

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 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 Verbindungslinie durch die geometrischen Schwerpunk-

te 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 Verbindungslinie 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 Verbindungslinie 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 Auflageeinrichtung 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 die-

nen, das Anliegen der Werkstücke an die Schleifscheibe möglichst anzugleichen.

[0014] Das erfindungsgemässe Verfahren eignet sich einerseits zum sogenannten Gerad-Einsteichschleifen, bei dem die Schleifscheiben-Rotationsachse und die Werkstück-Rotationsachsen parallel zu einander verlaufen. Umgekehrt eignet sich das vorgeschlagene Verfahren auch zum sogenannten Schräg-Einsteichschleifen, 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 anordenbar sind. Die Schleifvorrichtung ist derart ausgebil-

det, 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 Auflagelagereinrichtung 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 senkrecht zum Schleifspalt in Richtung der Schleifscheibe an-

steigt. 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 Nei-

gungsverstelleinrichtung 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 wenigstens 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, 123, 124 bzw. sämtliche Teilschleifscheiben

111, 112, 113, 114 sind jeweils auf einer gemeinsamen Regelscheiben-Rotationsachse 120.1 bzw. einer gemeinsamen Schleifscheibe-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, 123, 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, 123, 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.

[0033] 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.

[0034] 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 Durchmessern 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, 123, 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.

[0035] 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.

[0036] 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 des, insbesondere we-nigstens dem halben, bevorzugt wenigstens drei- viertel des Neigungswinkels (α) der Regelscheiben-Rotationsachse (120.1) zueinander höhenversetzt angeordnet sind, um die jeweiligen Anlagewinkel (γ) der Werkstücke an die geneigte Regelscheibe (120) anzugleichen.
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 20 25
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. 30 35
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. 40 45
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. 50 55
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. 5
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. 10
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schleifscheiben-Rotationsachse (120.1) 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 (120.1) zum Schräg-Einstichschleifen gegenüber den Werkstück-Rotationsachsen (11.1, 12.1, 13.1, 14.1) um abgewinkelt verläuft. 25 30
15. Verwendung einer Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 4 bis 14 zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3. 35 40

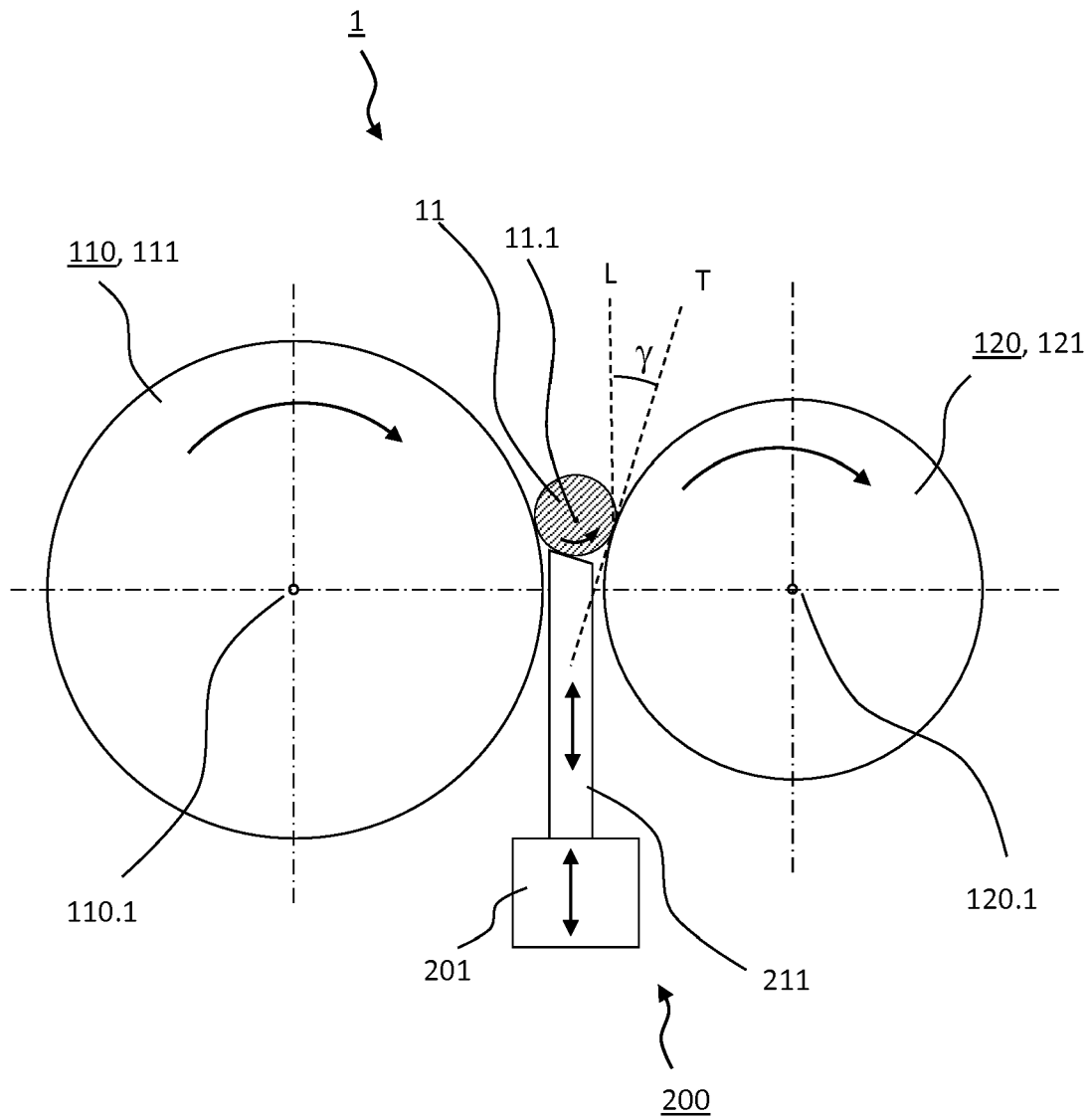


Fig. 1

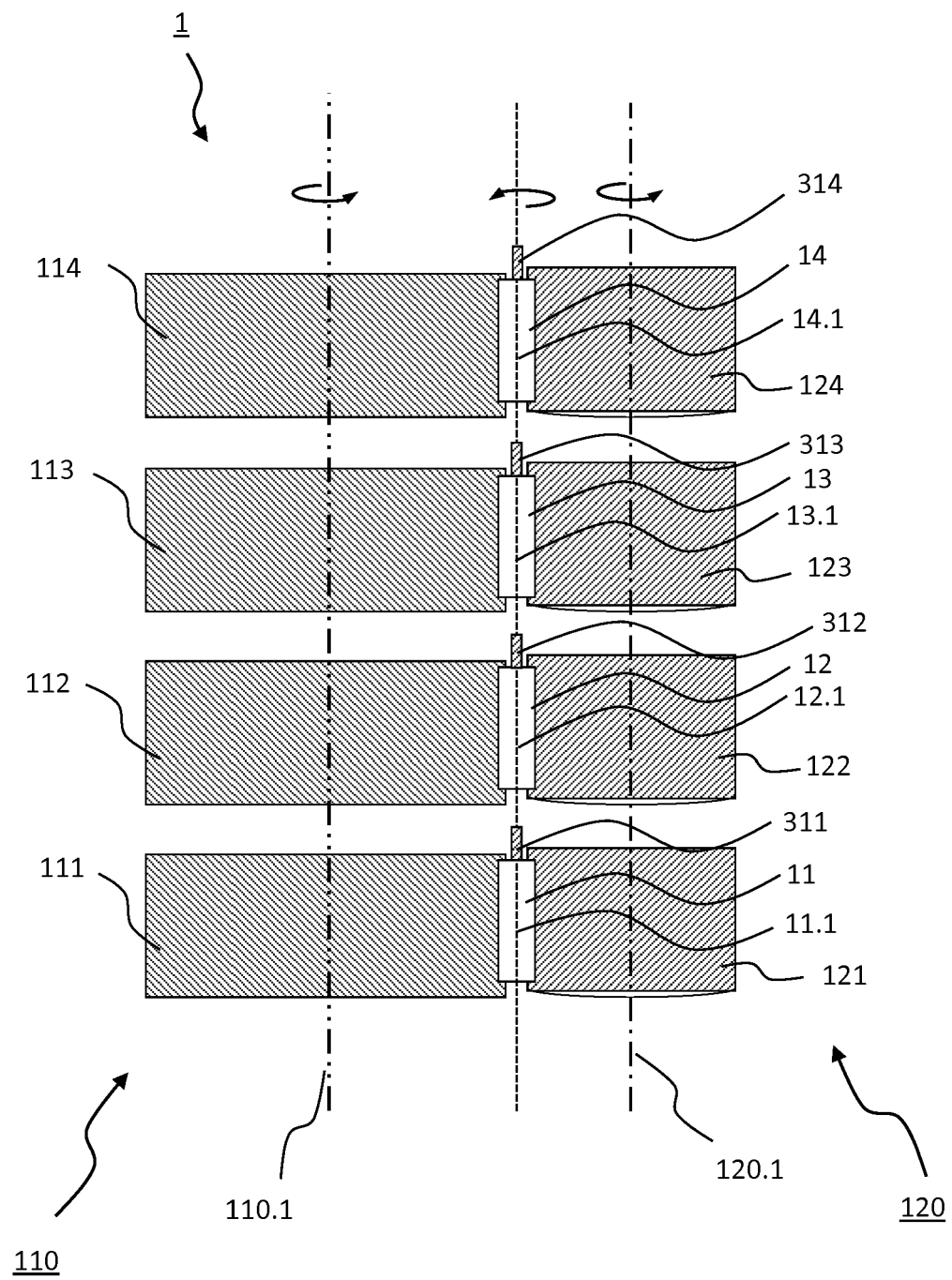
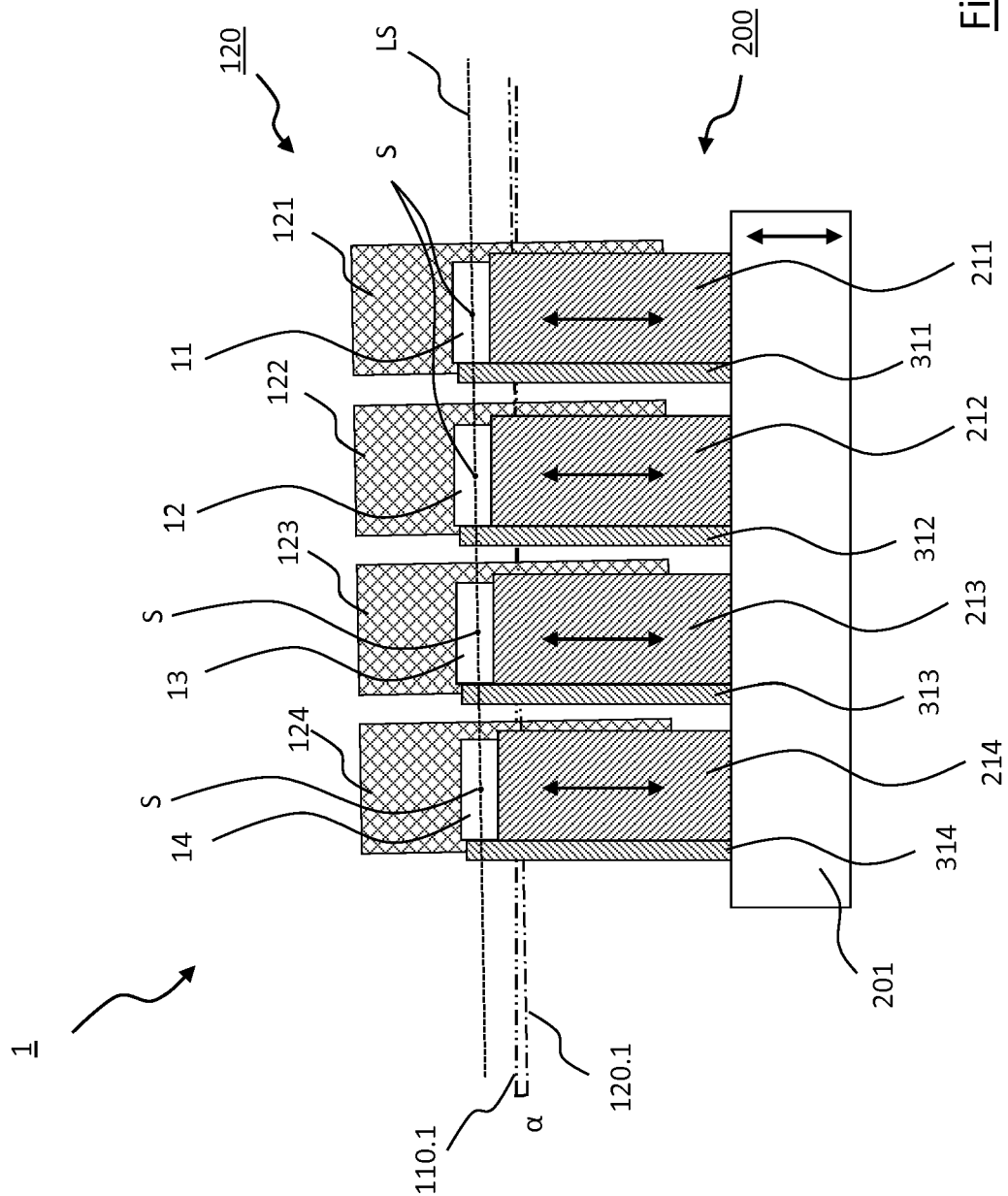


Fig. 2

Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 17 9084

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 0 449 767 A1 (AGATHON AG MASCHF [CH]) 2. Oktober 1991 (1991-10-02) * Spalte 3, Zeile 41 - Spalte 5, Zeile 33; Abbildungen 1-3 *	1-15	INV. B24B5/22 B24B5/30 B24B5/307
A	EP 2 394 783 A1 (TSCHUDIN URS [CH]) 14. Dezember 2011 (2011-12-14) * Absatz [0023]; Abbildungen 1,2 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B24B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Januar 2017	Prüfer Koller, Stefan
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 17 9084

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

18-01-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 0449767	A1	02-10-1991	DE 59100270 D1		16-09-1993
				EP 0449767 A1		02-10-1991
15	EP 2394783	A1	14-12-2011	EP 2394783 A1		14-12-2011
				ES 2470645 T3		24-06-2014
				US 2011306273 A1		15-12-2011
20						
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82