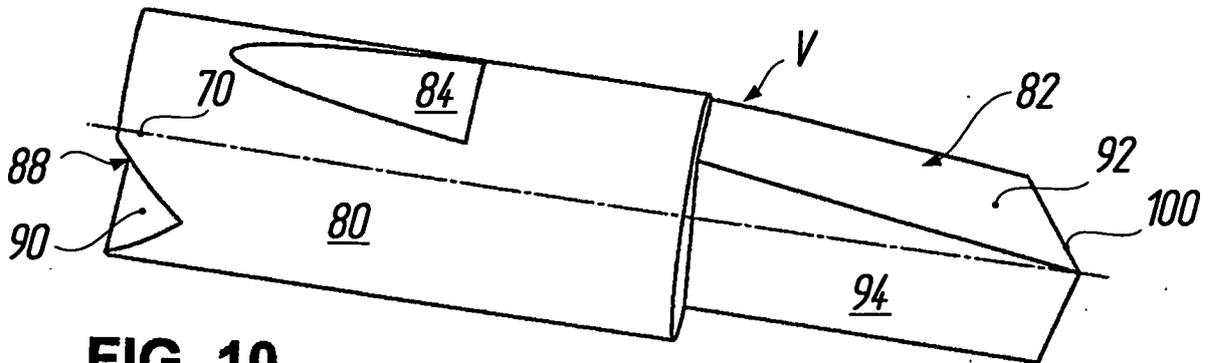


FIG. 10

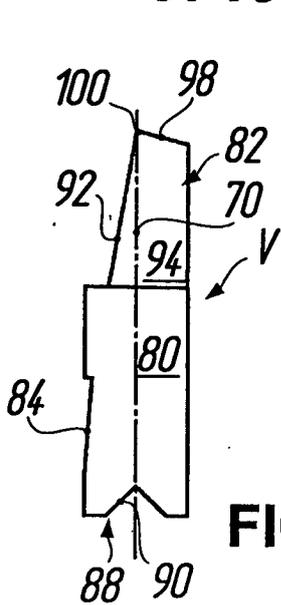


FIG. 11

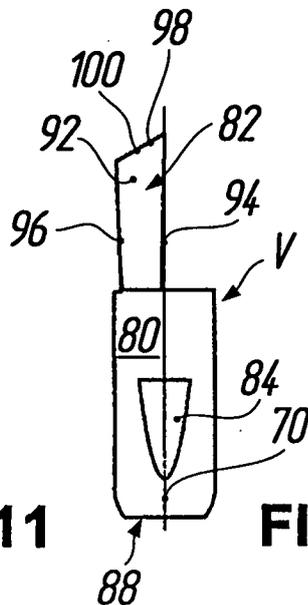


FIG. 12

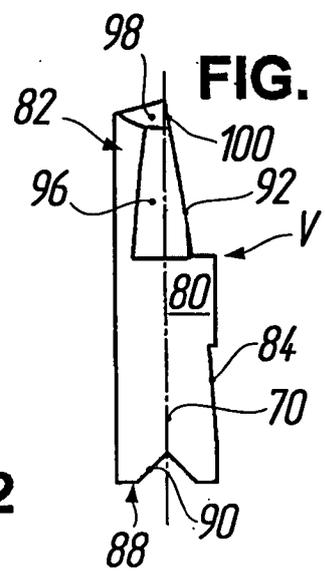


FIG. 13

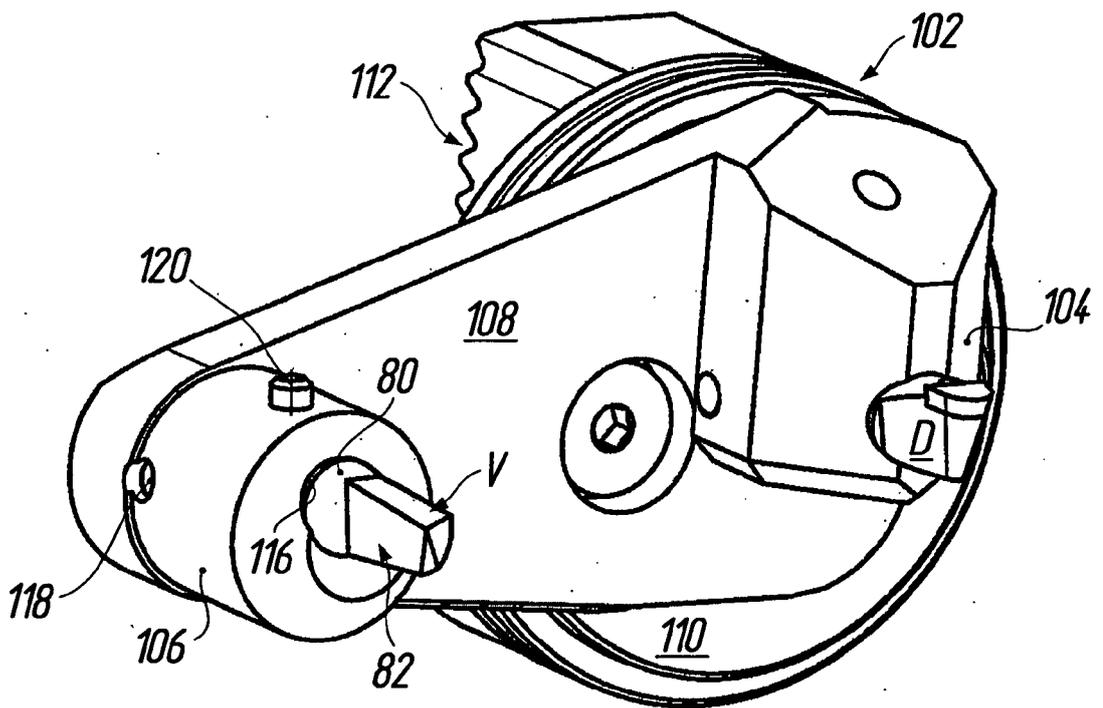


FIG. 14

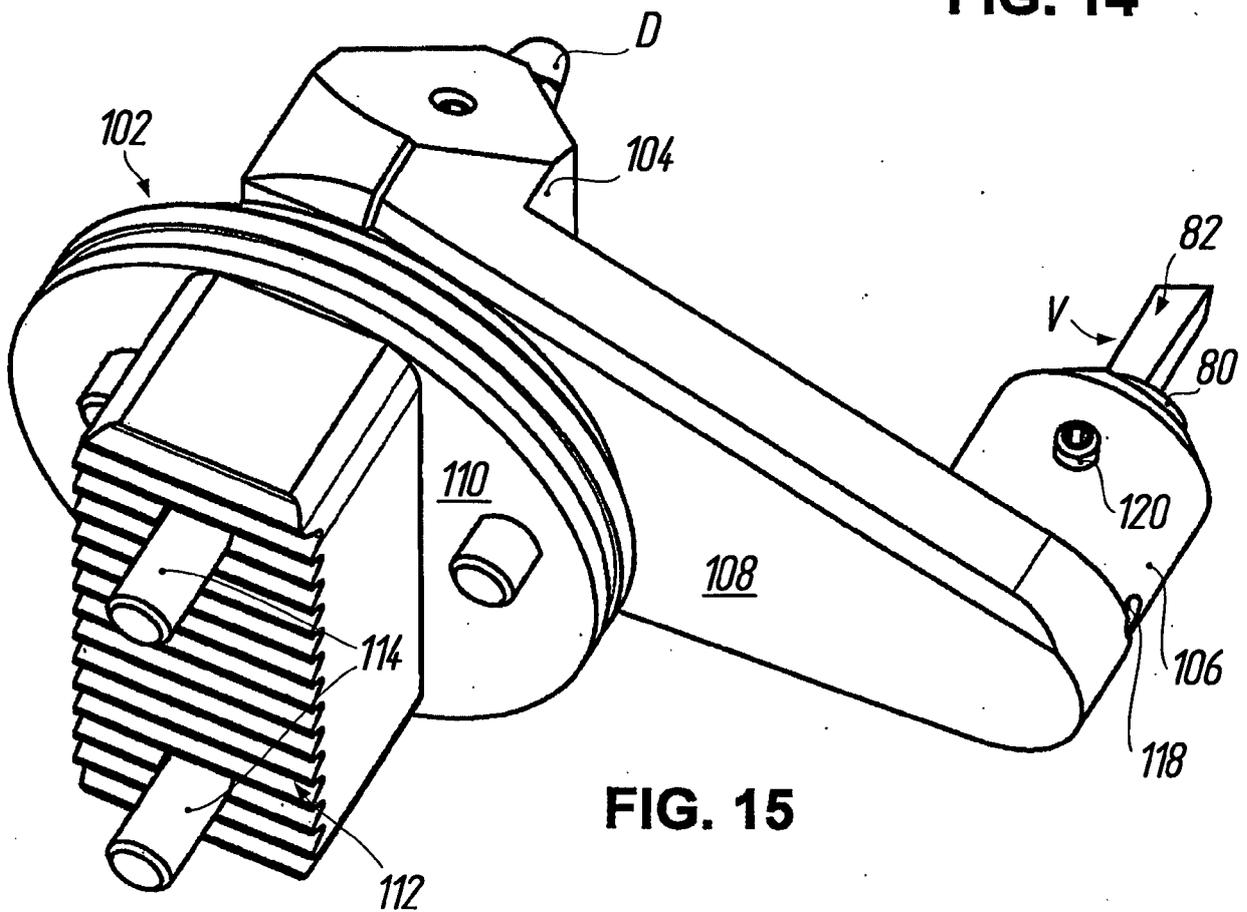


FIG. 15