



(11)

EP 2 931 471 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
15.02.2017 Patentblatt 2017/07

(51) Int Cl.:
B24B 5/307 (2006.01) **B24B 49/16** (2006.01)
B24B 49/00 (2012.01)

(21) Anmeldenummer: **13802584.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2013/075656

(22) Anmeldetag: **05.12.2013**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/090678 (19.06.2014 Gazette 2014/25)

(54) **VERFAHREN UND RUNDSCHLEIFMASCHINE ZUM SPITZENLOSEN RUNDSCHLEIFEN**

METHOD AND CYLINDRICAL GRINDING MACHINE FOR CENTERLESS CYLINDRICAL GRINDING

PROCÉDÉ ET MACHINE DE RECTIFICATION CYLINDRIQUE SERVANT À LA RECTIFICATION CYLINDRIQUE SANS CENTRE

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

(30) Priorität: **14.12.2012 DE 102012223276**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.10.2015 Patentblatt 2015/43

(73) Patentinhaber: **Erwin Junker Grinding Technology a.s.**
27601 Mělník (CZ)

(72) Erfinder: **JUNKER, Erwin**
77815 Bühl/Baden (DE)

(74) Vertreter: **Leske, Thomas**
Frohwitter
Patent- und Rechtsanwälte
Possartstrasse 20
81679 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 211 539 DE-A1- 4 330 800
US-E- R E17 311

EP 2 931 471 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spitzenlosen Rundschleifen von Werkstücken mit rotations-symmetrischer Kontur gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und auch eine spitzenlose Rundschleifmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 2 zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1. Das Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und die Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 2 sind beide aus der USRE 17311E bekannt.

[0002] Bei der bekanntesten Ausführung von Rundschleifmaschinen zum spitzenlosen Rundschleifen befindet sich das rotationssymmetrische Werkstück zwischen einer rotierenden Regelscheibe und einer rotierenden Schleifscheibe und ist zusätzlich auf dem sogenannten Stützlineal abgestützt, vgl. zum Beispiel Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, 15. Aufl. 1983, Seite 1003, Fig. 50 g, h. Dabei wird das Werkstück durch die Regelscheibe zur Drehung angetrieben und von der Schleifscheibe geschliffen. Regelscheibe und Schleifscheibe sind in gewohnter Weise in Antriebseinheiten (bei der Schleifscheibe bekannt als Schleifspindelstock oder Schleifspindereinheit) gelagert, wobei die Umfangsgeschwindigkeit der Regelscheibe geringer sein muss als die der Schleifscheibe. Durch den Unterschied der Drehzahlen, dem sogenannten Schlupf, kommt die Schleifwirkung zustande. Die Begriffe "Schleifscheibe" und "Regelscheibe" stehen in dieser Anmeldung als Arbeitsbegriffe hinsichtlich ihrer Funktion beim spitzenlosen Rundschleifen, bedeuten aber keine Einschränkung hinsichtlich ihrer Ausbildung in der axialen Erstreckung. So können diese Scheiben zum Beispiel zylindrisch durchgehend, abgestuft oder konisch ausgebildet sein und auch mehrere Abschnitte von unterschiedlicher Kontur umfassen. Die Regelscheibe und die Schleifscheibe können in axialer Richtung aus einzelnen Abschnittsteilen zusammengesetzt sein, die unmittelbar nebeneinander liegen oder durch Zwischenräume getrennt sind.

[0003] Schon länger war es den Fachleuten auf dem Gebiet der Werkzeugmaschinen bekannt, dass beim spitzenlosen Rundschleifen von Maschinenbauteilen in der Massenproduktion, in der mit hohen Drehzahlen von Regel- und Schleifscheibe geschliffen werden muss, das Schleifergebnis, also Maßgenauigkeit, Rundheit und Oberflächengüte, nicht mehr höchsten Ansprüchen genügt. Als eine der möglichen Fehlerquellen war dabei die Regelscheibe erkannt worden. Diese kann je nach der Qualität ihrer Ausführung und ihrer Lagerung in der zugehörigen Antriebseinheit selbst einen Rundlauffehler aufweisen, der sich schädlich auf das Schleifergebnis auswirkt. Hinzu kommt noch, dass auch die Regelscheibe von Zeit zu Zeit abgerichtet werden muss, wodurch weitere Ungenauigkeiten entstehen können.

[0004] So wurde gemäß der DD 55 918 A vorgeschlagen, beim spitzenlosen Rundschleifen von scheibenförmigen Werkstücken mit sehr kleinen Abmessungen die

Regelscheibe nicht mehr zur Drehung anzutreiben. Auch das Stützlineal wurde dabei fortgelassen. Stattdessen ist eine Stützeinrichtung vorgesehen, die als "Werkstückaufnahme" bezeichnet ist und aus zwei Reihen von Kugellagern besteht, die auf zwei parallelen Achsen in Lagerböcken leicht drehbar gelagert sind. Gewissermaßen sind dabei die angetriebene Regelscheibe und das Stützlineal durch zwei Reihen von nicht angetriebenen Regelscheiben ersetzt worden. Die Schleifscheibe und die zwei Reihen von Kugellagern bilden einen Schleifspalt, in dem sich die Werkstücke befinden und auf zwei sich gegenüberstehenden Kugellagern ruhen. Beim Schleifen werden die Werkstücke durch den Kraftschluss mit der Schleifscheibe gedreht, wobei die Abstützung der Werkstücke auf den Kugellagern eine geringe Reibung gegenüber der Schleifscheibe hervorruft. Die Werkstücke erhalten die für den Schleifvorgang erforderliche Drehung ausschließlich infolge reibender Mitnahme durch die Schleifscheibe.

[0005] Die Ausführung gemäß der DD 55 918 A hat zwar den Vorteil, baulich etwas einfacher zu sein, weil der motorische Antrieb der Regelscheibe entfällt. Eine wesentliche Ursache für das ungenaue Schleifergebnis bleibt jedoch erhalten oder wird sogar verstärkt, weil die Abstützung des Werkstücks auf zwei Reihen von Rotationskörpern eine unvermeidliche Fehlerquelle bildet. Die Rundheit der Lager-Außenringe und die Genauigkeit von deren Lagerung auf den Kugeln und den Lager-Innenringen sind zu gering und ungleichmäßig im Verhältnis zu der Genauigkeit, die das spitzenlose Rundschleifen gemäß der Anmeldung erfordert.

[0006] Ein weiterer Vorschlag zum spitzenlosen Rundschleifen ohne Regelscheibe ist der DE 43 30 800 A1 zu entnehmen. Dieser Vorschlag beruht ebenfalls auf der Erkenntnis, dass die Regelscheibe, welche das Werkstück berührt, grundsätzlich nicht frei von Rundlauf Fehlern ist, weil sie drehgelagert ist. Die Abhilfe soll darin bestehen, dass als Stützeinrichtung für die zylindrischen Werkstücke ein einziges feststehendes Prisma vorgesehen wird, das als Werkstückaufnahme dient, und dass als Drehantrieb für das Werkstück ein umlaufendes endloses Antriebsband dient. Ferner ist ein durch eine Feder belasteter Finger vorgesehen, der das Werkstück in die Ausnehmung des Prismas hineindrückt. Nachteilig ist bei der Ausführung gemäß der DE 43 30 800 A1, dass die Anordnung eines Antriebsbandes im Vergleich zu den Kugellagern gemäß der DD 55 918 A wieder einen erhöhten baulichen Aufwand mit einer zusätzlichen Antriebseinrichtung erfordert. Wegen der erforderlichen Längserstreckung des Antriebsbandes ist zudem der durch das Prisma gegebene Schleifspalt schlechter zugänglich. Ferner ist nicht auszuschließen, dass das über Rollen laufende flexible Antriebsband Unregelmäßigkeiten in der Drehbewegung des Werkstücks verursacht und rhythmische Störungen oder Schwingungen in den Schleifvorgang einbringt, welche das Schleifergebnis verschlechtern.

[0007] In DE 341 606 A ist eine Werkstückführung an

Maschinen zum Schleifen zylindrischer oder keglicher Körper mittels dreier zusammenwirkender Führungsschienen für spitzenloses Rundschleifen beschrieben. Zwei der Führungsschienen bilden einen sich von der Schleifscheibe nach außen öffnenden Keilraum, in welchem das zu schleifende Werkstück angeordnet wird. Auf der Öffnungsseite des Keilraumes ist eine Rückenschiene angeordnet, welche beweglich ist in Richtung auf die beiden anderen Schienen, d. h. in Richtung auf die Schleifscheibe, so dass das Werkstück unter Einwirkung eines beständig wirkenden Druckes gegen die beiden Führungsschienen in Richtung gegen die Schleifscheibe gedrückt wird.

[0008] In DE 11 79 826 A ist eine Vorrichtung zum spitzenlosen Rundschleifen beschrieben, welche in herkömmlicher Weise eine Anordnung aus Schleifscheibe, Regelscheibe und Stützschiene aufweist. Die Stützschiene kann dabei als Prismaaufgabe ausgebildet sein, welche um einen freien Drehpunkt verschwenkbar, d. h. beweglich angeordnet ist. Dabei sind sowohl die Schleifscheibe als auch die Regelscheibe mit einem Antrieb versehen. Um eine Welligkeit der Oberfläche des zu schleifenden Werkstückes zu vermeiden, dient das freie Kippen der Werkstückauflage dazu, die Auflagstellen für das Werkstück stets so zu verteilen, dass eine Kompensation der durch einen Wellenberg verursachten Vorwärtsbewegung des Werkstückes durch das gleichzeitige Zurückgehen aufgrund der Wellentäler an den Auflageflächen erfolgt.

[0009] In US RE 17 311 E ist eine Centerless-Schleifmaschine beschrieben, mit welcher zylinderförmige Werkstücke geschliffen werden können. Die Schleifscheibe wie auch ein U-förmiger Führungsblock zur Führung des zu schleifenden Werkstückes auf Auflageschienen sind auf einem Maschinengestell angeordnet. Innerhalb dieses U-förmigen Führungsblockes sind ein mittig angeordnetes Gegenlineal sowie ein Oberlineal und ein Unterlineal angeordnet. Die Lineale weisen Auflageflächen auf, wobei die Auflageflächen des oberen und des unteren Lineals zueinander einen in das Innere des U sich öffnenden Winkel bilden. Das mittig angeordnete Gegenlineal wird mittels Schrauben auf eine definierte Position eingestellt, so dass beim Schleifen der Werkstückaußenkontur das Werkstück durch die Schleifkräfte zwar auf dieses Gegenlineal gedrückt wird, jedoch zumindest von einem Lineal aus der Anlage herausgedrückt wird, so dass dort ein Spiel vorhanden ist. Spiel an den Anlageflächen kann dazu führen, dass Unrundheiten am Werkstück in die geschliffene Oberfläche am Werkstück stets wieder hineinkopiert werden.

[0010] Ein Verlust an Genauigkeit ist die Folge. Das Gegenlineal ist fest eingestellt und kann daher nicht als Bremskörper mit einstellbarer Bremskraft agieren. Die Schleifscheibe ist auf dem Maschinenständer festgestellt, und das Werkstück wird mit seiner U-förmigen Aufnahme der Schleifscheibe manuell zugestellt.

[0011] Der Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der vor-

stehend genannten Art zu schaffen, mit denen auch bei den hohen Arbeitsgeschwindigkeiten der betrieblichen Massenfertigung die rotationssymmetrischen Teile mit großer Maß- und Formgenauigkeit geschliffen werden, wobei die erforderliche Rundschleifmaschine dennoch grundsätzlich einfach im Aufbau, also sehr kostengünstig ist und über größere Zeiträume hinweg mit gleichbleibender Genauigkeit zuverlässig arbeitet.

[0012] Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt hinsichtlich des Verfahrens mit der Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich der Rundschleifmaschine mit der Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 2.

[0013] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß Anspruch 1 im Vergleich zu der DD 55 918 A besteht darin, dass neben der Drehbewegung der zur Drehung angetriebenen Schleifscheibe keine weiteren auf Drehung beruhenden Antriebs- oder Stützteile erforderlich sind. Die zwei nicht rotierenden Anlageflächen, die in der zugehörigen Rundschleifmaschine eben ausgebildet sind, gewähren in jedem Fall eine genauere Abstützung als die Kugellager beim Stand der Technik. Im Vergleich zu der DE 43 30 800 A1 besteht der Vorteil, dass eine gesonderte Antriebseinrichtung für die Rotation des Werkstücks nicht erforderlich ist. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren ist ein einziger Drehantrieb für die Schleifscheibe erforderlich, die zugleich auch das Werkstück in Drehung versetzt. Schädliche Einflüsse aus der zusätzlichen Antriebseinrichtung in der Form eines umlaufenden Antriebsbandes können in jedem Fall vermieden werden.

[0014] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird das Verhältnis der Drehzahlen von Schleifscheibe und Werkstück bzw. werden deren Drehzahlen laufend überwacht und auf ein bestimmtes optimales Verhältnis eingeregelt. Die Zustellkraft der Schleifscheibe und die von der Stützeinrichtung ausgeübte Bremskraft werden so eingestellt, dass sich ein bestimmtes Verhältnis der Drehzahlen von Werkstück und Schleifscheibe ergibt, das zu optimalen Schleifergebnissen führt.

[0015] Hinsichtlich der spitzenlosen Rundschleifmaschine wird die der Anmeldung zugrunde liegende Aufgabe dadurch gelöst, dass die Stützeinrichtung mindestens eine erste ebene Anlagefläche und eine zweite ebene Anlagefläche aufweist, die beide in der Umfangs-Laufrichtung des Werkstücks betrieblich unbeweglich sind, sich in einem Abstand von einander längs des Werkstücks erstrecken und dieses unter Gleitberührung umgreifen. Ebene Anlageflächen, die dem bekannten Stützlineal entsprechen, sind ein bewährtes Mittel zum Abstützen des rotierenden Werkstücks. Das Werkstück wird von diesen ebenen Anlageflächen mit der größten möglichen Genauigkeit in seiner vorbestimmten, für den Schleifvorgang optimalen Lage gehalten. Sämtliche Rundlauffehler, die aus einer rotierenden Abstützung herrühren, sind dadurch ausgeschlossen. Die Stützflächen sind auf die Umfangs-Laufrichtung des Werkstücks und seinen Durchmesser optimal eingestellt, wobei diese Einstellung insoweit betrieblich unveränderlich ist.

[0016] Die Rundschleifmaschine hat eine Einrichtung zur Drehzahlmessung, durch welche die Werkstück-Drehzahl laufend überwacht wird. In einer Auswerte- und Regelanordnung kann dadurch ständig der optimale Ausgleich zwischen der Schleifscheiben-Drehzahl, der Zustellkraft der Schleifscheibe und der Bremskraft des Bremskörpers eingehalten werden. Auf diese Weise ist nicht nur die Stützeinrichtung der erfindungsgemäßen Rundschleifmaschine für ein optimales Schleifergebnis eingerichtet, sondern bestimmte optimale Betriebsverhältnisse lassen sich auch mit großer Konstanz in der gewünschten Weise aufrecht erhalten.

[0017] Allerdings sind unterschiedliche Einstellungen der ersten ebenen Anlagefläche und der zweiten ebenen Anlagefläche je nach dem Durchmesser des Werkstücks und dem angestrebten Schleifprozess erforderlich. Eine entsprechende Einstellung kann vor dem Schleifprozess durch Einstellen oder Auswechseln der Anlageflächen leicht vorgenommen werden. Während des Schleifvorganges selbst bleiben die erste ebene Anlagefläche und die zweite ebene Anlagefläche aber zumeist insgesamt betrieblich unbeweglich, was in der vorteilhaften Weiterbildung gemäß Anspruch 3 zum Ausdruck gebracht ist.

[0018] Bei bestimmten Schleifprozessen, wie bspw. beim Einstechschleifen, müssen die Anlageflächen allerdings manchmal auch während des Schleifgangs verstellt werden, weil sie dann laufend an den abnehmenden Durchmesser des Werkstücks 1 an der Schleifstelle angepasst werden müssen. Gemäß der weiteren vorteilhaften Ausbildung gemäß dem Anspruch 4 können dann die erste Anlagefläche und die zweite Anlagefläche betrieblich gesteuert beweglich ausgebildet sein.

[0019] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung ist in Anspruch 5 definiert. Diese Ausgestaltung kann für sich oder in Verbindung mit den anderen vorteilhaften Weiterbildungen von Bedeutung sein. Sie bezieht sich darauf, dass die erste Anlagefläche sich an einer unterhalb des Werkstücks befindlichen Stützplatte befindet, die nach der Art des üblichen Stützlineals ausgebildet ist. Die zweite Anlagefläche kann sich an einer gesonderten Stützschiene befinden, die der Schleifscheibe gegenüberliegend angeordnet ist. Stützplatte und Stützschiene ermöglichen eine stabile Halterung der beiden Anlageflächen, so dass die erforderliche Schleifgenauigkeit lange zuverlässig erhalten bleibt. Auf diese Weise drückt die auf die Schleifscheibe ausgeübte Zustellkraft das Werkstück in eine optimale Anlage an die erste und die zweite Stützfläche.

[0020] Mit den beiden Anlageflächen sind stabile und gleichbleibende Anlageflächen geschaffen, die in Verbindung mit einer konstanten Zustellkraft der Schleifscheibe auch eine wesentlich gleichbleibende Bremskraft auf die Rotation des Werkstücks ausüben. Es ist aber auch möglich, diese Bremskraft ganz genau auf einen bestimmten Wert einzustellen, der für einen bestimmten Schleifprozess auszuwählen ist. Hierzu ist bei der erfindungsgemäßen Rundschleifmaschine an der Stützeinrichtung eine Bremse mit einem Bremskörper

angeordnet, der über eine Einstelleinrichtung mit einstellbarer Bremskraft auf das Werkstück einwirkt.

[0021] Die Bremse kann vorzugsweise so ausgebildet sein, dass der Bremskörper einen weiteren Stützkörper mit einer dritten Anlagefläche bildet.

[0022] Vorzugsweise ist diese dritte Anlagefläche so angeordnet, dass sie der ersten Anlagefläche gegenüberliegt und von oben auf das Werkstück einwirkt.

[0023] Eine weitere Ausbildung der erfindungsgemäßen Rundschleifmaschine ist für sich von Bedeutung, kann aber auch in Verbindung mit den anderen bisher aufgezeigten Weiterbildungen bedeutsam sein. Danach werden die erste Anlagefläche und die zweite Anlagefläche zu einem gemeinsamen Stützkörper zusammengefasst, der ein der Schleifscheibe gegenüberliegendes Prisma bildet und das Werkstück umgreift. Ein derartiges Prisma kann massiv und sehr stabil ausgebildet werden, wobei dann eine sichere, verschleißarme und zuverlässige Abstützung des Werkstücks in der gewünschten Lage gewährleistet ist. Ein derartiges massives Prisma kann auch als Ganzes montiert und ggf. aus seiner Arbeitslage in eine Wartungslage umgeschwenkt werden, wenn es erforderlich ist. Dabei kann der Querschnitt des Prismas die Form eines Winkels oder die Form eines Trapezes (Anspruch 9) haben. Entscheidend ist in jedem Fall, dass schräge Anlageflächen gebildet sind, welche das Werkstück umgreifen.

[0024] Die Erfindung wird anschließend anhand von Ausführungsbeispielen, die in den Zeichnungen dargestellt sind, noch näher erläutert. Die Figuren zeigen das Folgende:

Fig. 1 ist eine Prinzipdarstellung der wichtigsten Einzelteile bei einer Rundschleifmaschine zum spitzenlosen Rundschleifen, mit der das Verfahren gemäß der Erfindung ausgeführt wird.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der Rundschleifmaschine gemäß der Erfindung, bei der die erste und die zweite Anlagefläche zu einem Prisma zusammengefasst sind.

Fig. 3 hat eine abgewandelte Ausführungsform des Prismas aus Fig. 2 zum Gegenstand.

Fig. 4 veranschaulicht eine Ausführungsform, bei der eine Bremsvorrichtung in ein Prisma integriert ist.

[0025] In der Fig. 1 ist ein Ausschnitt aus einer Rundschleifmaschine zum spitzenlosen Rundschleifen im Querschnitt dargestellt. Das zylindrische Werkstück 1 hat eine Längsachse 2 und berührt im Betrieb die rotierende Schleifscheibe 3, deren Rotationsachse außerhalb der Zeichnungsfläche liegt. In dem ausgewählten Querschnitt gemäß der Fig. 1 läuft die waagerechte Verbindungslinie 4 parallel zu der waagrecht liegenden Längsachse 2 des Werkstücks 1 und zu der nicht darge-

stellten Rotationsachse der Schleifscheibe 3. Dabei ergibt sich die Berührungsstelle 5, an der die Schleifscheibe 3 und das Werkstück 1 an ihrem Umfang einander berühren. Es wird aber daran erinnert, dass bei bestimmten Schleifprozessen die Rotationsachse der Schleifscheibe 3 um einen kleinen Winkel von etwa 3° bis 5° aus der Horizontalen geneigt sein kann, so zum Beispiel beim Durchlaufschleifen von zylindrischen Werkstücken 1, die dadurch ihren Vorschub in Längsrichtung erhalten. Für das Material der Schleifscheibe 3 kommen Korund und CBN in Frage.

[0026] Unterhalb der Schleifscheibe 3 befindet sich eine Stützplatte 6, die wie ein übliches Stützlineal ausgebildet ist. Ihre nach oben gewandte ebene Fläche ist die erste Anlagefläche 7 der erfindungsgemäß ausgebildeten Stützeinrichtung. Die erste Anlagefläche 7 ist wie üblich um einen Winkel λ ausgehend von ihrer der Schleifscheibe 3 zugewandten Seite nach unten geneigt. Zur Anpassung an den jeweils zu bewältigenden Schleifprozess kann die erste Anlagefläche 7 in der Höhe verstellt werden. Mögliche Einstellungen sind neben der in Fig. 1 gezeigten Einstellung "unter Mitte" auch die Einstellungen "Mitte" und "über Mitte". Die Mitte ist dabei durch die Verbindungslinie 4 gegeben. Außerdem ist es möglich, mit unterschiedlichen Neigungswinkeln A zu schleifen. Hierzu wird die erste Anlagefläche 7 verstellt, oder die ganze Stützplatte 6 wird ausgewechselt. Meistens genügt es, die veränderte Einstellung vor Inbetriebnahme der Rundscheifmaschine vorzunehmen; während des Schleifens bleibt die Einstellung der ersten Anlagefläche 7 dann betrieblich unverändert; sie ist insgesamt "betrieblich unbeweglich". In anderen Fällen muss die Stützplatte 6 während des Schleifens verstellt werden; das ist zum Beispiel manchmal beim Einstechschleifen der Fall, wenn die erste Anlagefläche 7 dann laufend an den abnehmenden Durchmesser des Werkstücks 1 angepasst werden muss. Dann ist die erste Anlagefläche 7 "betrieblich gesteuert beweglich" ausgebildet.

[0027] Der Schleifscheibe 3 mit einem gewissen Winkelversatz gegenüberliegend ist eine Stützschiene 8 angeordnet, an der sich die zweite ebene Anlagefläche 9 befindet. Der Winkelversatz entspricht etwa dem Winkel λ . In Fig. 1 bildet die zweite ebene Anlagefläche 9 einen Winkel γ mit einer gemeinsamen Tangente 10, die in der Berührungsstelle 5 an das Werkstück 1 und die Schleifscheibe 3 gelegt ist. Andere Winkelstellungen sind gleichfalls möglich. Im Übrigen gilt für die Stützschiene 8 und die zweite Anlagefläche 9 dasselbe wie für die Stützplatte 6 mit der ersten Anlagefläche 7. Beide Anlageflächen 7 und 9 können somit "betrieblich unbeweglich" oder "betrieblich gesteuert beweglich" zur Verfügung gestellt werden, wobei das Einstellen beider Anlageflächen gemeinsam oder einzeln - erste Anlagefläche 7 und zweite Anlagefläche 9 jede für sich - möglich ist. Die Anlageflächen 7 und 9 können aus polykristallinem Diamant (PKD) oder Hartmetall bestehen; die Oberseiten der Stützplatte 7 und der Stützschiene 8 sind dann entsprechend beschichtet.

[0028] Fig. 1 zeigt weiter in schematischer Darstellung eine Bremse 11. Hierbei wird ein Bremskörper 12 mit einer Bremskraft P von einer nicht dargestellten Stellvorrichtung über eine zwischengeschaltete Federung 13 beaufschlagt. Der Bremskörper 12 liegt mit einer dritten Anlagefläche 14 an der Umfangsfläche des Werkstücks 1 an. Die Bremskraft P wird über die zwischengeschaltete Federung 13 in einer Weise ausgeübt, dass im Schleifbetrieb das Werkstück 1 im richtigen Ausmaß gebremst wird. Die Schleifscheibe 3 muss nämlich einerseits das Werkstück 1 zur Drehung antreiben, andererseits aber auch eine Schleifwirkung ausüben, indem die Drehzahl des Werkstücks 1 geringer ist als die Drehzahl der Schleifscheibe 3. Hierzu wird die Drehzahl des Werkstücks 1 dauernd überwacht, wofür zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung stehen, z. B. Sensoren oder Körperschall-Sensorik. Nach Maßgabe der gemessenen Drehzahl stellt eine Auswerte- und Regelanordnung ständig den optimalen Ausgleich zwischen der Schleifscheiben-Drehzahl, der Zustellkraft der Schleifscheibe 3 und der Bremskraft P her, womit schließlich die optimale Drehzahl des Werkstücks 1 zustande kommt.

[0029] Beim Betrieb der in Fig. 1 in einem Teilquerschnitt dargestellten Rundscheifmaschine liegt das Werkstück 1 an der ersten Anlagefläche 7 und an der zweiten Anlagefläche 9 an. Wenn die rotierende Schleifscheibe 3 gegen das Werkstück 1 zugestellt wird, übt sie eine Zustellkraft F in der X -Richtung auf das Werkstück 1 aus. An der gemeinsamen Berührungsstelle 5 von Werkstück 1 und Schleifscheibe 3 wirkt die Schleifscheibe 3 als ein "Reibradantrieb" und nimmt das Werkstück 1 rotierend mit. Die Bewegungsrichtung 15 an der Oberfläche der Schleifscheibe 1 und die Bewegungsrichtung 16 an der Oberfläche des Werkstücks 1 verlaufen an der Berührungsstelle 5 gleichsinnig. Das Werkstück 1 wird dabei mit einer bestimmten Anpresskraft an die erste Anlagefläche 7 und die zweite Anlagefläche 9 angedrückt. Das Werkstück 1 kann sich dabei noch verhältnismäßig leicht auf den Anlageflächen 7 und 9 gleitend drehen, wird aber schon etwas abgebremst und hat dadurch eine verringerte Drehgeschwindigkeit. Wenn zusätzlich die Bremse 11 betätigt wird, verringert sich die Drehgeschwindigkeit des Werkstücks 1 sehr merklich. An der gemeinsamen Berührungsstelle 5 von Werkstück 1 und Schleifscheibe 3 ergibt sich ein merklicher Schlupf in der Mitnahme des Werkstücks 1 durch die Schleifscheibe 3. Das Werkstück 1 wird somit von der Schleifscheibe 3 nur noch im verringerten Maß zur Drehung mitgenommen, dafür ergibt sich die Schleifwirkung, welche die Schleifscheibe 3 jetzt auf das Werkstück 1 ausübt. Das richtige Verhältnis zwischen der Antriebswirkung und der Schleifwirkung wird durch das Messen der Werkstück-Drehzahl und die schon erwähnte Auswerte- und Regelanordnung eingestellt und eingehalten. Mit der Bremse 11 kann die Bremswirkung auf das Werkstück 1 sehr viel genauer eingestellt werden als wenn das Bremsen allein durch die erste Anlagefläche 7 und die zweite Anlagefläche 9 erfolgt.

[0030] In der Ausführung nach Fig. 1 wirken die erste Anlagefläche 7 und die zweite Anlagefläche 9 zusammen schon ähnlich wie eine Werkstück-Aufnahme in der Form eines Prismas, das dem Fachmann geläufig ist. In den Figuren 2 bis 4 sind weitere Ausführungsformen gezeigt, bei denen das Prisma im üblichen Sinne als bauliche Einheit verwirklicht ist. Dabei sind in den Figuren 2 bis 4 im Vergleich zu Fig. 1 die Proportionen der Schleifscheibe 3 und des Werkstücks 1 deutlich verändert, damit die Darstellung anschaulicher wird und zudem die Zeichnungen kleiner sein können.

[0031] Gemäß Fig. 2 ist eine Schleifspindeleinheit 17 vorgesehen, welche die Schleifscheibe 3 um ihre Rotationsachse 18 zur Drehung antreibt. Die Schleifscheibe 3 berührt das Werkstück 1 an der Berührungsstelle 5. Das Werkstück 1 ist von einem Prisma 19 umfasst, das einteilig und mit dem Querschnitt eines Winkels ausgebildet ist. An den beiden Armen des Winkels befinden sich die erste Anlagefläche 7 und die zweite Anlagefläche 9. Wenn die Schleifspindeleinheit 17 in der Zustellrichtung X mit der Zustellkraft F in Richtung auf das Werkstück 1 zugestellt wird, ergibt sich an der Berührungsstelle 5 der Drehantrieb des Werkstücks 1 durch die Mitnahme infolge der Reibung. Das Werkstück 1 wird dabei an die erste Anlagefläche 7 und die zweite Anlagefläche 9 des Prismas 19 gedrückt und kann sich in dem Prisma 19 nur noch verlangsamt drehen. Dadurch kommt der schon erwähnte vorteilhafte Schlupf zwischen der Schleifscheibe 3 und dem Werkstück 1 an der Berührungsstelle 5 zustande.

[0032] Die Fig. 3 zeigt eine andere Form eines Prismas 20, das hier einen trapezförmigen Querschnitt hat. Das Werkstück 1 liegt nur an den beiden Armen des Trapezes an, an denen sich die erste Anlagefläche 7 und die zweite Anlagefläche 9 befinden. Die übrigen Einzelheiten sind dieselben wie in Fig. 2. Die Ausführung mit dem einteiligen Prisma 19 oder 20 ist einfacher als die getrennte Ausführung von Stützplatte 6 und Stützschiene 8 und führt dabei mit geringerem Aufwand zu einer größeren Stabilität und Genauigkeit.

[0033] Wieder anders ist die Ausführung nach Fig. 4. Hier liegt zwar grundsätzlich die Bauform eines Prismas 21 vor entsprechend der Fig. 2. Jedoch ist ein oberer Arm 22 um eine Schwenkachse 23 schwenkbar an dem Grundkörper 24 des Prismas 21 angelenkt. Der obere Arm 22 kann durch eine Stellvorrichtung 25, die Teil der Bremse ist, mit einstellbarer und regelbarer Wirkung an das Werkstück 1 gepresst werden. Die Wirkung der Bremse 11 ist bereits oben beschrieben worden. An dem oberen Arm 22 ist wieder die dritte Anlagefläche 26 ausgebildet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum spitzenlosen Rundschleifen von Werkstücken mit rotationssymmetrischer Kontur, bei dem das Werkstück (1) mittels einer Schleifschei-

be (3) geschliffen wird und von einer Stützeinrichtung (6, 8, 11) gestützt, geführt sowie in seiner Rotation gebremst wird, wobei die Bewegungsrichtung von Schleifscheiben- und Werkstück-Umfangsfläche an der Berührungsstelle (5) gleichsinnig ist, nur die Schleifscheibe (3) zur Drehung angetrieben wird und allein den Drehantrieb des Werkstücks (1) bewirkt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (3) schleifwirksam an das rotierende Werkstück (1) zugestellt wird und eine erste (7) und eine zweite Anlagefläche (9) in der Art eines Prismas derart angeordnet sind, dass das Werkstück (1) beim Schleifvorgang mittels einer Zustellkraft (F) durch die Schleifscheibe (3) unter Gleitberührung an die betrieblich unbeweglichen, das Werkstück (1) für den Schleifvorgang in optimaler Lage haltenden Anlageflächen (7, 9) der Stützeinrichtung (6, 8, 11) angedrückt wird, und die Drehzahlen der Schleifscheibe (3) und des Werkstücks (1), die auf das Werkstück (1) von der Stützeinrichtung (6, 8, 11) ausgeübte Bremskraft (P) sowie die Zustellkraft (F) der Schleifscheibe (3) laufend überwacht und im Sinne eines optimalen Schleifergebnisses aufeinander abgestimmt werden.

2. Spitzenlose Rundschleifmaschine, mit einem Schleifspindelstock und einer in diesem gelagerten, durch eine Antriebseinrichtung zur Drehung angetriebenen Schleifscheibe (3), die ein Werkstück (1) alleinig zur Drehung antreibt, wobei nur die Schleifscheibe (3) zur Drehung angetrieben ist und die Bewegungsrichtung der Umfangsflächen des Werkstücks (1) und der Schleifscheibe (3) an ihrer Berührungsstelle (5) gleichsinnig ist, und mit einer Stützeinrichtung (6, 8, 11), welche das Werkstück (1) stützt und zudem in der Weise hemmend auf die Drehbewegung des Werkstücks einwirkt, dass im gesteuerten Zusammenwirken mit der auf die Schleifscheibe (3) wirkenden Zustellkraft (F) das Werkstück (1) von der Schleifscheibe (3) sowohl zur Drehung angetrieben als auch geschliffen wird, wobei die Stützeinrichtung (6, 8, 11) mindestens eine erste ebene Anlagefläche (7) und eine zweite ebene Anlagefläche (9) aufweist, welche in der Art eines Prismas und jeweils beide in der Umfangs-Laufrichtung (16) des Werkstücks (1) betrieblich unbeweglich angeordnet sind, zum Durchführen des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (3) durch den Schleifspindelstock in ihrer radialen Richtung gegen das Werkstück (1) von rotationssymmetrischer Kontur zustellbar ist und die Auflageflächen (7, 9) der Stützeinrichtung (6, 8, 11) sich in einem Abstand voneinander längs des Werkstücks (1) erstrecken und dieses unter Gleitberührung umgreifend derart angeordnet sind, dass das Werkstück (1) in für den Schleifvorgang optimaler Lage gehalten ist, dass an der Stützeinrichtung (6, 8, 11) eine Bremse (11) mit einem

über eine Einstelleinrichtung mit einstellbarer Bremskraft (P) auf das Werkstück (1) einwirkenden Bremskörper (12) angeordnet ist, und dass eine Einrichtung zur Drehzahlmessung angeordnet ist, welche dazu ausgebildet ist, die Werkstück-Drehzahl laufend zu überwachen, und dass eine Auswerte- und Regelanordnung vorhanden ist, welche dazu ausgebildet ist, ständig den optimalen Ausgleich zwischen der Schleifscheiben-Drehzahl, der Zustellkraft (F) der Schleifscheibe (3) und der Bremskraft (P) des Bremskörpers (12) einzuhalten.

3. Rundschleifmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste ebene Anlagefläche (7) und die zweite ebene Anlagefläche (9) insgesamt betrieblich unbeweglich angeordnet sind. 15
4. Rundschleifmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Anlagefläche (7) und die zweite Anlagefläche (9), an den beim Schleifen abnehmenden Durchmesser des Werkstückes anpassend, betrieblich gesteuert beweglich ausgebildet sind. 20
5. Rundschleifmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Anlagefläche (7) sich an einer unterhalb des Werkstücks (1) befindlichen Stützplatte (6) befindet, die nach der Art des üblichen Stützlineals ausgebildet ist, während die zweite Anlagefläche (9) sich an einer gesonderten Stützscheibe (8) befindet, die der Schleifscheibe (3) gegenüberliegend angeordnet ist. 25 30
6. Rundschleifmaschine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bremskörper (12) einen weiteren Stützkörper mit einer dritten Anlagefläche (14) bildet. 35
7. Rundschleifmaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die dritte Anlagefläche (14) der ersten Anlagefläche (7) gegenüberliegt und von oben auf das Werkstück (1) einwirkt. 40
8. Rundschleifmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Anlagefläche (7) und die zweite Anlagefläche (9) sich an einem gemeinsamen Stützkörper befinden, der ein der Schleifscheibe (3) gegenüberliegendes Prisma (19,20,21) bildet, das das Werkstück (1) umgreift. 45 50
9. Rundschleifmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt des Prismas (19, 20, 21) die Form eines Winkels oder eines Trapezes hat. 55

Claims

1. Method for the centreless cylindrical grinding of workpieces of rotationally symmetrical contour, in the case of which the workpiece (1) is ground by means of a grinding wheel (3) and is supported, guided, and has its rotation braked, by a supporting device (6, 8, 11), wherein the circumferential surfaces of the grinding wheel and workpiece move in the same direction at the point of contact (5), and it is only the grinding wheel (3) which is driven in rotation and, alone, causes the workpiece (1) to be driven in rotation, **characterized in that** the grinding wheel (3) is positioned for a grinding action against the rotating workpiece (1) and a first abutment surface (7) and a second abutment surface (9) are arranged in the manner of a prism such that during the grinding operation, by means of a positioning force (F) applied by the grinding wheel (3), the workpiece (1) is pressed, with sliding contact, onto the abutment surfaces (7, 9) of the supporting device (6, 8, 11), said abutment surfaces being immovable during operation and retaining the workpiece (1) in an optimum position for the grinding operation, and the rotational speeds of the grinding wheel (3) and of the workpiece (1), the braking force (P) to which the workpiece (1) is subjected by the supporting device (6, 8, 11) and also the positioning force (F) of the grinding wheel (3) are monitored continuously and are coordinated with one another to give an optimum grinding result.
2. Centreless cylindrical grinding machine for implementing the method according to Claim 1, having a grinding headstock and a grinding wheel (3) which is mounted in said headstock, is driven in rotation by a drive device and, alone, drives a workpiece (1) in rotation, wherein it is only the grinding wheel (3) which is driven in rotation and the circumferential surfaces of the workpiece (1) and of the grinding wheel (3) move in the same direction at the point of contact (5) thereof, and having a supporting device (6, 8, 11), which supports the workpiece (1) and, in addition, has an inhibiting effect on the rotary movement of the workpiece such that, in controlled interaction with the positioning force (F) acting on the grinding wheel (3), the workpiece (1) is both driven in rotation and ground by the grinding wheel (3), wherein the supporting device (6, 8, 11) has at least a first planar abutment surface (7) and a second planar abutment surface (9), which are arranged in the manner of a prism and are each arranged in an immovable manner during operation in the circumferential running direction (16) of the workpiece (1), **characterized in that** the grinding wheel (3) can be positioned in its radial direction against the workpiece (1) of rotationally symmetrical contour by the grinding headstock and the bearing surfaces (7, 9) of the supporting device (6, 8, 11) extend at a dis-

- tance from one another along the workpiece (1) and are arranged so as to engage around said workpiece, with sliding contact, such that the workpiece (1) is retained in a position which is optimum for the grinding operation, **in that** a brake (11) with a braking body (12), which acts on the workpiece (1) with an adjustable braking force (P) via an adjustment device, is arranged on the supporting device (6, 8, 11), and **in that** a device is provided for measuring rotational speeds, this device being designed to monitor the rotational speed of the workpiece continuously, and **in that** an evaluation and regulating arrangement is present, said arrangement being designed to maintain an optimum balance, on a constant basis, between the rotational speed of the grinding wheel, the positioning force (F) of the grinding wheel (3) and the braking force (P) of the braking body (12).
3. Cylindrical grinding machine according to Claim 2, **characterized in that** the first planar abutment surface (7) and the second planar abutment surface (9) are arranged overall in an immovable manner during operation.
 4. Cylindrical grinding machine according to Claim 2, **characterized in that** the first abutment surface (7) and the second abutment surface (9) are designed for controlled movement during operation, in adaptation to the workpiece diameter as it decreases during grinding.
 5. Cylindrical grinding machine according to one of Claims 2 to 4, **characterized in that** the first abutment surface (7) is located on a supporting plate (6), which is located beneath the workpiece (1) and is designed in the manner of the conventional supporting straightedge, while the second abutment surface (9) is located on a separate supporting rail (8), which is arranged opposite the grinding wheel (3).
 6. Cylindrical grinding machine according to Claim 5, **characterized in that** the braking body (12) forms a further supporting body with a third abutment surface (14).
 7. Cylindrical grinding machine according to Claim 6, **characterized in that** the third abutment surface (14) is located opposite the first abutment surface (7) and acts on the workpiece (1) from above.
 8. Cylindrical grinding machine according to one of Claims 2 to 4, **characterized in that** the first abutment surface (7) and the second abutment surface (9) are located on a common supporting body, which forms a prism (19, 20, 21), which is located opposite the grinding wheel (3) and engages around the workpiece (1).

9. Cylindrical grinding machine according to Claim 8, **characterized in that** the cross section of the prism (19, 20, 21) is in the form of an angle or of a trapezium.

Revendications

1. Procédé de rectification cylindrique sans centre de pièces présentant un contour à symétrie centrale, dans lequel
la pièce (1) est meulée au moyen d'un disque de meulage (3) et est soutenue, guidée et freinée en rotation par un dispositif de soutien (6, 8, 11),
le sens de déplacement de la surface périphérique du disque de meulage et le sens de déplacement de la surface périphérique de la pièce étant identiques à l'emplacement (5) du contact,
seul le disque de meulage (3) étant entraîné en rotation et exerçant l'entraînement en rotation de la pièce (1),
caractérisé en ce que
le disque de meulage (3) est avancé vers la pièce (1) en rotation de manière à être actif en meulage,
en ce qu'une première surface de pose (7) et une deuxième surface de pose (9) sont disposées à la manière d'un prisme de telle sorte que lors de l'opération de meulage, la pièce (1) est repoussée par une force d'avancement (F) exercée par le disque de meulage (3) tout en étant en contact coulissant avec les surfaces de pose (7, 9) du dispositif de soutien (6, 8, 11), immobiles en fonctionnement et maintenant la pièce (1) en position optimale pour l'opération de meulage et
en ce que la vitesse de rotation du disque de meulage (3) et celle de la pièce (1), la force de freinage (P) exercée sur la pièce (1) par le dispositif de soutien (6, 8, 11) ainsi que la force d'avancement (F) du disque de meulage (3) sont surveillées et accordées les unes aux autres en permanence en vue d'obtenir un résultat optimal de meulage.
2. Machine de rectification cylindrique sans centre présentant une poupée de meulage dans laquelle est monté un disque de meulage (3) entraîné en rotation par un dispositif d'entraînement et étant seul à entraîner la pièce (1) en rotation, seul le disque de meulage (3) étant entraîné en rotation,
la direction de déplacement de la surface périphérique de la pièce (1) et la direction de déplacement de la surface périphérique du disque de meulage (3) étant identiques en leur emplacement (5) de contact, la machine présentant un dispositif de soutien (6, 8, 11) qui soutient la pièce (1) et qui agit de plus de manière à freiner le déplacement de rotation de la pièce de telle sorte que la pièce (1) est à la fois entraînée en rotation et meulée par le disque de meulage (3) dans une coopération contrôlée avec la force

- d'avancement (F) qui agit sur le disque de meulage (3),
 le dispositif de soutien (6, 8, 11) présentant au moins une première surface de pose (7) plane et une deuxième surface de pose (9) plane disposées à la manière d'un prisme et immobiles en fonctionnement dans la direction (16) de déplacement périphérique de la pièce (1),
 en vue de la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la poupée de meulage approche le disque de meulage (3) dans sa direction radiale en direction de la pièce (1) au contour à symétrie circulaire,
en ce que les surfaces de pose (7, 9) du dispositif de soutien (6, 8, 11) s'étendent à distance l'une de l'autre le long de la pièce (1) et sont disposées de manière à chevaucher celle-ci en étant en contact coulissant avec elle de telle sorte que la pièce (1) soit maintenue en position optimale pour l'opération de meulage,
en ce qu'un frein (11) présentant un corps de freinage (12) qui agit sur la pièce (1) avec une force de freinage (P) réglable par l'intermédiaire d'un dispositif de réglage est disposé sur le dispositif de soutien (6, 8, 11),
en ce qu'un dispositif de mesure de vitesse de rotation configuré pour surveiller en permanence la vitesse de rotation de la pièce est prévu, et
en ce qu'un ensemble d'évaluation et de régulation configuré pour maintenir en permanence l'équilibre optimum entre la vitesse de rotation du disque de meulage, la force d'avancement (F) du disque de meulage (3) et la force de freinage (P) du corps de freinage (12) est prévu.
3. Machine de rectification cylindrique sans centre selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** la première surface de pose (7) plane et la deuxième surface de pose (9) plane sont disposées de manière à être globalement immobiles en fonctionnement.
4. Machine de rectification cylindrique sans centre selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** la première surface de pose (7) et la deuxième surface de pose (9) sont configurées de manière à pouvoir être déplacées de manière contrôlée en fonctionnement de manière à s'adapter au diamètre de la pièce qui diminue lors du meulage.
5. Machine de rectification cylindrique sans centre selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisée en ce que** la première surface de pose (7) est située sur une plaque de soutien (6) disposée en dessous de la pièce (1) et configurée comme règle habituelle de soutien, tandis que la deuxième surface de pose (9) est située sur un rail de soutien (8) distinct disposé face au disque de meulage (3).

6. Machine de rectification cylindrique sans centre selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** le corps de freinage (12) forme un autre corps de soutien présentant une troisième surface de pose (14).
7. Machine de rectification cylindrique sans centre selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** la troisième surface de pose (14) est située face à la première surface de pose (7) et agit par le haut sur la pièce (1).
8. Machine de rectification cylindrique sans centre selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisée en ce que** la première surface de pose (7) et la deuxième surface de pose (9) sont situées sur un corps de soutien commun qui forme un prisme (19, 20, 21) situé face au disque de meulage (3) et chevauchant la pièce (1).
9. Machine de rectification cylindrique sans centre selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la section transversale du prisme (19, 20, 21) a la forme d'un angle ou d'un trapèze.

Fig. 1

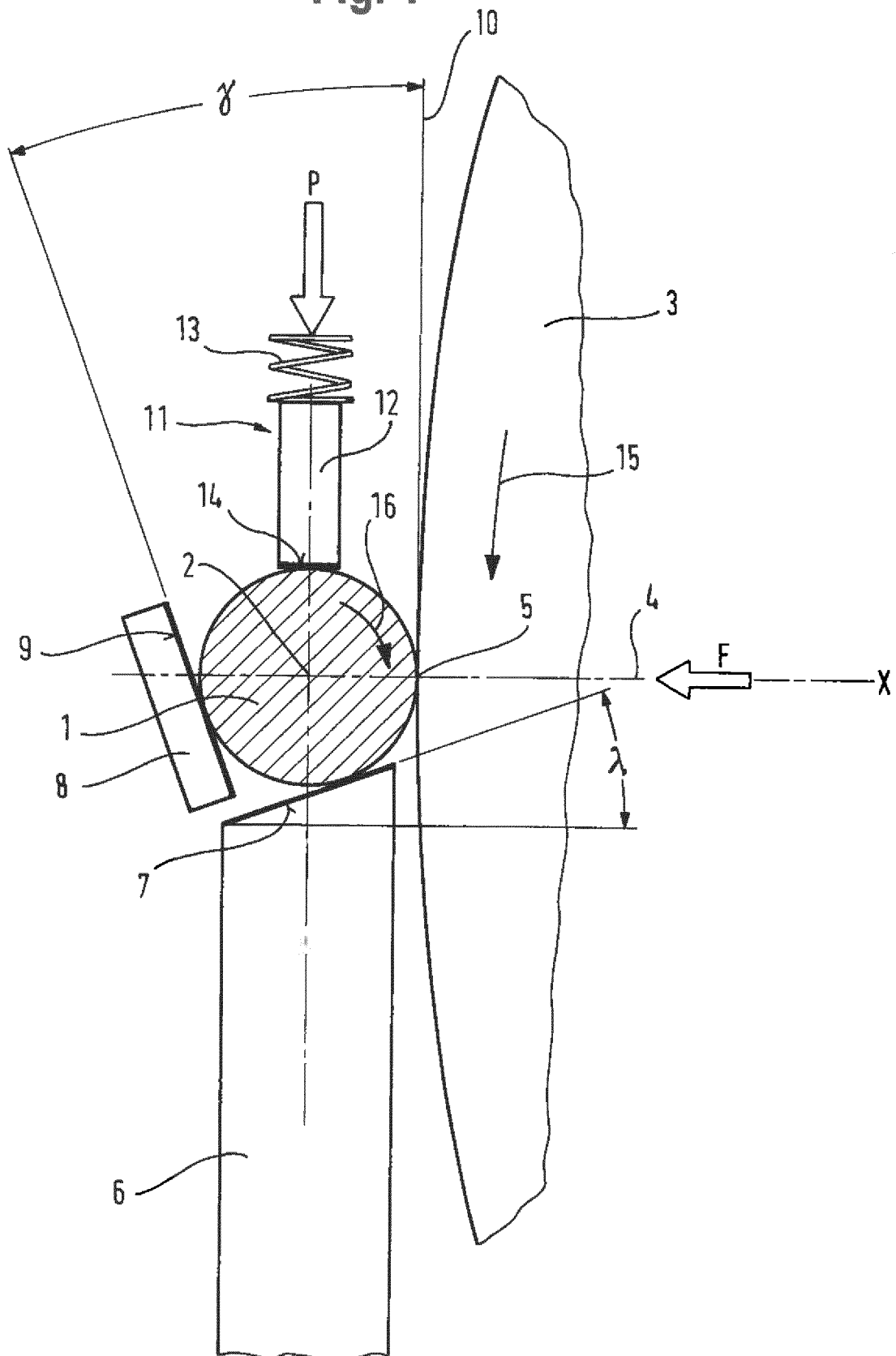


Fig. 2

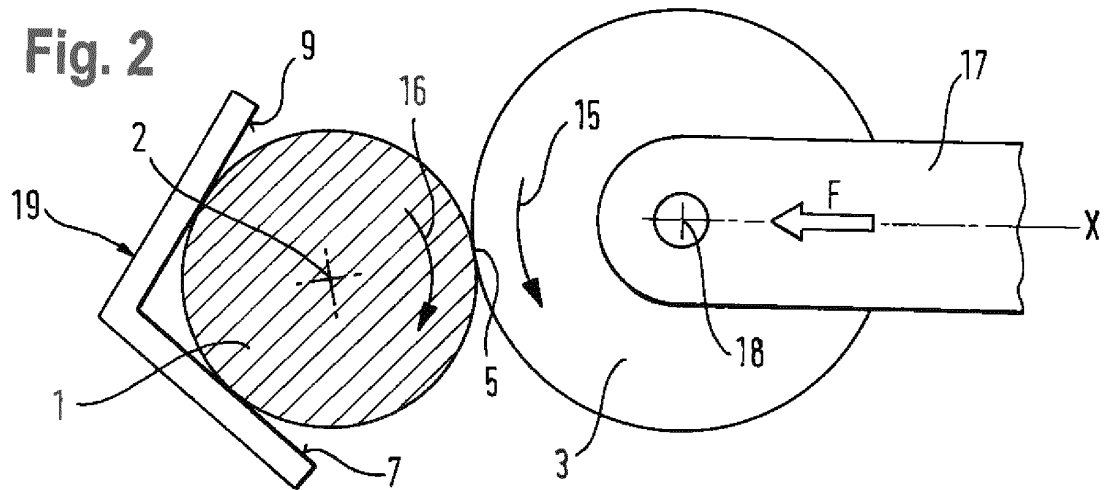


Fig. 3

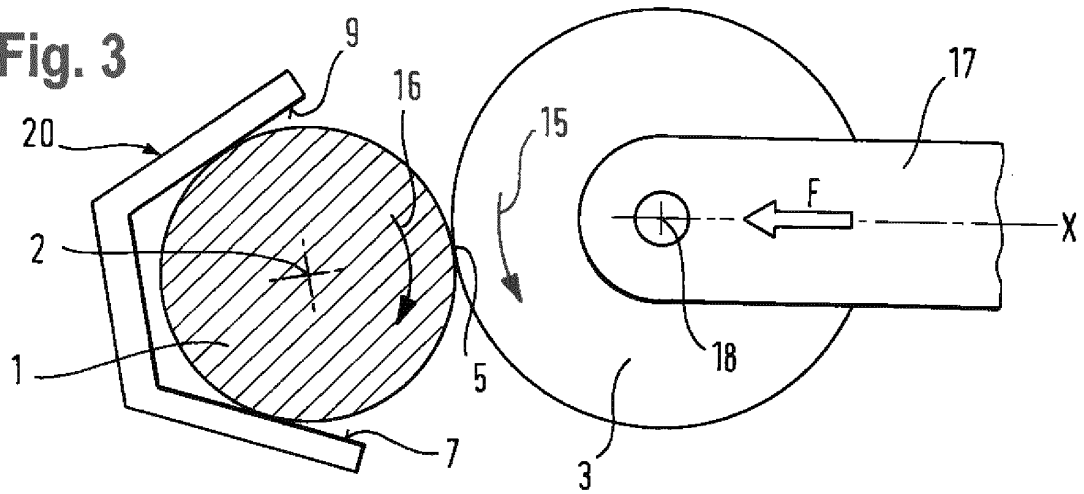
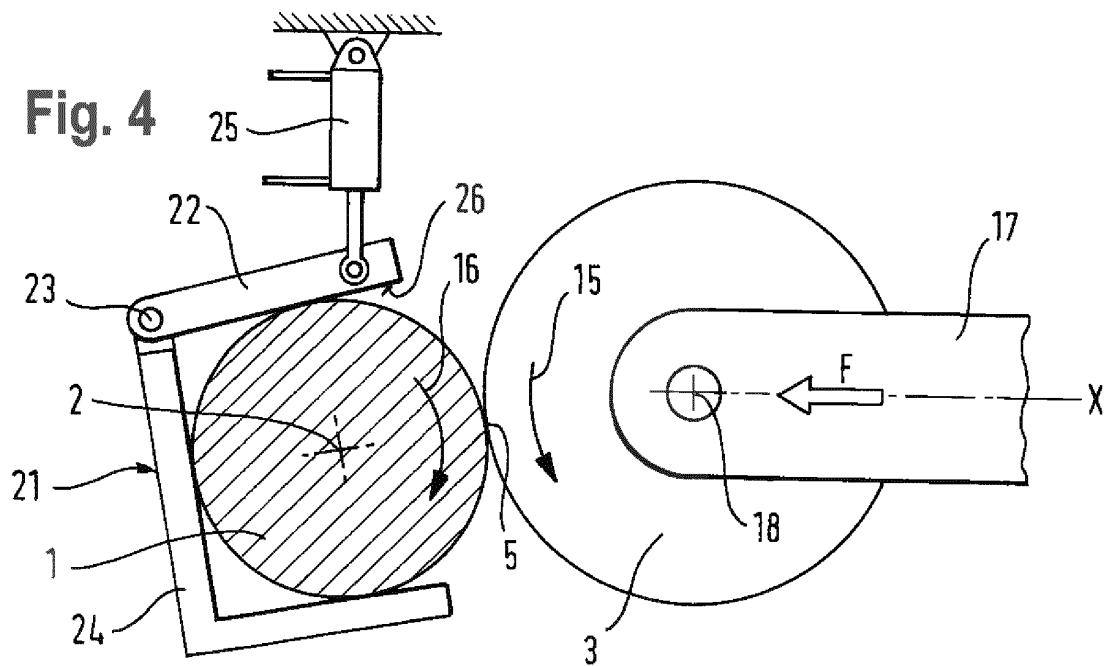


Fig. 4



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US RE17311 E [0001] [0009]
- DD 55918 A [0004] [0005] [0006] [0013]
- DE 4330800 A1 [0006] [0013]
- DE 341606 A [0007]
- DE 1179826 A [0008]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **DUBBEL.** Taschenbuch für den Maschinenbau.
1983, 1003 [0002]