

(19)



(11)

EP 3 269 500 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(51) Int Cl.:
B24B 5/22 (2006.01) **B24B 5/30 (2006.01)**
B24B 5/307 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16179084.5**

(22) Anmeldetag: **12.07.2016**

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM SIMULTANEN SPITZENLOS-RUNDSCHLEIFEN
MEHRERER WERKSTÜCKE**

METHOD AND DEVICE FOR SIMULTANEOUSLY TIP FREE ROTARY GRINDING OF MULTIPLE
WORKPIECES

PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECTIFICATION CYLINDRIQUE SANS POINTE SIMULTANEE DE
PLUSIEURS PIECES USEEES

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.01.2018 Patentblatt 2018/03

(73) Patentinhaber: **Tschudin GmbH Grenchen
2540 Grenchen (CH)**

(72) Erfinder:
• **Tschudin, Urs
2540 Grenchen (CH)**

• **Sedlacek, Libor
2540 Grenchen (CH)**

(74) Vertreter: **EGLI-EUROPEAN PATENT
ATTORNEYS
Horneggstrasse 4
Postfach
8034 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 449 767 EP-A1- 2 394 783

EP 3 269 500 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 simultanen Spitzenlos-Rundschleifen mehrerer, zumindest abschnittsweise rotationssymmetrischer Werkstücke. Die Erfindung betrifft ferner eine Schleifvorrichtung und deren Verwendung zur Durchführung eines derartigen Verfahrens.

[0002] Verfahren und Vorrichtungen zum spitzenlosen Rundschleifen von im Wesentlichen rotationssymmetrischen Werkstücken sind aus dem Stand der Technik allgemein bekannt, u.a. aus der DIN 8589, Teil 11. Im Gegensatz zu anderen Rundschleifverfahren ist das Werkstück beim spitzenlosen Rundschleifen nicht kraftschlüssig eingespannt, sondern befindet sich im sogenannten Schleifspalt zwischen einer Schleifscheibe und einer Regelscheibe, während es von einer zumeist schienen- oder linealartigen Auflageeinrichtung unterstützt wird. Schleif- und Regelscheibe haben die gleiche Rotationsrichtung, jedoch unterschiedliche Rotationsgeschwindigkeiten. Während des Schleifvorgangs wird das Werkstück von der langsam drehenden Regelscheibe angetrieben und von der im Vergleich zur Regelscheibe schneller drehenden Schleifscheibe zerspannt. Die Auflageeinrichtung und die Regelscheibe stützen das Werkstück auf wenigstens einem Teil seiner Länge ab und nehmen die auftretenden Zerspanungskräfte auf.

[0003] Durch die gleichzeitige Bearbeitung und Lagerung am Mantel des Werkstückes treten beim spitzenlosen Schleifen sogenannte Polygoneffekte auf. Um diesen entgegenzuwirken bzw. um eine optimale Rundheit der Werkstücke zu erzielen, ist es zudem erforderlich, die Werkstücke durch eine entsprechende Höheneinstellung der Auflageeinrichtung gegenüber den Rotationsachsen der Schleif- und Regelscheiben überhöht oder tiefer gestellt anzuordnen. Befindet sich der Werkstückmittelpunkt oberhalb der Verbindungslinie der Mittelpunkte von Schleif- und Regelscheibe, so spricht man vom "Schleifen über Mitte". Befindet sich der Werkstückmittelpunkt unterhalb dieser Verbindungslinie, so spricht man vom "Schleifen unter Mitte". Die genaue Einstellung der Überhöhung/Tiefstellung ist für eine optimale Rundheit der Werkstücke absolut kritisch.

[0004] Beim spitzenlosen Rundschleifen wird grundsätzlich zwischen dem Durchgangsschleifen und dem Einstechschleifen unterschieden. Beim Durchgangsschleifen durchläuft eine lückenlose Abfolge von Werkstücken mit einheitlich zu schleifendem Durchmesser den Schleifspalt in axialer Richtung. Zur Erzeugung des Vorschubs in axialer Richtung wird die Regelscheibe in der Regel um 1,5° bis 3,5° geneigt, wodurch die Werkstücke durch den Schleifspalt gezogen werden. Beim Einstechschleifen sind die Rotationsachsen der Schleifscheibe und der Regelscheibe nahezu parallel zueinander angeordnet, weisen jedoch zur Erzeugung eines Vorschubs einen geringen Winkel von etwa 0,5° zueinander auf, um das Werkstück in axialer Richtung bezüglich der Schleifvorrichtung wohl definiert gegen einen Anschlag

zu drücken und so in seiner Axialposition zu fixieren. In der Praxis wird häufig die Rotationsachse der Regelscheibe gegenüber einer zu den Rotationsachsen der Schleifscheibe und der Werkstücke parallel verlaufenden, insbesondere horizontalen Ebene um einen entsprechenden Neigungswinkel geneigt.

[0005] Beim Einstechschleifen, wie z.B. aus der EP 0449767 A1 bekannt, können neben der Einfachproduktion auch mehrere Werkstücke gleichzeitig in einem Schleifzyklus mit einer einzigen Schleifmaschine geschliffen werden (Mehrfachproduktion). Hierzu werden die Werkstücke in einer Linie hintereinander auf der Auflageeinrichtung angeordnet und mit einer entsprechend breiten Schleif- und Regelscheibe gleichzeitig geschliffen. Alternativ können auch mehrere Schleif- und Regelscheiben, insbesondere pro Werkstück je ein Paar aus einer Schleif- und Regelscheibe, zum Einsatz kommen. Zudem ist pro Werkstück in der Regel ein Anschlag vorgesehen. In der Praxis zeigt sich jedoch häufig, dass die bei der Mehrfachproduktion mittels Einstechschleifen in einem Schleifzyklus simultan geschliffenen Werkstücke meist unterschiedliche Rundheiten bzw. unterschiedlich genaue Werkstückqualitäten aufweisen.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, beim Einstechschleifen die Qualität der in einem Schleifzyklus simultan geschliffenen Werkstücke im Hinblick auf eine gleich gute und optimale Rundheit anzugleichen.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren nach Anspruch 1 sowie durch die Vorrichtung nach Anspruch 4 und deren Verwendung nach Anspruch 15. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Gemäss der Erfindung wird ein Verfahren zum simultanen Spitzenlos-Rundschleifen bzw. Spitzlos-Einstechschleifen mehrerer, zumindest abschnittsweise rotationssymmetrischer Werkstücke vorgeschlagen, zu dessen Durchführung insbesondere die nachfolgend beschriebene erfindungsgemässe Vorrichtung verwendet werden kann. Dabei werden die Werkstücke zum Schleifen zwischen wenigstens einer Schleifscheibe und wenigstens einer Regelscheibe auf einer Auflageeinrichtung in Richtung ihrer Rotationsachsen hintereinander angeordnet und die Rotationsachse der Regelscheibe gegenüber einer zu den Rotationsachsen der Schleifscheibe und der Werkstücke parallel verlaufenden, insbesondere horizontalen Ebene um einen Neigungswinkel geneigt. Das erfindungsgemässe Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Werkstücke beim Schleifen bezüglich der parallel verlaufenden Ebene entsprechend wenigstens einem Viertel des, insbesondere wenigstens dem halben, bevorzugt wenigstens dreiviertel des Neigungswinkels der Rotationsachse der Regelscheibe im Schleifspalt hintereinander, d.h. in Richtung ihrer Rotationsachsen, zueinander höhenversetzt angeordnet werden, um die jeweiligen Anlagewinkel der Werkstücke an die geneigte Regelscheibe anzugleichen. D.h., die höhenversetzte Anordnung, insbesondere eine gedachte

Verbindungsline durch die geometrischen Schwerpunkte der höhenversetzt angeordneten Werkstücke, verläuft entlang einer Linie, die gegenüber der parallel verlaufenden Ebene wenigstens um ein Viertel des, insbesondere wenigstens um den halben, bevorzugt wenigstens um dreiviertel des Neigungswinkels der Regelscheiben-Rotationsachse geneigt ist.

[0009] In erfindungsgemässer Weise wurde erkannt, dass die Werkstücke bei den bisher durchgeführten Simultan-Schleifverfahren aufgrund der Neigung der Regelscheiben-Rotationsachse jeweils eine unterschiedliche Höhe bzw. Überhöhung/Tiefstellungen bezüglich der Regelscheibe aufweisen, so dass der für die Rundheit entscheidende Anlagewinkel der Werkstücke an die Regelscheibe jeweils unterschiedlich ist. Der Kern der Erfindung besteht darin, die jeweiligen Anlagewinkel der Werkstücke an die Regelscheibe möglichst anzugleichen, vorzugsweise gleich zu machen.

[0010] Als Anlagewinkel im Sinne der vorliegenden Erfindung wird der Winkel zwischen der Tangente an die Regelscheibe im Kontaktbereich des Werkstückes zur Lotrechten bzw. Vertikalen verstanden. Dieser Winkel entspricht dem Winkel der Verbindungsline zwischen Regelscheiben-Rotationsachse und Werkstück-Rotationsachse zur Horizontalen.

[0011] Bei den rund zu schleifenden Werkstücken kann es sich beispielsweise um Wellen, Stangen, Bolzen oder dergleichen handeln, d.h. um zumindest abschnittsweise rotationssymmetrische Werkstücke. Insbesondere zeichnet sich das erfindungsgemäss vorgeschlagene Verfahren zum simultanen Schleifen gleichartig ausgebildeter Werkstücke aus.

[0012] Gemäss einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Werkstücke beim Schleifen auf der Auflageeinrichtung derart höhenversetzt hintereinander angeordnet sind, dass eine gedachte Verbindungsline durch die geometrischen Schwerpunkte der Werkstücke im Wesentlichen parallel zur geneigten Rotationsachse der Regelscheibe verläuft. Dies gilt insbesondere für den Fall, dass es sich bei den simultan in einem Schleifzyklus zu schleifenden Werkstücken um gleichartige bzw. identische Werkstücke handelt. Alternativ kann es vorgesehen sein, dass die Werkstücke beim Schleifen entsprechend dem Neigungswinkel der Regelscheiben-Rotationsachse auf der Auflagenlageeinrichtung derart höhenversetzt hintereinander angeordnet sind, dass die Werkstücke jeweils im Wesentlichen einen gleichen Anlagewinkel an die geneigte Regelscheibe aufweisen.

[0013] "Im Wesentlichen gleiche" Anlagewinkel im Sinne der Erfindung bedeutet, dass sich die jeweiligen Anlagewinkel der Werkstücke an die Regelscheibe um nicht mehr als 1 %, insbesondere um nicht mehr als 0.5 % voneinander unterscheiden. Vorzugsweise ist die höhenversetzte Anordnung der Werkstücke im Schleifspalt derart gewählt, dass die Anlagewinkel aller Werkstücke an die Regelscheibe gleich bzw. identisch sind. Der Abweichungsbereich der Anlagewinkel von nicht mehr als 1 %,

insbesondere von nicht mehr als 0.5 %, kann dazu dienen, das Anliegen der Werkstücke an die Schleifscheibe möglichst anzugleichen.

[0014] Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich einerseits zum sogenannten Gerad-Einstechschleifen, bei dem die Schleifscheiben-Rotationsachse und die Werkstück-Rotationsachsen parallel zu einander verlaufen. Umgekehrt eignet sich das vorgeschlagene Verfahren auch zum sogenannten Schräg-Einstechschleifen, bei dem die Schleifscheibe und die Werkstücke nicht parallel zueinander angeordnet sind, sondern bei dem die Rotationsachse der Schleifscheibe gegenüber den Rotationsachsen der Werkstücke bezüglich jener, insbesondere horizontalen Ebene, die zu der Schleifscheiben-Rotationsachse und den Werkstückrotations-Achsen parallel verläuft, um einen Winkel abgewinkelt verläuft.

[0015] Um einen genauen Rundlauf und eine korrekte geometrische Form der Schleifscheibe sowie der Regelscheibe zu erreichen, werden diese in der Praxis häufig vor der ersten Bearbeitung oder dann, wenn sie durch Verschleiss unbrauchbar wurden, abgerichtet. Als Abrichtwerkzeuge kommen beispielsweise Einkorndiamanten, Mehrkorndiamanten oder mit Diamanten besetzte Abrichtrollen zum Einsatz. Um die mit den vorliegend vorgeschlagenen erfindungsgemässen Verfahren erzielten Vorteile optimal umsetzen zu können, wird zum Erzielen einer optimalen Rundheit der Werkstücke gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, die geneigte Regelscheibe vor dem Schleifen mittels einer höhenverstellbaren Abrichteinrichtung an jenen Stellen abzurichten, an denen die Werkstücke entsprechend der höhenversetzten Anordnung beim Schleifen an der Regelscheibe anliegen, d.h. um die Regelscheibe entlang der Regelscheiben-Rotationsachse auf unterschiedlichen Höhen abrichten zu können. Da die Schleifscheibe beim Einstechschleifen spiegelbildlich die Form der rund zu schleifenden Werkstücke vorgibt, kann es vorgesehen sein, auch die Schleifscheibe, vorzugsweise mittels der höhenverstellbaren Abrichteinrichtung, vor dem Schleifen abzurichten und zwar ebenfalls dort, wo die Werkstücke entsprechend der höhenversetzten Anordnung beim Schleifen an der Schleifscheibe anliegen. Insbesondere kann es vorgesehen sein, die Schleifscheibe, vorzugsweise mittels der höhenverstellbaren Abrichteinrichtung, entlang der Schleifscheiben-Rotationsachse auf unterschiedliche Durchmesser abzurichten, damit die Schleifscheiben mit den höhenversetzt hintereinander angeordneten Werkstücken jeweils in Kontakt steht.

[0016] Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zum simultanen Spitzenlos-Rundschleifen mehrerer zumindest abschnittsweise rotationssymmetrischer Werkstücke, insbesondere zum Durchführen des zuvor beschriebenen erfindungsgemässen Verfahrens, wobei die Vorrichtung wenigstens eine Schleifscheibe und wenigstens eine Regelscheibe aufweist, zwischen denen die Werkstücke zum Schleifen auf einer Auflageeinrichtung in Richtung ihrer Rotationsachsen hintereinander anor-

denbar sind. Die Schleifvorrichtung ist derart ausgebildet, dass die Rotationsachse der Regelscheibe gegenüber einer zu den Rotationsachsen der Schleifscheibe und der Werkstücke parallel verlaufenden, insbesondere horizontalen Ebene um einen Neigungswinkel neigbar ist. In erfindungsgemässer Weise ist die Auflageeinrichtung der Schleifvorrichtung derart ausgebildet, dass die Werkstücke beim Schleifen bezüglich der parallel verlaufenden Ebene entsprechend wenigstens einem Viertel des, insbesondere wenigstens dem halben, bevorzugt wenigstens dreiviertel des Neigungswinkels der Regelscheiben-Rotationsachse zueinander höhenversetzt angeordnet sind, um beim Schleifen die jeweiligen Anlagewinkel der Werkstücke an die geneigte Regelscheibe anzugleichen. D.h. die Auflageeinrichtung der Schleifvorrichtung ist derart ausgebildet, dass die höhenversetzte Anordnung, insbesondere eine gedachte Verbindungslinie durch die geometrischen Schwerpunkte der höhenversetzt angeordneten bzw. anordenbaren Werkstücke, entlang einer Linie verläuft, die gegenüber der parallel verlaufenden Ebene wenigstens um ein Viertel des, insbesondere wenigstens um den halben, bevorzugt wenigstens um dreiviertel des Neigungswinkels der Regelscheiben-Rotationsachse geneigt ist.

[0017] Wie bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Verfahren beschrieben, kann es gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der erfindungsgemässen Schleifvorrichtung vorgesehen sein, dass die Auflageeinrichtung derart ausgebildet ist, dass beim Schleifen eine gedachte Verbindungslinie durch die geometrischen Schwerpunkte der auf der Auflageeinrichtung lagerbaren bzw. gelagerten Werkstücke parallel zur geneigten Rotationsachse der Regelscheibe verläuft. Entsprechend kann es auch vorgesehen sein, dass die Auflagelageeinrichtung derart ausgebildet ist, dass die Werkstücke beim Schleifen entsprechend dem Neigungswinkel der Regelscheiben-Rotationsachse derart zueinander höhenversetzt angeordnet sind, dass die Werkstücke jeweils im Wesentlichen einen gleichen Anlagewinkel an die geneigte Regelscheibe aufweisen. In Bezug zur Vorrichtung sind der "Anlagewinkel" und das Merkmal "im Wesentlichen gleiche Anlagewinkel" analog wie bei dem erfindungsgemässen Verfahren zu stehen.

[0018] Gemäss einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung weist die Auflageeinrichtung zur Aufnahme der mehreren Werkstücke entsprechend mehrere in Richtung der Werkstück-Rotationsachsen hintereinander angeordnete Auflagen auf, die entsprechend dem Neigungswinkel der Rotationsachse der Regelscheibe zueinander höhenversetzt angeordnet sind. Insbesondere kann es vorgesehen sein, dass die Auflageeinrichtung zur Aufnahme der mehreren Werkstücke treppenförmig ausgebildet ist bzw. dass die Auflagen treppenförmig hintereinander angeordnet sind. Jede der Auflagen kann beispielsweise eine schräge Auflagefläche ähnlich einer Anlaufschräge aufweisen, die quer, insbesondere senkrecht zur Rotationsachse des darauf lagerbaren Werkstücks bzw. quer, insbesondere senk-

recht zum Schleifspalt in Richtung der Schleifscheibe ansteigt. Die schräge Auflagefläche schliesst mit der zu den Werkstück-Rotationsachsen und der Schleifscheiben-Rotationsachse parallel verlaufenden, insbesondere horizontalen Ebene den sogenannten Werkstückauflagewinkel ein, der in der Regel zwischen 10° und 50°, insbesondere zwischen 30° und 45° liegt.

[0019] Gemäss einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann es vorgesehen sein, dass die zueinander höhenversetzten Auflagen für die Werkstücke beispielsweise als jeweils voneinander separate Bauteile ausgebildet sein. Des Weiteren ist denkbar, dass diese separaten Auflagen an oder auf einem gemeinsamen Auflageträger angeordnet sind.

[0020] Um die Überhöhung der Werkstücke gegenüber den Rotationsachsen der Regelscheibe und Schleifscheibe einstellen zu können, kann es weiterhin vorgesehen sein, dass die Auflageeinrichtung als Ganzes, etwa über den bzw. mit Hilfe des gemeinsamen Auflageträger(s), höhenverstellbar ausgebildet ist. Hierzu kann die Auflageeinrichtung insbesondere eine einstellbare, vorzugsweise aktuatorbetriebene Höhenverstelleinrichtung aufweisen. Ferner kann es vorgesehen sein, dass die Auflageeinrichtung als Ganzes austauschbar ausgebildet ist, damit die Schleifvorrichtung mit verschiedenen Auflageeinrichtungen in Abhängigkeit der Geometrie der zu schleifenden Werkstücke im Sinne eines Austausches ausgerüstet werden kann.

[0021] Um eine Feinjustierung des Höhenversatzes der einzelnen Werkstücke und/oder eine Anpassung/Adaption der Auflageeinrichtung zum simultanen Schleifen von Werkstücken unterschiedlicher Geometrie zu ermöglichen, kann es nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen sein, dass wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen separat höhenverstellbar ausgebildet ist. Im Speziellen kann es vorgesehen sein, dass wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen als separat höhenverstellbarer Auflagekörper ausgebildet ist. Hierzu können jeweils einstellbare, vorzugsweise aktuatorbetriebene Höhenverstelleinrichtungen vorgesehen sein. Die separat höhenverstellbaren Auflagekörper können des Weiteren auch auf oder an einem gemeinsamen Auflageträger angeordnet sein, welcher wiederum insbesondere dazu dienen kann, die Auflageeinrichtung als Ganzes, d.h. die separat höhenverstellbaren Auflagekörper global, in der Höhe zu verstellen.

[0022] Für bestimmte Anwendungen kann es ferner erforderlich sein, die Auflagefläche der Auflageeinrichtung gegenüber der Rotationsachse der Schleifscheibe, insbesondere aus der Horizontalen heraus zu neigen. Hierzu kann es nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, dass wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen separat gegenüber der Rotationsachse der Schleifscheibe, insbesondere aus der Horizontalen neigbar ist. Hierzu kann die Auflageeinrichtung insbesondere

eine einstellbare, vorzugsweise aktuatorbetriebene Neigungsverstelleinrichtung aufweisen. Insbesondere kann wenigstens einer der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen als gegenüber der Rotationsachse der Schleifscheibe, insbesondere aus der Horizontalen separater neigbarer Auflagekörper ausgebildet sein. Hierzu kann entsprechend für die Auflagekörper je eine Neigungsverstelleinrichtung vorgesehen sein. Denkbar ist aber auch, dass die Auflagen bzw. Auflagekörper auf oder an einem gemeinsamen Auflagekörper angeordnet sind, der etwa mit Hilfe einer Neigungsverstelleinrichtung gegenüber der Rotationsachse der Schleifscheibe, insbesondere aus der Horizontalen neigbar ist.

[0023] Im Vergleich zur zuvor beschriebenen separat höhenverstellbaren Auflageeinrichtung kann auch eine technisch einfacher zu realisierende, jedoch gleichsam sehr präzise und stabile Auflageeinrichtung vorgesehen sein, die beispielsweise darin besteht, dass wenigstens zwei der Auflagen, insbesondere alle Auflagen, entsprechend dem Neigungswinkel der Rotationsachse der Regelscheibe zueinander starr höhenversetzt angeordnet bzw. ausgebildet sind. Insbesondere können die wenigstens zwei der Auflagen, insbesondere alle Auflagen einstückig, integral oder monolithisch ausgebildet sein.

[0024] Aufgrund der vorgesehenen Neigung der Regelscheiben-Rotationsachse erfahren die Werkstücke beim Schleifen in Richtung ihrer Rotationsachse einen Vorschub, um die Werkstück wohl definiert gegen einen Anschlag zu drücken und in axialer Richtung stabil in der Schleifvorrichtung zu halten. Dementsprechend ist es gemäss einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung denkbar, dass beim erfindungsgemässen Verfahren für jedes Werkstück wenigstens einen Anschlag vorgesehen ist bzw. die erfindungsgemässe Schleifvorrichtung für jedes Werkstück wenigstens einen Anschlag aufweist, an dem das Werkstück beim Schleifen in Richtung seiner Rotationsachse anliegt. Alternativ kann der Anschlag beispielsweise aber auch durch eine entsprechende Profilierung der Regelscheibe, etwa durch einen radialen Versatz, realisiert sein, an der das Werkstück formschlüssig anliegt und so gegen ein axiales Verschieben gesichert ist.

[0025] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Schleifscheibe mehrere auf ihrer Rotationsachse hintereinander angeordnete Teilschleifscheiben umfasst und die Regelscheibe mehrere auf ihrer Rotationsachse hintereinander angeordnete Teilregelscheiben aufweist. Bevorzugt sind pro zu schleifendem Werkstück je eine Teilschleifscheibe und je eine Teilregelscheibe vorgesehen.

[0026] Wie bereits im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Verfahren beschrieben, so kann zum Zwecke der individuellen gezielten Abrichtung der Regelscheibe an die höhenversetzte Anordnung der zu schleifenden Werkstücke die Schleifvorrichtung gemäss einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wenigstens eine zuführbare, insbesondere höhenverstellbare Abrichteinrichtung zum Abrichten der wenig-

ten einen Regelscheibe, bevorzugt auch der wenigstens einen Schleifscheibe aufweisen, um die Regelscheibe vor dem Schleifen an jenen Stellen gezielt abzurichten, an denen die Werkstücke entsprechend der höhenversetzten Anordnung beim Schleifen an der Regelscheibe anliegen.

[0027] Die vorgeschlagene Schleifeinrichtung kann entweder derart ausgebildet sein, dass die Rotationsachse der Werkstücke zum Realisieren des Gerad-Einstechschleifens parallel zur Schleifscheiben-Rotationsachse verläuft. Umgekehrt kann die Schleifvorrichtung jedoch auch derart ausgebildet sein, dass die Rotationsachse der Schleifscheibe gegenüber den Rotationsachsen der Werkstücke um einen Winkel abgewinkelt verläuft, insbesondere innerhalb der Horizontalen, um das Schräg-Einstichschleifen zu realisieren.

[0028] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner die Verwendung einer zuvor beschriebenen erfindungsgemässen Vorrichtung zum Durchführen des eingangs beschriebenen erfindungsgemässen Verfahrens.

[0029] Weitere Einzelheiten der Erfindung und insbesondere eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung werden im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein mögliches Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Schleifvorrichtung zum simultanen Spitzenlos-Rundschleifen mehrerer Werkstücke in Frontansicht;

Fig. 2 Horizontalschnitt durch die Schleifvorrichtung gemäss Fig. 1; und

Fig. 3 Vertikalschnitt durch die Schleifvorrichtung gemäss Fig. 1.

[0030] Die Fig. 1 bis 3 zeigen ein mögliches Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Schleifvorrichtung 1 zum simultanen Spitzenlos-Rundschleifen mehrerer Werkstücke 11, 12, 13, 14. Vorliegend handelt es sich bei den Werkstücken 11, 12, 13, 14 um identische, im Wesentlichen rotationssymmetrische Zylinderkörper, die mithilfe der erfindungsgemässen Schleifvorrichtung 1 bzw. gemäss dem erfindungsgemässen Rundschleifverfahren auf einen einheitlich gleich grossen und gleich runden Durchmesser geschliffen werden sollen.

[0031] Die Fig. 1 bis 3 zeigen den Vorgang des spitzenlosen Rundschleifens in schematische Darstellung. Die Werkstücke 11, 12, 13, 14 sind im sogenannten Schleifspalt zwischen der Schleifscheibe 110 und der Regelscheibe 120 in Richtung der Werkstück-Rotationsachsen 11.1, 12.1, 13.1, 14.1 hintereinander angeordnet und auf einer linealartigen Auflageeinrichtung 200 gelagert. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel umfassen sowohl die Regelscheibe 120 als auch die Schleifscheibe 110 pro Werkstück 11, 12, 13, 14 jeweils eine Teilregelscheibe 121, 122, 123, 124 und jeweils eine Teilschleifscheibe 111, 112, 113, 114. Sämtliche Teilregelscheiben

121, 122, 133, 124 bzw. sämtliche Teilschleifscheiben 111, 112, 113, 114 sind jeweils auf einer gemeinsamen Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 bzw. einer gemeinsamen Schleifscheiben-Rotationsachse 110.1 angeordnet, über die die Teilschleifscheiben bzw. Teilregelscheiben in Rotation versetzt werden können. Im dargestellten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Schleifvorrichtung 1 befinden sich sämtliche Werkstücke 11, 12, 13, 14 über der Verbindungslinie zwischen der Schleifscheiben-Rotationsachse 110.1 und der Regelscheiben-Rotationsachse 120.1, d.h. es wird "über der Mitte" geschliffen. Die Tangente T an die Teilregelscheiben 121, 122, 123, 124 im Berührungspunkt der Werkstücke 11, 12, 13, 14 schliessen gegenüber der Vertikalen bzw. Lotrechten L den sogenannten Anlagewinkel γ der Werkstücke 11, 12, 13, 14 an die jeweilige Teilregelscheibe 121, 122, 133, 124 ein, welcher für die zu erreichende Rundheit der Werkstücke 11, 12, 13, 14 kritisch ist.

[0032] Während des Schleifvorgangs werden die Werkstücke 11, 12, 13, 14 von der langsam drehenden Teilregelscheiben 121, 122, 133, 124 angetrieben und von den im Vergleich dazu schneller drehenden Teilschleifscheiben 111, 112, 113, 114 zerspannt. Die Auflageeinrichtung und die Teilschleifscheiben 111, 112, 113, 114 stützen das Werkstück auf wenigstens einem Teil seiner Länge ab und nehmen die auftretenden Zerspanungskräfte auf. Die vorliegend gezeigte Schleifvorrichtung 1 dient zum sogenannten Gerad-Einstichschleifen. Dazu sind die Schleifscheiben-Rotationsachse 110.1 und die Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 im Wesentlichen achsparallel nebeneinander angeordnet. Die Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 ist jedoch gegenüber einer parallel zur Schleifscheiben-Rotationsachse 110.1 und zu den Werkstück-Rotationsachsen 11.1, 12.1, 13.1, 14.1 parallel verlaufenden Horizontalebene um einen Neigungswinkel α geneigt. Für das Einstechschleifen beträgt der Neigungswinkel α typischerweise etwa $0,5^\circ$. Hierdurch wird auf die Werkstücke 11, 12, 13, 14 aufgrund der Rotation der Teilregelscheiben 121, 122, 123, 124 ein Vorschub in Richtung der Werkstück-Rotationsachsen 11.1, 12.1, 13.1, 14.1 erzeugt, der dazu genutzt wird, die Werkstücke 11, 12, 13, 14 gegen einen jeweiligen (Axial-)Anschlag 311, 312, 313, 314 zu drücken, um diese in axialer Richtung stabil in der Schleifvorrichtung 1 zu halten.

[0033] Aufgrund der Neigung der Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 würden die Werkstücke 11, 12, 13, 14 bei einer Anordnung auf horizontal gleicher Höhe - wie bisher im Stand der Technik praktiziert - jeweils mit unterschiedlichen Anlagewinkel γ an den Teilregelscheiben 121, 122, 123, 124 anliegen. In erfindungsgemässer Weise wurde jedoch erkannt, dass dies zu unterschiedlichen Schleifergebnissen, insbesondere unterschiedlichen Rundheiten und Durchmesser der in einem Schleifzyklus simultan geschliffenen Werkstücke 11, 12, 13, 14 führt. Um dem entgegenzuwirken, ist es gemäss der vorliegenden Erfindung vorgesehen, die Werkstücke

11, 12, 13, 14 im Schleifspalt entsprechend dem Neigungswinkel α der Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 zueinander höhenversetzt anzuordnen und zwar bevorzugt - wie im vorliegenden Ausführungsbeispiel - derart, dass die Werkstücke jeweils im Wesentlichen einen gleichen Anlagewinkel γ an die geneigte Regelscheibe 120 aufweisen, insbesondere, dass die Anlagewinkel γ aller Werkstücke 11, 12, 13, 14 an die jeweilige Teilregelscheibe 121, 122, 133, 124 gleich bzw. identisch sind. Hierzu sind die Werkstücke 11, 12, 13, 14 - wie in Fig. 3 gezeigt - auf der Auflageeinrichtung 200 derart höhenversetzt hintereinander angeordnet, dass eine gedachte Verbindungslinie LS durch die geometrischen Schwerpunkte S der Werkstücke 11, 12, 13, 14 parallel zur geneigten Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 verläuft.

[0034] Das hier gezeigte Ausführungsbeispiel der Schleifvorrichtung 1 zeigt eine mögliche und besonders vorteilhafte Ausgestaltung der Auflageeinrichtung 200, um die erfindungsgemässe höhenversetzte Anordnung der Werkstücke 11, 12, 13, 14 entsprechend dem Neigungswinkel α der Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 zu realisieren. Für jedes der Werkstücke 11, 12, 13, 14 weist die Auflageeinrichtung je eine Auflage 211, 212, 213, 214 mit je einer quer zum Schleifspalt in Richtung Schleifscheibe 110 schräg ansteigenden Auflagefläche auf, auf der die entsprechenden Werkstückes 11, 12, 13, 14 beim Schleifen aufliegen. Die verschiedenen Auflagen 211, 212, 213, 214 sind entsprechend dem Neigungswinkel α der Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 in axialer Richtung, d.h. entlang des Schleifspalts treppenartig zueinander versetzt. Insbesondere sind die Auflagen 211, 212, 213, 214 im vorliegenden Ausführungsbeispiel als voneinander separat höhenverstellbare Auflagekörper 201, 202, 203, 204 ausgebildet (angedeutet durch die Doppelpfeile in Fig. 3). Dadurch kann in vorteilhafter Weise eine Feinjustierung des Höhenversatzes der einzelnen Werkstücke 11, 12, 13, 14 und/oder eine Anpassung/Adaption der Auflageeinrichtung 200 zum simultanen Schleifen von Werkstücken unterschiedlicher Geometrie ermöglicht werden. Sämtliche Auflagekörper 201, 202, 203, 204 sind auf einem gemeinsamen Auflagenträger 230 angeordnet, welcher wiederum selbst höhenverstellbar ausgebildet ist, um die Höhe der gesamten Auflageeinrichtung 200 global einstellen zu können. Zur Höhenverstellung der Auflagekörper 201, 202, 203, 204 und des Auflagenträgers 230 können beispielsweise Stellschrauben oder Aktuatoren vorgesehen sein.

[0035] Um die Regelscheibe 120 bzw. die Teilregelscheiben 121, 122, 123, 124 entlang der Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 auf unterschiedlichen Höhen entsprechend der höhenversetzten Anordnung der Werkstücke abrichten zu können, kann es vorgesehen sein, dass die Schleifvorrichtung 1 eine hier nicht gezeigte höhenverstellbare Abrichteinrichtung aufweist. Neben der Höhenverstellbarkeit kann die Abrichteinrichtung selbstverständlich auch in axialer Richtung entlang des

Schleifspaltes und/oder in der Horizontalen verstellbar bzw. zuführbar ausgebildet sein. Auch kann es vorgesehen sein, die Schleifscheibe 110 bzw. die Teilschleifscheiben 111, 112, 113, 114, vorzugsweise mittels der höhenverstellbaren Abrichteinrichtung, vor dem Schleifen abzurichten und zwar ebenfalls dort, wo die Werkstücke entsprechend der höhenversetzten Anordnung beim Schleifen an der Schleifscheibe anliegen. Insbesondere kann es vorgesehen sein, die Schleifscheibe 110 bzw. die Teilschleifscheiben 111, 112, 113, 114 entlang der Schleifscheiben-Rotationsachse 110.1 auf unterschiedliche Durchmesser abzurichten, um die Schleifscheibe 110 bzw. die Teilschleifscheiben 111, 112, 113, 114 aufgrund der höhenversetzten Anordnung mit den Werkstücken 11, 12, 13, 14 jeweils in optimalen Schleifkontakt zu bringen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum simultanen Spitzenlos-Rundschleifen mehrerer, zumindest abschnittsweise rotations-symmetrischer Werkstücke (11, 12, 13, 14), wobei die Werkstücke (11, 12, 13, 14) zum Schleifen zwischen wenigstens einer Schleifscheibe (110) und wenigstens einer Regelscheibe (120) auf einer Auf-lagelageeinrichtung (200) in Richtung der Werk-stück-Rotationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) hin-tereinander angeordnet werden und wobei die Re-gelscheiben-Rotationsachse (120.1) gegenüber einer zu den Werkstück-Rotationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) und der Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) parallel verlaufenden, insbesondere hori-zontalen Ebene um einen Neigungswinkel (α) ge-neigt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Werkstücke (11, 12, 13, 14) beim Schleifen bezüg-lich der parallel verlaufenden Ebene entsprechend wenigstens einem Viertel, insbesondere wenigstens dem halben, bevorzugt wenigstens dreiviertel des Neigungswinkels (α) der Regelscheiben-Rotations-achse (120.1) zueinander höhenversetzt angeord-net sind, um die jeweiligen Anlagewinkel (γ) der Werkstücke an die geneigte Regelscheibe (120) an-zugleichen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekenn-zeichnet, dass** die Werkstücke (11, 12, 13, 14) beim Schleifen entsprechend dem Neigungswinkel (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) auf der Auf-lagelageeinrichtung (200) derart höhenversetzt hintereinander angeordnet sind, dass eine gedachte Verbindungslinie (LS) durch die geometrischen Schwerpunkte (S) der Werkstücke (11, 12, 13, 14) parallel zur geneigten Regelscheiben-Rotationsach-se (120.1) verläuft; und/oder die Werkstücke (11, 12, 13, 14) beim Schleifen entsprechend dem Neigungs-winkel (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) auf der Auf-lagelageeinrichtung (200) derart

höhenversetzt hintereinander angeordnet sind, dass die Werkstücke jeweils im Wesentlichen einen glei-chen Anlagewinkel (γ) an die geneigte Regelscheibe (120) aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch ge-kennzeichnet, dass** die Regelscheibe (120) vor dem Schleifen mittels einer höhenverstellbaren Ab-richteinrichtung (500) an jenen Stellen abgerichtet wird, an denen die Werkstücke (11, 12, 13, 14) ent-sprechend der höhenversetzten Anordnung beim Schleifen an der Regelscheibe (120) anliegen.
4. Vorrichtung (1) zum simultanen Spitzenlos-Rund-schleifen mehrerer, zumindest abschnittsweise ro-tationssymmetrischer Werkstücke (11, 12, 13, 14), insbesondere zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, mit wenigstens einer Schleifscheibe (110) und wenigstens einer Re-gelscheibe (120), zwischen denen die Werkstücke (11, 12, 13, 14) zum Schleifen auf einer Auf-lagela-gereinrichtung (200) in Richtung der Werkstück-Ro-tationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) hintereinander anordenbar sind und wobei die Regelscheiben-Ro-tationsachse (120.1) gegenüber einer zu den Werk-stück-Rotationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) und der Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) parallel verlaufenden, insbesondere horizontalen Ebene um einen Neigungswinkel (α) neigbar ist, **dadurch ge-kennzeichnet, dass** die Auf-lagelageeinrichtung (200) derart ausgebildet ist, dass die Werkstücke (11, 12, 13, 14) beim Schleifen bezüglich der parallel verlaufenden Ebene entsprechend wenigstens ei-nem Viertel des, insbesondere wenigstens dem hal-ben, bevorzugt wenigstens dreiviertel des Neigungs-winkels (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) zueinander höhenversetzt angeordnet sind, um die jeweiligen Anlagewinkel (γ) der Werkstücke an die geneigte Regelscheibe (120) anzugleichen.
5. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekenn-zeichnet, dass** die Auf-lagelageeinrichtung (200) derart ausgebildet ist, dass beim Schleifen eine ge-dachte Verbindungslinie (LS) durch die geometri-schen Schwerpunkte (S) der Werkstücke (11, 12, 13, 14) parallel zur geneigten Regelscheiben-Ro-tationsachse (120.1) verläuft; und/oder die Auf-lagela-gereinrichtung (200) derart ausgebildet ist, dass die Werkstücke (11, 12, 13, 14) beim Schleifen ent-sprechend dem Neigungswinkel (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) derart zueinander höhen-versetzt angeordnet sind, dass die Werkstücke je-weils im Wesentlichen einen gleichen Anlagewinkel (γ) an die geneigte Regelscheibe (120) aufweisen.
6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auf-lagelageeinrichtung (200) als Ganzes höhenverstellbar ausgebildet ist

und/oder dass die Auflagelageeinrichtung (200) als Ganzes austauschbar ausgebildet ist.

7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Auflagelageeinrichtung (200) zur Aufnahme der mehreren Werkstücke (11, 12, 13, 14) mehrere in Richtung ihrer Rotationsachsen hintereinander angeordnete Auflagen (211, 212, 213, 214) aufweist, die entsprechend dem Neigungswinkel (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) zueinander höhenversetzt angeordnet sind, insbesondere dass die Auflagelageeinrichtung (200) zur Aufnahme der mehreren Werkstücke (11, 12, 13, 14) treppenförmig ausgebildet ist bzw. dass die Auflagen (211, 212, 213, 214) treppenförmig hintereinander angeordnet sind. 5
8. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen (211, 212, 213, 214) separat höhenverstellbar ausgebildet ist, insbesondere dass wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen (211, 212, 213, 214) als separat höhenverstellbarer Auflagenkörper ausgebildet ist. 10
9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen (211, 212, 213, 214) separat gegenüber der Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) aus der Horizontalen neigbar ist, insbesondere dass wenigstens eine der mehreren, vorzugsweise jede der mehreren Auflagen (211, 212, 213, 214) als gegenüber der Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) aus der Horizontalen separat neigbarer Auflagenkörper ausgebildet ist. 15
10. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens zwei der Auflagen (211, 212, 213, 214) entsprechend dem Neigungswinkel (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) zueinander starr höhenversetzt, insbesondere nicht separat höhenverstellbar, angeordnet sind. 20
11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheibe (110) mehrere auf der Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) hintereinander angeordnete Teilschleifscheiben (111, 112, 113, 114) umfasst und die Regelscheibe (120) mehrere auf der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) hintereinander angeordnete Teilregelscheiben (121, 122, 123, 124) umfasst, wobei bevorzugt pro zu schleifendem Werkstück (11, 12, 13, 14) je eine Teilschleifscheibe (111, 112, 113, 114) und je eine Teilregelscheibe 121, 122, 123, 124) vorgesehen sind. 25

12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (1) für jedes Werkstück (11, 12, 13, 14) wenigstens einen Anschlag (311, 312, 313, 314) aufweist, an dem das Werkstück beim Schleifen in Richtung der Werkstück-Rotationsachse (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) anliegt. 30
13. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung (1) wenigstens eine zuführbare, insbesondere höhenverstellbare Abrichteinrichtung zum Abrichten der wenigstens einen Regelscheibe (120) und/oder der wenigstens einen Schleifscheibe (110) aufweist, insbesondere um die Regelscheibe (120) vor dem Schleifen an jenen Stellen abzurichten, an denen die Werkstücke (11, 12, 13, 14) entsprechend der höhenversetzten Anordnung beim Schleifen an der Regelscheibe (120) anliegen. 35
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) zum Gerad-Einstichschleifen im Wesentlichen parallel zu den der Werkstück-Rotationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) verläuft oder dass die Schleifscheiben-Rotationsachse (110.1) zum Schräg-Einstichschleifen gegenüber den Werkstück-Rotationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) um abgewinkelt verläuft. 40
15. Verwendung einer Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 14 zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3. 45

Claims

1. Method for simultaneous centreless cylindrical grinding of multiple workpieces (11, 12, 13, 14) at least sections of which are rotationally symmetrical, wherein the workpieces (11, 12, 13, 14) for grinding are arranged one behind the other in the direction of the workpiece axes of rotation (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) on a support apparatus (200) between at least one grinding wheel (110) and at least one regulating wheel (120), and wherein the regulating wheel axis of rotation (120.1) is inclined by an inclination angle (α) with respect to a particularly horizontal plane extending parallel to the workpiece axes of rotation (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) and the grinding wheel axis of rotation (110.1), **characterised in that** during grinding the workpieces (11, 12, 13, 14) are disposed with a height offset with respect to each other corresponding to at least a quarter, particularly at least half, preferably at least three quarters of the inclination angle (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1) relative to the parallel plane so that the respective bearing angles (γ) of the workpieces on the 50

inclined regulating wheel (120) are rendered consistent.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** during grinding the workpieces (11, 12, 13, 14) are disposed one behind the other on the support apparatus (200) with a height offset corresponding to the inclination angle (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1) in such manner that a notional connecting line (LS) through the geometrical centres of gravity (S) of the workpieces (11, 12, 13, 14) extends parallel to the inclined regulating wheel axis of rotation (120.1); and/or during grinding the workpieces (11, 12, 13, 14) are disposed one behind the other on the support apparatus (200) with a height offset corresponding to the inclination angle (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1) in such manner that each of the workpieces have substantially the same bearing angle (γ) on the inclined regulating wheel (120).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the regulating wheel (120) is dressed before grinding by means of a height-adjustable dressing device (500) at the places where the workpieces (11, 12, 13, 14) bear on the regulating wheel (120) during grinding according to their height-adjusted arrangement.
4. Device (1) for simultaneous centreless cylindrical grinding of multiple workpieces of which at least sections are rotationally symmetrical, particularly for carrying out methods according to any one of claims 1 to 3, with at least one grinding wheel (110) and at least one regulating wheel (120), between which the workpieces (11, 12, 13, 14) can be disposed for grinding on a support apparatus (200) one behind the other in the direction of the axes of rotation (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) and wherein the regulating wheel axis of rotation (120.1) is tiltable about an inclination angle (α) with respect to a particularly horizontal plane which extends parallel to the workpiece axes of rotation (11.1, 12.1, 13.1, 14.1), and the grinding wheel axis of rotation (110.1), **characterised in that** the support apparatus (200) is constructed in such manner that during grinding the workpieces (11, 12, 13, 14) are arranged with a height offset with respect to each other that corresponds to at least a quarter, particularly at least half, preferably at least three quarters of the inclination angles (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1) relative to the parallel plane, so that the respective bearing angles (γ) of the workpieces on the inclined regulating wheel (120) can be made consistent.
5. Device (1) according to claim 4, **characterised in that** the support apparatus (200) is constructed in such manner that during grinding a notional connect-

ing line (LS) through the geometrical centres of gravity (S) of the workpieces (11, 12, 13, 14) is aligned parallel to the inclined regulating wheel axis of rotation (120.1); and/or the support apparatus (200) is constructed in such manner that during grinding the workpieces (11, 12, 13, 14) are arranged with a height offset with respect to each other corresponding to the inclination angle (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1) in such manner that each workpiece bears on the inclined regulating wheel (120) at substantially the same bearing angle (γ).

6. Device (1) according to claim 4 or 5, **characterised in that** the support apparatus (200) is constructed so as to be height-adjustable as a whole and/or that the support apparatus (200) is constructed so as to be replaceable as a whole.
7. Device (1) according to any one of claims 4 to 6, **characterised in that** the support apparatus (200) is equipped with multiple supports (211, 212, 213, 214) arranged one behind the other in the direction of the axes of rotation thereof to support the multiple workpieces (11, 12, 13, 14), which supports are arranged with height offset relative to each other corresponding to the inclination angle (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1), in particular that the support apparatus (200) is designed in step-like manner to support the multiple workpieces (11, 12, 13, 14) or rather that the supports (211, 212, 213, 214) are arranged one behind the other in a stepped configuration.
8. Device (1) according to claim 7, **characterised in that** at least one, preferably each of the multiple supports (211, 212, 213, 214) is constructed so as to be separately height-adjustable, in particular that at least one, preferably each of the multiple supports (211, 212, 213, 214) is constructed as a separately height-adjustable support element.
9. Device (1) according to claim 7 or 8, **characterised in that** at least one, preferably each of the multiple supports (211, 212, 213, 214) is separately tiltable out of the horizontal with respect to the grinding wheel axis of rotation (110.1), in particular that at least one, preferably each of the multiple supports (211, 212, 213, 214) is constructed as a support element that is separately tiltable out of the horizontal with respect to the grinding wheel axis of rotation (110.1).
10. Device (1) according to any one of claims 7 to 9, **characterised in that** at least two of the supports (211, 212, 213, 214) are fixedly arranged with a height-offset with respect to each other corresponding to the inclination angle (α) of the regulating wheel axis of rotation (120.1), in particular that they are not

separately height-adjustable.

11. Device (1) according to any one of claims 4 to 10, **characterised in that** the grinding wheel (110) comprises multiple partial grinding wheels (111, 112, 113, 114) arranged one behind the other on the grinding wheel axis of rotation (110.1), and the regulating wheel (120) comprises multiple partial regulating wheels (121, 122, 123, 124) arranged one behind the other on the regulating wheel axis of rotation (120.1), wherein preferably one partial grinding wheel (111, 112, 113, 114) and one partial regulating wheel (121, 122, 123, 124) are provided for each workpiece (11, 12, 13, 14) to be ground.
12. Device (1) according to any one of claims 4 to 11, **characterised in that** the device (1) has at least one limit stop (311, 312, 313, 314) for each workpiece (11, 12, 13, 14), on which the workpiece bears in the direction of the axis of rotation of the workpiece (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) during grinding.
13. Device (1) according to any one of claims 4 to 12, **characterised in that** the device (1) is equipped with at least one movable, particularly height-adjustable dressing device for dressing the at least one regulating wheel (120) and/or the at least one grinding wheel (110), in particular in order to dress the regulating wheel (120) before grinding at the places where the workpieces (11, 12, 13, 14) bear on the regulating wheel (120) according to their height-offset arrangement.
14. Device (1) according to any one of claims 4 to 13, **characterised in that** the grinding wheel axis of rotation (110.1) extends substantially parallel to the workpiece axes of rotation (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) for inline plunge grinding or that the grinding wheel axis of rotation (110.1) is aligned at an angle to the workpiece axes of rotation (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) for offset plunge grinding.
15. Use of a device (1) according to any one of claims 4 to 14 for performing a method according to any one of claims 1 to 3.

Revendications

1. Procédé, destiné à la rectification cylindrique centerless simultanée de plusieurs pièces à usiner (11, 12, 13, 14) symétriques en rotation au moins par segments, lors duquel, pour la rectification, on place les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) l'une derrière l'autre entre au moins un disque abrasif (110) et au moins un disque régulateur (120) sur un système de dépose (200) dans la direction des axes de rotation des pièces à usiner (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) et lors

duquel on incline l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1) par rapport à un plan s'écoulant à la parallèle des axes de rotation des pièces à usiner (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) et de l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1), notamment horizontal, de la valeur d'un angle d'inclinaison (α), **caractérisé en ce que** lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) sont placées avec un déport en hauteur mutuel par rapport au plan s'écoulant à la parallèle correspondant à au moins un quart, notamment à au moins la moitié, de préférence à au moins les trois-quarts de l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1), pour adapter les angles d'appui (γ) respectifs des pièces à usiner au disque régulateur (120) incliné.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) sont placées l'une derrière l'autre, avec un déport en hauteur en fonction de l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1) sur le système de dépose (200) de telle sorte qu'une ligne d'assemblage imaginaire (LS) à travers les centres de gravité géométriques (S) des pièces à usiner (11, 12, 13, 14) s'écoule à la parallèle de l'axe de rotation incliné des disques régulateurs (120.1) ; et/ou **en ce que** lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) sont placées l'une derrière l'autre, avec un déport en hauteur en fonction de l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1) sur le système de dépose (200) de telle sorte que les pièces à usiner présentent chacune un angle d'appui (γ) sensiblement identique sur le disque régulateur (120) incliné.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**avant la rectification, on dresse le disque régulateur (120) au moyen d'un système de dressage (500) réglable en hauteur aux endroits sur lesquels, lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) s'appuient en fonction du placement déporté en hauteur sur le disque régulateur (120).
4. Dispositif (1), destiné à la rectification cylindrique centerless simultanée de plusieurs pièces à usiner (11, 12, 13, 14) symétriques en rotation au moins par segments, notamment à la réalisation d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, pourvu d'au moins un disque abrasif (110) et d'au moins un disque régulateur (120), entre lesquels, pour la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) sont susceptibles d'être placées l'une derrière l'autre sur un système de dépose (200) dans la direction des axes de rotation des pièces à usiner (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) et l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1) étant susceptible d'être incliné par rapport à un plan s'écoulant à la parallèle des axes de rotation des pièces à usiner (11.1, 12.1,

13.1, 14.1) et de l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1), notamment horizontal, de la valeur d'un angle d'inclinaison (α), **caractérisé en ce que** le système de dépose (200) est conçu de telle sorte que lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) soient placées avec un déport mutuel en hauteur par rapport au plan s'écoulant à la parallèle correspondant à au moins un quart, notamment à au moins la moitié, de préférence à au moins les trois-quarts de l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1), pour adapter les angles d'appui (γ) respectifs des pièces à usiner au disque régulateur (120) incliné.

5. Dispositif (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le système de dépose (200) est conçu de telle sorte que lors de la rectification, une ligne d'assemblage imaginaire (LS) à travers les centres de gravité géométriques (S) des pièces à usiner (11, 12, 13, 14) s'écoule à la parallèle de l'axe de rotation incliné des disques régulateurs (120.1) ; et/ou **en ce que** le système de dépose (200) est conçu de telle sorte que lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) soient placées avec un déport mutuel en hauteur par rapport à l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1), de telle sorte que les pièces à usiner présentent chacune sensiblement un angle d'appui (γ) identique sur le disque régulateur (120) incliné.
6. Dispositif (1) selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le système de dépose (200) est conçu en étant réglable en hauteur dans son ensemble et/ou **en ce que** le système de dépose (200) est conçu pour être interchangeable dans son ensemble.
7. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, **caractérisé en ce que** pour recevoir les plusieurs pièces à usiner (11, 12, 13, 14), le système de dépose (200) comporte des surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) placées l'une derrière l'autre dans la direction de ses axes de rotation, qui en fonction de l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1), sont placées avec un déport mutuel en hauteur, notamment **en ce que** pour recevoir les plusieurs pièces à usiner (11, 12, 13, 14), le système de dépose (200) est conçu en forme d'escalier, respectivement **en ce que** les surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) sont placées l'une derrière l'autre en forme d'escalier.
8. Dispositif (1) selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des plusieurs, de préférence chacune des plusieurs surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) est conçue en étant réglable en hauteur séparément, notamment **en ce qu'**au moins l'une des plusieurs, de préférence chacune des plu-

sieurs surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) est conçue en tant que corps d'appui séparément réglable en hauteur.

9. Dispositif (1) selon la revendication 7 ou 8, **caractérisé en ce qu'**au moins l'une des plusieurs, de préférence chacune des plusieurs surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) est inclinable séparément par rapport à l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1) à partir de l'horizontale, notamment **en ce qu'**au moins l'une des plusieurs, de préférence chacune des plusieurs surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) est conçue en tant que corps d'appui inclinable séparément par rapport à l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1) à partir de l'horizontale.
10. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce qu'**au moins deux des surfaces porteuses (211, 212, 213, 214) sont placées en étant mutuellement déportées en hauteur de manière rigide, en fonction de l'angle d'inclinaison (α) de l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1), notamment en n'étant pas réglables en hauteur séparément.
11. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 10, **caractérisé en ce que** le disque abrasif (110) comprend plusieurs disques abrasifs partiels (111, 112, 113, 114), placés l'un derrière l'autre sur l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1) et **en ce que** le disque régulateur (120) comprend plusieurs disques régulateurs partiels (121, 122, 123, 124), placés l'un derrière l'autre sur l'axe de rotation des disques régulateurs (120.1), de préférence pour chaque pièce à usiner (11, 12, 13, 14) qui doit être rectifiée, il est prévu chaque fois un disque abrasif partiel (111, 112, 113, 114) et chaque fois un disque régulateur partiel (121, 122, 123, 124).
12. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 11, **caractérisé en ce que** pour chaque pièce à usiner (11, 12, 13, 14), le dispositif (1) comprend au moins une butée (311, 312, 313, 314) sur lequel lors de la rectification, la pièce à usiner s'appuie dans la direction de l'axe de rotation de la pièce à usiner (11.1, 12.1, 13.1, 14.1).
13. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 12, **caractérisé en ce que** le dispositif (1) comporte au moins un système de dressage susceptible d'être amené, notamment réglable en hauteur pour dresser l'au moins un disque régulateur (120) et/ou l'au moins un disque abrasif (110), notamment pour dresser le disque régulateur (120) avant la rectification aux endroits sur lesquels, lors de la rectification, les pièces à usiner (11, 12, 13, 14) s'appuient en fonction du placement déporté en hauteur sur le disque régulateur (120).

14. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 13, **caractérisé en ce que** pour la rectification rectiligne en plongée, l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1) s'écoule sensiblement à la parallèle des axes de rotation des pièces à usiner (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) ou **en ce que** pour la rectification oblique en plongée, l'axe de rotation des disques abrasifs (110.1) s'écoule suivant un angle par rapport aux axes de rotation des pièces à usiner (11.1, 12.1, 13.1, 14.1).
15. Utilisation d'un dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 4 à 14 pour la réalisation d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

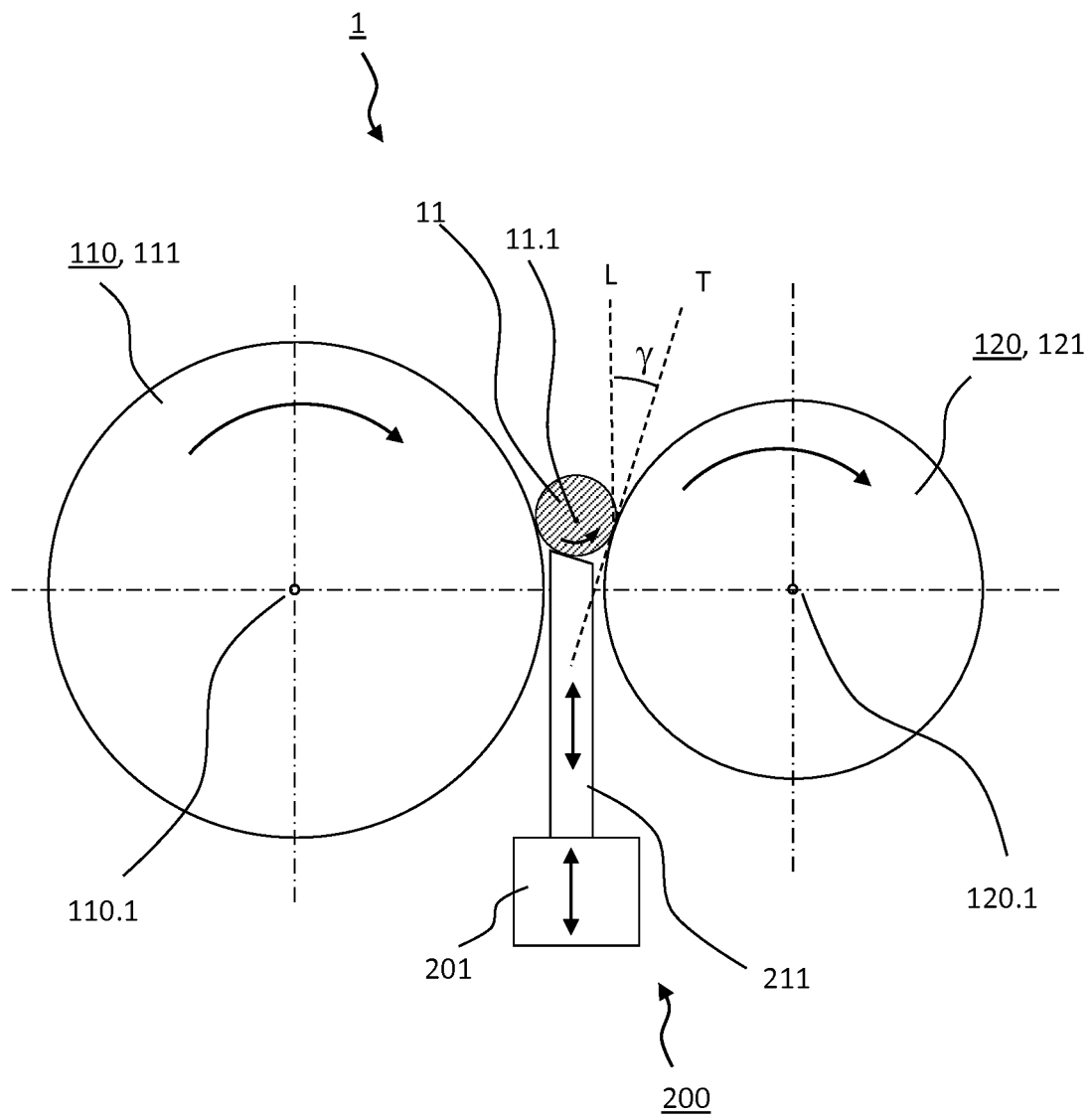


Fig. 1

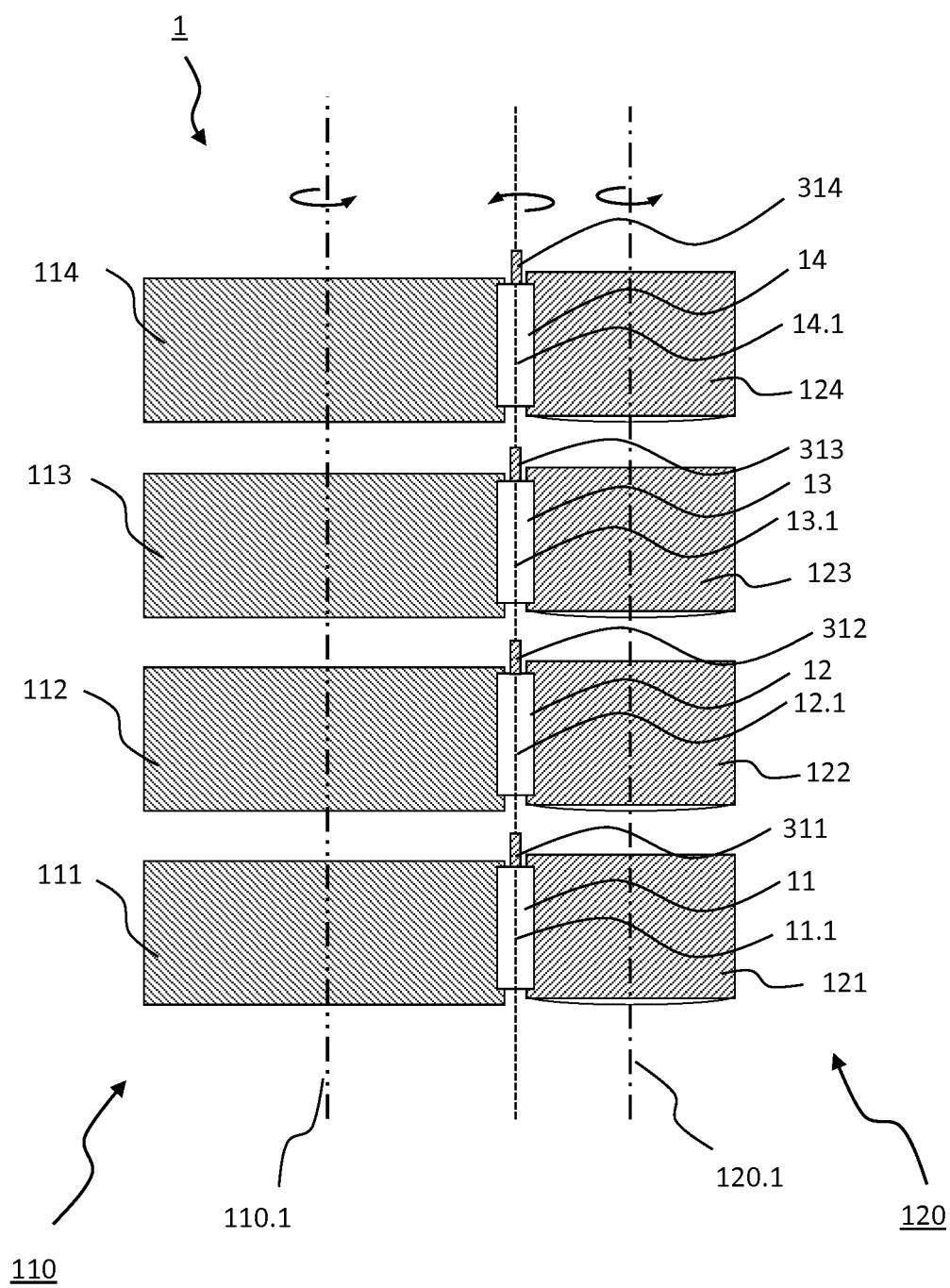
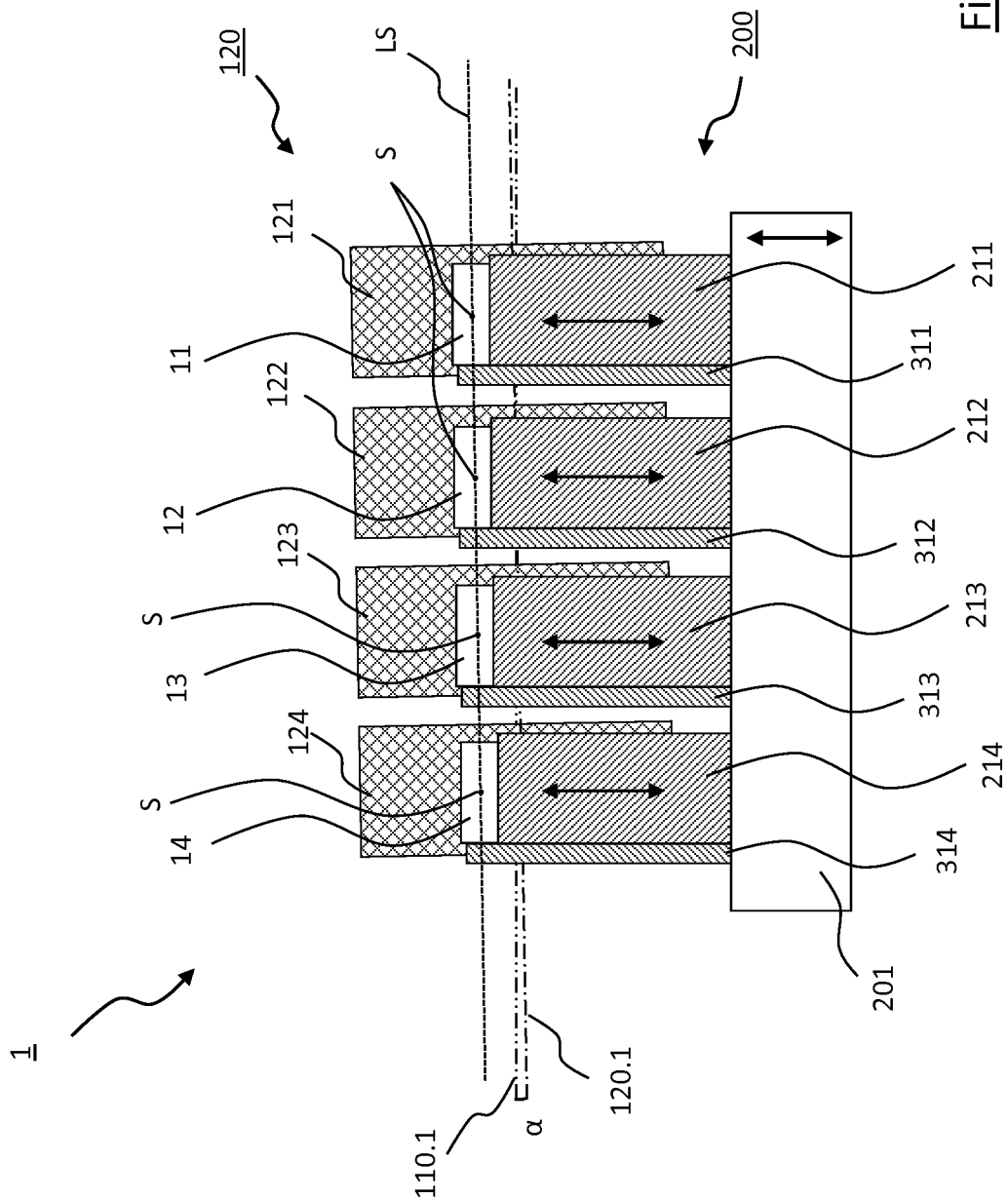


Fig. 2

Fig. 3

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

- EP 0449767 A1 [0005]