(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 993 011 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.03.2016 Patentblatt 2016/10

(51) Int Cl.:
B28D 1/04 *(2006.01)* ***B28D 7/00*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **14003100.6**

(22) Anmeldetag: **08.09.2014**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **HILTI Aktiengesellschaft**
9494 Schaan (LI)

(72) Erfinder:
- **Kaneider, Wilfried**
  AT-6830 Rankweil (AT)
- **Stevic, Dragan**
  AT-6800 Feldkirch-Tosters (AT)
- **Bereuter, Christian**
  AT-6951 Lingenau (AT)
- **Profunser, Dieter**
  6835 Zwichenwasser (AT)

(74) Vertreter: **Hilti Aktiengesellschaft**
Corporate Intellectual Property
Feldkircherstrasse 100
Postfach 333
9494 Schaan (LI)

(54) Verfahren zur Seuerung eines Wandsägesystems beim Erstellen eines Trennschnittes

(57) Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems (10) beim Erstellen eines Trennschnittes in einem Werkstück (24) zwischen einem ersten und zweiten Endpunkt. Das Wandsägesystem (10) umfasst eine Wandsäge (12) mit einem Sägekopf (14), einem schwenkbaren Sägearm (17), einem Sägeblatt (16) und einem Blattschutz (21). Der Trennschnitt wird in mehreren Hauptschnitten durchgeführt, wobei die Parameter der Hauptschnitte (Hauptschnittwinkel) vor dem Start in einer Hauptschnittfolge festgelegt werden. Die Schwenkbewegung des Sägearms (17) in einen Hauptschnittwinkel wird in mindestens zwei Schritten mit mindestens einem Zwischenwinkel durchgeführt, wobei zwischen den Schwenkbewegungen des Sägearms (17) in den Zwischenwinkel jeweils ein Freischneiden des Sägeblattes (16) erfolgt.

EP 2 993 011 A1

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems beim Erstellen eines Trennschnittes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Aus EP 1 693 173 B1 ist ein Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems beim Erstellen eines Trennschnittes in einem Werkstück zwischen einem ersten Endpunkt und einem zweiten Endpunkt bekannt. Das Wandsägesystem umfasst eine Führungsschiene und eine Wandsäge mit einem Sägekopf, einer motorischen Vorschubeinheit, die den Sägekopf parallel zu einer Vorschubrichtung entlang der Führungsschiene verschiebt und mindestens einem Sägeblatt, das an einem Sägearm des Sägekopfes befestigt und von einem Antriebsmotor um eine Drehachse angetrieben wird. Der Sägearm ist mittels eines Schwenkmotors um eine Schwenkachse schwenkbar ausgebildet. Durch eine Schwenkbewegung des Sägearms um die Schwenkachse wird die Eindringtiefe des Sägeblattes in das Werkstück verändert. Die motorische Vorschubeinheit umfasst einen Führungsschlitten und einen Vorschubmotor, wobei der Sägekopf auf dem Führungsschlitten angebracht und über den Vorschubmotor entlang der Führungsschiene verschoben wird. Zur Überwachung des Wandsägesystems ist eine Sensoreinrichtung mit einem Schwenkwinkelsensor und einem Wegsensor vorgesehen. Der Schwenkwinkelsensor misst den momentanen Schwenkwinkel des Sägearms und der Wegsensor misst die aktuelle Position des Sägekopfes auf der Führungsschiene. Die gemessenen Werte für den aktuellen Schwenkwinkel des Sägearms und die aktuelle Position des Sägekopfes werden regelmäßig an eine Kontrolleinheit der Wandsäge übermittelt.

[0003] Das bekannte Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems ist in einen Vorbereitungsteil und eine, von der Kontrolleinheit gesteuerten Bearbeitung des Trennschnittes unterteilt. Im Vorbereitungsteil legt der Bediener zumindest den Sägeblattdurchmesser des Sägeblattes, die Positionen des ersten und zweiten Endpunktes in Vorschubrichtung und die Endtiefe des Trennschnittes fest; weitere Parameter können das Material des zu bearbeitenden Werkstückes und die Abmessungen von eingebetteten Armierungseisen sein. Aus den eingegebenen Parametern bestimmt die Kontrolleinheit für den Trennschnitt eine geeignete Hauptschnittfolge von Hauptschnitten, wobei die Hauptschnittfolge zumindest einen ersten Hauptschnitt mit einem ersten Hauptschnittwinkel des Sägearms und einem ersten Durchmesser des verwendeten Sägeblattes sowie einen folgenden zweiten Hauptschnitt mit einem zweiten Hauptschnittwinkel des Sägearms und einem ersten Durchmesser des verwendeten Sägeblattes umfasst.

[0004] Das bekannte Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems hat den Nachteil, dass für die Bearbeitung von harten Werkstoffen kein spezielles Verfahren zur Steuerung der Wandsäge vorgesehen ist. Bei der Bearbeitung von harten Werkstoffen kann bei der Schwenkbewegung des Sägeblattes in das Werkstück ein Polieren der Schneidsegmente auftreten. Durch das Polieren der Schneidsegmente werden die Lebensdauer der Schneidsegmente und die Bearbeitungsgeschwindigkeit des Sägeblattes reduziert.

Darstellung der Erfindung

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems zu entwickeln, welches die Bearbeitung von harten Werkstoffen ermöglicht und bei dem die Lebensdauer und die Bearbeitungsgeschwindigkeit des Sägeblattes optimiert ist.

[0006] Diese Aufgabe wird bei dem eingangs genannten Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems erfindungsgemäß durch die Merkmale des unabhängigen Anspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Schwenkbewegung des Sägearms aus dem ersten Hauptschnittwinkel in einen neuen Schwenkwinkel in mindestens zwei Schritten mit mindestens einem Zwischenwinkel durchgeführt wird, wobei zwischen den Schwenkbewegungen des Sägearms in die Zwischenwinkel jeweils ein Freischneiden des Sägeblattes erfolgt.

[0008] Sägeblätter für Wandsägen sind zweiteilig aus einem Grundkörper und Schneidsegmenten am Umfang des Grundkörpers aufgebaut. Die Schneidsegmente bestehen aus einem Matrixwerkstoff, in den Diamantpartikel eingebettet sind. Zum Freilegen der Diamantpartikel bei der Bearbeitung ist eine minimale Flächenpressung erforderlich. Wird die minimale Flächenpressung unterschritten, werden die Diamantpartikel bei der Bearbeitung mit dem Sägeblatt nicht freigelegt und es besteht die Gefahr, dass ein Polieren der Schneidsegmente auftritt, was die Lebensdauer der Schneidsegmente und die Bearbeitungsgeschwindigkeit des Sägeblattes reduziert. Die minimale Flächenpressung der Schneidsegmente entspricht einer kritischen Bogenlänge des Sägeblattes, die nicht überschreiten werden darf. Der Wert für die kritische Bogenlänge eines Sägeblattes hängt von mehreren Parametern ab, unter anderem von der Spezifikation des Sägeblattes, dem Werkstoff des zu bearbeitenden Werkstückes sowie der Leistung und dem Drehmoment des Antriebsmotors für das Sägeblatt.

[0009] Die Aufteilung der Schwenkbewegung in mindestens zwei Schritte reduziert die Gefahr, dass ein Polieren des Sägeblattes auftritt. Ein kleinerer Schwenkwinkel führt dazu, dass die Bogenlänge des Sägeblattes, die mit dem Werkstück in Eingriff ist, bzw. die Anzahl der Schneidsegmente, die mit dem Werkstück in Eingriff

sind, reduziert wird. Das Freischneiden des Sägeblattes, das zwischen den Schwenkbewegungen des Sägearms erfolgt, führt dazu, dass die, mit dem Werkstück in Eingriff stehende, Bogenlänge des Sägeblattes weiter reduziert wird.

[0010] Bevorzugt wird die Schwenkbewegung des Sägearms aus dem ersten Hauptschnittwinkel in den neuen Schwenkwinkel in n Schritten mit n-1 Zwischenwinkeln durchgeführt, wobei zwischen den Schwenkbewegungen des Sägearms in die Zwischenwinkel jeweils ein Freischneiden des Sägeblattes erfolgt. Die Anzahl der Schritte hängt unter anderem von der Spezifikation des Sägeblattes, der Härte des Werkstoffes sowie der Leistung und dem Drehmoment des Antriebsmotors für das Sägeblatt ab. Die Zwischenwinkel können vom Bediener festgelegt werden oder die Kontrolleinheit des Wandsägesystems legt die Zwischenwinkel abhängig von verschiedenen Randbedingungen fest. Für das erfindungsgemäße Verfahren stellen die Zwischenwinkel eine Eingangsgröße dar, die zur Steuerung der Wandsäge genutzt wird.

[0011] Bevorzugt werden vor dem Start der von der Kontrolleinheit gesteuerten Bearbeitung zusätzlich eine Sägearmlänge des Sägearms, die als Abstand zwischen der Schwenkachse des Sägearms und der Drehachse des Sägeblattes definiert ist, und ein Abstand zwischen der Schwenkachse und der Oberseite des Werkstückes festgelegt. Für eine gesteuerte Bearbeitung eines Trennschnittes müssen der Kontrolleinheit verschiedene Parameter bekannt sein. Dazu gehören die Sägearmlänge, die eine feste gerätespezifische Größe der Wandsäge darstellt, und der senkrechte Abstand zwischen der Schwenkachse und der Oberfläche des Werkstückes, die neben der Geometrie der Wandsäge auch von der Geometrie der verwendeten Führungsschiene abhängt.

[0012] Besonders bevorzugt wird vor dem Start der gesteuerten Bearbeitung zusätzlich eine erste Breite für einen, beim ersten Hauptschnitt, verwendeten Blattschutz und eine zweite Breite für einen, beim zweiten Hauptschnitt, verwendeten Blattschutz festgelegt, wobei die erste und zweite Breite jeweils aus einem ersten Abstand der Drehachse zur ersten Blattschutzkante und einem zweiten Abstand der Drehachse zur zweiten Blattschutzkante zusammengesetzt sind. Wenn ein Endpunkt ein Hindernis darstellt, erfolgt die Positionssteuerung des Sägekopfes über die, dem Hindernis zugewandte, Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes. Bei einem asymmetrischen Blattschutz sind der erste und zweite Abstand der Drehachse zu den Blattschutzkanten verschieden, wohingegen bei einem symmetrischen Blattschutz der erste und zweite Abstand der Blattschutzkanten mit der halben Breite des Blattschutzes übereinstimmen.

[0013] In einer ersten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Schwenkbewegung vom ersten Hauptschnittwinkel in den neuen Hauptschnittwinkel am ersten Endpunkt und der Sägekopf wird im j-ten Schritt, j = 1 bis n-1 so positioniert, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den j-ten Zwischenwinkel eine, dem ersten Endpunkt zugewandte erste Begrenzung der Wandsäge mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wobei die erste Begrenzung der Wandsäge durch einen, dem ersten Endpunkt zugewandten, ersten oberen Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes an der Oberseite des Werkstückes gebildet wird, wenn der erste Endpunkt einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt, durch eine, dem ersten Endpunkt zugewandte, erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes, wenn der erste Endpunkt ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung ohne Blattschutz erfolgt, und durch eine, dem ersten Endpunkt zugewandte, erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes, wenn der erste Endpunkt ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung mit Blattschutz erfolgt.

[0014] Jeder Schritt umfasst die Verfahrensschritte Positionieren des Sägekopfes, Schwenken des Sägearms in den Zwischenwinkel und Verfahren des Sägekopfes zum Freischneiden des Sägeblattes. Nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den Zwischenwinkel fällt die erste Begrenzung mit dem ersten Endpunkt zusammen. Bei einem freien Endpunkt ohne Hindernis erfolgt die Positionssteuerung über den ersten oberen Austrittspunkt des Sägeblattes an der Oberseite des Werkstückes. Wenn der erste Endpunkt ein Hindernis darstellt, werden die erste Sägeblattkante (Bearbeitung ohne Blattschutz) oder die erste Blattschutzkante (Bearbeitung mit Blattschutz) zur Positionssteuerung herangezogen.

[0015] Nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den j-ten Zwischenwinkel mit j = 1 bis n-1 fällt der erste obere Austrittspunkt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $\sqrt{[h(\pm\beta_{1,j}) \cdot (D - h(\pm\beta_{1,j}))]} - \delta \cdot \sin(\pm\beta_{i,j})$ aufweist, wobei $h(\pm\beta_{1,j}) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\beta_{1,j})$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim j-ten Zwischenwinkel bezeichnet, die erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $D/2 - \delta \cdot \sin(\pm\beta_{1,j})$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{2a} - \delta \cdot \sin(\pm\beta_{1,j})$ aufweist.

[0016] Nach der Schwenkbewegung wird der Sägekopf im j-ten Schritt, j = 1 bis n-1 mit dem, unter dem j-ten Zwischenwinkel, geneigten Sägearm um eine Weglänge von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ verfahren, wobei $h_2 = h(\pm\alpha_2, D) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim zweiten Hauptschnittwinkel bezeichnet. Durch die Vorschubbewegung des Sägekopfes wird das Sägeblatt freigeschnitten und der in Eingriff mit dem Werkstück stehende Teil des Sägeblattes wird reduziert.

[0017] Der Sägekopf wird nach dem n-1-ten Schritt so positioniert, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den neuen Hauptschnittwinkel die, dem ersten

Endpunkt zugewandte erste Begrenzung der Wandsäge mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt. Nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den zweiten Hauptschnittwinkel fällt der erste obere Austrittspunkt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, wobei $h(\pm\alpha_2) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Durchmesser bezeichnet, die erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $D/2 - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_a - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist.

[0018] In einer zweiten bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Schwenkbewegung vom ersten Hauptschnittwinkel in den neuen Hauptschnittwinkel am zweiten Endpunkt und der Sägekopf wird im j-ten Zwischenschnitt, j = 1 bis n-1 so positioniert, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den j-ten Zwischenwinkel eine, dem zweiten Endpunkt zugewandte zweite Begrenzung der Wandsäge mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wobei die zweite Begrenzung der Wandsäge durch einen, dem zweiten Endpunkt zugewandten, zweiten oberen Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes an der Oberseite des Werkstückes gebildet wird, wenn der zweite Endpunkt einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt, durch eine, dem zweiten Endpunkt zugewandte, zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes, wenn der zweite Endpunkt ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung ohne Blattschutz erfolgt, und durch eine, dem zweiten Endpunkt zugewandte, zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes, wenn der zweite Endpunkt ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung mit Blattschutz erfolgt.

[0019] Jeder Schritt umfasst die Verfahrensschritte Positionieren des Sägekopfes, Schwenken des Sägearms in den Zwischenwinkel und Verfahren des Sägekopfes zum Freischneiden des Sägeblattes.

[0020] Nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den j-ten Zwischenwinkel mit j = 1 bis n-1 fällt der zweite obere Austrittspunkt mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $\sqrt{[h(\pm\beta_{2,j}) \cdot (D - h(\pm\beta_{2,j}))]} + \delta \cdot \sin(\pm\beta_{2,j})$ aufweist, wobei $h(\pm\beta_{2,j}) = D/2 - A - \delta \cdot \cos(\pm\beta_{2,j})$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim j-ten Zwischenwinkel bezeichnet, die zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes fällt mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $D/2 + \delta \cdot \sin(\pm\beta_{2,j})$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $B_b + \delta \cdot \sin(\pm\beta_{2,j})$ aufweist.

[0021] Nach der Schwenkbewegung wird der Sägekopf im j-ten Schritt, j = 1 bis n-1 mit dem, unter dem j-ten Zwischenwinkel, geneigten Sägearm um eine Weglänge von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ verfahren, wobei $h_2 = h(\pm\alpha_2, D) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim zweiten Hauptschnittwinkel bezeichnet. Durch die Vorschubbewegung des Sägekopfes wird das Sägeblatt freigeschnitten und der in Eingriff mit dem Werkstück stehende Teil des Sägeblattes wird reduziert.

[0022] Der Sägekopf wird nach dem n-1-ten Schritt so positioniert, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den neuen Hauptschnittwinkel die, dem zweiten Endpunkt zugewandte zweite Begrenzung der Wandsäge mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt.

[0023] Nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den zweiten Hauptschnittwinkel fällt der zweite obere Austrittspunkt mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} + \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, wobei $h(\pm\alpha_2) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim zweiten Hauptschnittwinkel bezeichnet, die zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes fällt mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $D/2 + \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $B_b + \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist.

[0024] Der erste und zweite Hauptschnitt werden mit einem Sägeblatt und einem Blattschutz durchgeführt. Alternativ wird der erste Hauptschnitt von einem ersten Sägeblatt mit einem ersten Sägeblattdurchmesser und einem ersten Blattschutz mit einer ersten Blattschutzbreite durchgeführt und der zweite Hauptschnitt wird von einem zweiten Sägeblatt mit einem zweiten Sägeblattdurchmesser und einem zweiten Blattschutz mit einer zweiten Blattschutzbreite durchgeführt.

Ausführungsbeispiele

[0025] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht notwendigerweise maßstäblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematischer und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der aus der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass vielfältige Modifikationen und Änderungen betreffend die Form und das Detail einer Ausführungsform vorgenommen werden können, ohne von der allgemeinen Idee der Erfindung abzuweichen. Die in der Beschreibung, der Zeichnung sowie den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln für sich als auch in beliebi-

ger Kombination für die Weiterbildung der Erfindung wesentlich sein. Zudem fallen in den Rahmen der Erfindung alle Kombinationen aus zumindest zwei der in der Beschreibung, der Zeichnung und/oder den Ansprüchen offenbarten Merkmale. Die allgemeine Idee der Erfindung ist nicht beschränkt auf die exakte Form oder das Detail der im Folgenden gezeigten und beschriebenen bevorzugten Ausführungsform oder beschränkt auf einen Gegenstand, der eingeschränkt wäre im Vergleich zu dem in den Ansprüchen beanspruchten Gegenstand. Bei gegebenen Bemessungsbereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und beliebig einsetzbar und beanspruchbar sein. Der Einfachheit halber sind nachfolgend für identische oder ähnliche Teile oder Teile mit identischer oder ähnlicher Funktion gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0026] Es zeigen:

FIG. 1 ein Wandsägesystem mit einer Führungsschiene und einer Wandsäge;

FIGN. 2A, B die Bearbeitung eines Trennschnittes zwischen einem ersten und zweiten freien Endpunkt ohne Hindernis;

FIGN. 3A, B die Bearbeitung eines Trennschnittes zwischen einem ersten und zweiten Hindernis mit einem Sägeblatt, das nicht von einem Blattschutz umgeben ist;

FIGN. 4A, B die Bearbeitung eines Trennschnittes zwischen einem ersten und zweiten Hindernis mit einem Sägeblatt, das von einem Blattschutz umgeben ist;

FIGN. 5A-K das Wandsägesystem der FIG. 1 bei Erstellen eines Trennschnittes zwischen einem ersten Endpunkt, der ein Hindernis darstellt, und einem zweiten freien Endpunkt ohne Hindernis

[0027] **FIG. 1** zeigt ein Wandsägesystem **10** mit einer Führungsschiene **11,** einem, an der Führungsschiene 11 verschiebbar angeordneten, Werkzeuggerät **12** und einer Fernbedienung **13.** Das Werkzeuggerät ist als Wandsäge 12 ausgebildet und umfasst eine Bearbeitungseinheit **14** und eine motorische Vorschubeinheit **15.** Die Bearbeitungseinheit ist als Sägekopf 14 ausgebildet und umfasst ein als Sägeblatt ausgebildetes Bearbeitungswerkzeug **16,** das an einem Sägearm **17** befestigt ist und von einem Antriebsmotor **18** um eine Drehachse **19** angetrieben wird.

[0028] Zum Schutz des Bedieners ist das Sägeblatt 16 von einem Blattschutz **21** umgeben, der mittels eines Blattschutzhalters am Sägearm 17 befestigt wird. Der Sägearm 17 ist von einem Schwenkmotor **22** um eine Schwenkachse **23** schwenkbar ausgebildet. Der Schwenkwinkel α des Sägearms 17 bestimmt mit einem Sägeblattdurchmesser **D** des Sägeblattes 16, wie tief das Sägeblatt 16 in ein zu bearbeitendes Werkstück **24** eintaucht. Der Antriebsmotor 18 und der Schwenkmotor 22 sind in einem Gerätegehäuse **25** angeordnet. Die motorische Vorschubeinheit 15 umfasst einen Führungsschlitten **26** und einen Vorschubmotor **27,** der im Ausführungsbeispiel ebenfalls im Gerätegehäuse 25 angeordnet ist. Der Sägekopf 14 ist auf dem Führungsschlitten 26 befestigt und über den Vorschubmotor 27 entlang der Führungsschiene 11 in einer Vorschubrichtung **28** verschiebbar ausgebildet. Im Gerätegehäuse 25 ist neben den Motoren 19, 22, 27 eine Kontrolleinheit **29** zur Steuerung des Sägekopfes 14 und der motorischen Vorschubeinheit 15 angeordnet.

[0029] Zur Überwachung des Wandsägesystems 10 und des Bearbeitungsprozesses ist eine Sensoreinrichtung mit mehreren Sensorelementen vorgesehen. Ein erstes Sensorelement **32** ist als Schwenkwinkelsensor und ein zweites Sensorelement **33** als Wegsensor ausgebildet. Der Schwenkwinkelsensor 32 misst den aktuellen Schwenkwinkel des Sägearms 17 und der Wegsensor 33 misst die aktuelle Position des Sägekopfes 14 auf der Führungsschiene 11. Die Messgrößen werden vom Schwenkwinkelsensor 32 und Wegsensor 33 an die Kontrolleinheit 29 übermittelt und zur Steuerung der Wandsäge 12 herangezogen.

[0030] Die Fernbedienung 13 umfasst ein Gerätegehäuse **35,** eine Eingabeeinrichtung **36,** eine Anzeigeeinrichtung **37** und eine Kontrolleinheit **38,** die im Inneren des Gerätegehäuses 35 angeordnet ist. Die Kontrolleinheit 38 wandelt die Eingaben der Eingabeeinrichtung 36 in Steuerbefehle und Daten um, die über eine erste Kommunikationsverbindung an die Wandsäge 12 übermittelt werden. Die erste Kommunikationsverbindung ist als draht- und kabellose Kommunikationsverbindung **41** oder als Kommunikationskabel **42** ausgebildet. Die draht- und kabellose Kommunikationsverbindung ist im Ausführungsbeispiel als Funkverbindung 41 ausgebildet, die zwischen einer ersten Funkeinheit **43** an der Fernbedienung 13 und einer zweiten Funkeinheit **44** am Werkzeuggerät 12 entsteht. Alternativ kann die draht- und kabellose Kommunikationsverbindung 41 in Form einer Infrarot-, Bluetooth-, WLAN- oder Wi-Fi-Verbindung ausgebildet sein.

[0031] **FIGN. 2A, B** zeigen die Führungsschiene 11 und die Wandsäge 12 des Wandsägesystems 10 der FIG. 1 beim Erstellen eines Trennschnittes **51** im Werkstück 24 der Werkstückdicke **d.** Der Trennschnitt 51 weist eine Endtiefe **T** auf und verläuft in Vorschubrichtung 28 zwischen einem ersten Endpunkt $\mathbf{E_1}$ und einem zweiten Endpunkt $\mathbf{E_2}$**.** Als **X-**Richtung ist eine Richtung parallel zur Vorschubrichtung 28 definiert, wobei die positive X-Richtung vom ersten Endpunkt E_1 zum zweiten Endpunkt E_2 gerichtet ist, und als **Y-**Richtung ist eine Richtung senkrecht zur X-Richtung in die Tiefe des Werkstückes 24 definiert.

[0032] Der Endpunkt eines Trennschnittes kann als freier Endpunkt ohne Hindernis oder als Hindernis defi-

niert sein. Dabei können beide Endpunkte als freie Endpunkte ohne Hindernis, beide Endpunkte als Hindernis oder ein Endpunkt als freier Endpunkt und der andere Endpunkt als Hindernis definiert sein. An einem freien Endpunkt ohne Hindernis kann ein Überschneiden erlaubt sein. Durch das Überschneiden erreicht die Schnitttiefe am Endpunkt die Endtiefe T des Trennschnittes. Im Ausführungsbeispiel der FIGN. 2A, B bilden die Endpunkte E_1, E_2 freie Endpunkte ohne Hindernis, wobei am freien ersten Endpunkt E_1 ein Überschneiden nicht zulässig ist und am zweiten Endpunkt E_2 ein Überschneiden erfolgt ist.

[0033] FIG. 2A zeigt den Sägekopf 14 in einer Montageposition $\mathbf{X_0}$ und den Sägearm 17 in einer Grundposition von 0°. Der Sägekopf 14 wird vom Bediener mittels des Führungsschlittens 26 in der Montageposition X_0 auf der Führungsschiene 11 positioniert. Die Montageposition X_0 des Sägekopfes 14 liegt zwischen dem ersten und zweiten Endpunkt E_1, E_2 und ist durch die Position der Schwenkachse 23 in Vorschubrichtung 28 bestimmt. Die Position der Schwenkachse 23 eignet sich besonders als Referenzposition $\mathbf{X_{Ref}}$ für die Positionsüberwachung des Sägekopfes 14 und die Steuerung der Wandsäge 12, da die X-Position der Schwenkachse 23 auch während der Schwenkbewegung des Sägearms 17 unverändert bleibt. Alternativ kann eine andere X-Position am Sägekopf 14 als Referenzposition festgelegt werden, wobei in diesem Fall zusätzlich der Abstand in X-Richtung zur Schwenkachse 23 bekannt sein muss.

[0034] Die X-Positionen des ersten und zweiten Endpunktes E_1, E_2 sind im Ausführungsbeispiel durch die Eingabe von Teillängen festgelegt. Der Abstand zwischen der Montageposition X_0 und dem ersten Endpunkt E_1 bestimmt eine erste Teillänge $\mathbf{L_1}$ und der Abstand zwischen der Montageposition X_0 und dem zweiten Endpunkt E_2 eine zweite Teillänge $\mathbf{L_2}$. Alternativ können die X-Positionen der Endpunkte E_1, E_2 durch die Eingabe einer Teillänge (L_1 oder L_2) und einer Gesamtlänge **L** als Abstand zwischen den Endpunkten E_1, E_2 festgelegt werden. Der Trennschnitt 51 wird in mehreren Teilschnitten erstellt, bis die gewünschte Endtiefe T erreicht ist. Die Teilschnitte zwischen dem ersten und zweiten Endpunkt E_1, E_2 werden als Hauptschnitte definiert und die Schnittfolge der Hauptschnitte als Hauptschnittfolge. An den Endpunkten des Trennschnittes kann eine zusätzliche Eckenbearbeitung durchgeführt werden, die bei einem Hindernis als Hindernisbearbeitung und bei einem freien Endpunkt mit Überschneiden als Überschnittbearbeitung bezeichnet wird.

[0035] Die Hauptschnittfolge kann vom Bediener festgelegt werden oder die Kontrolleinheit des Wandsägesystems legt die Hauptschnittfolge abhängig von mehreren Randbedingungen fest. Üblicherweise wird der erste Hauptschnitt, der auch als Vorschnitt bezeichnet wird, mit einer reduzierten Schnitttiefe und einer reduzierten Leistung des Antriebsmotors ausgeführt, um ein Polieren des Sägeblattes zu verhindern. Die weiteren Hauptschnitte werden in der Regel mit der gleichen Schnitttiefe ausgeführt, können aber auch unterschiedliche Schnitttiefen aufweisen. Zu den Randbedingungen, die von einem Bediener üblicherweise festgelegt werden, gehören die Schnitttiefe des Vorschnittes, die Leistung des Vorschnittes und die maximale Schnitttiefe der weiteren Hauptschnitte. Aus diesen Randbedingungen kann die Kontrolleinheit die Hauptschnittfolge bestimmen.

[0036] Die Hauptschnitte eines Trennschnittes werden mit einem Sägeblattdurchmesser oder mit zwei oder mehr Sägeblattdurchmessern durchgeführt. Wenn mehrere Sägeblätter eingesetzt werden, beginnt die Bearbeitung in der Regel mit dem kleinsten Sägeblattdurchmesser. Um das Sägeblatt 16 am Sägearm 17 montieren zu können, muss das Sägeblatt 16 in der Grundposition des Sägearms 17 oberhalb des Werkstückes 24 angeordnet sein. Ob diese Randbedingung erfüllt ist, hängt von zwei gerätespezifischen Größen des Wandsägesystems 10 ab, zum einen von einem senkrechten Abstand Δ zwischen der Schwenkachse 23 des Sägearms 17 und einer Oberseite 53 des Werkstückes 24 und zum anderen von einer Sägearmlänge δ des Sägearms 17, die als Abstand zwischen der Drehachse 19 des Sägeblattes 16 und der Schwenkachse 23 des Sägearms 17 definiert ist. Wenn die Summe dieser beiden gerätespezifischen Größen grösser als der halbe Sägeblattdurchmesser D/2 ist, ist das Sägeblatt 16 in der Grundposition oberhalb des Werkstückes 24 angeordnet. Die Sägearmlänge δ ist eine feste gerätespezifische Größe der Wandsäge 12, wohingegen der senkrechte Abstand Δ zwischen der Schwenkachse 23 und der Oberfläche 53 neben der Geometrie der Wandsäge 12 auch von der Geometrie der verwendeten Führungsschiene 11 abhängt.

[0037] Das Sägeblatt 16 ist auf einem Flansch am Sägearm 17 befestigt und wird im Sägebetrieb vom Antriebsmotor 18 um die Drehachse 19 angetrieben. In der Grundposition des Sägearms 17, die in FIG. 2A dargestellt ist, beträgt der Schwenkwinkel 0° und die Drehachse 19 des Sägeblattes 16 liegt in Tiefenrichtung 52 oberhalb der Schwenkachse 23. Das Sägeblatt 16 wird durch eine Schwenkbewegung des Sägearms 17 um die Schwenkachse 23 aus der Grundposition bei 0° in das Werkstück 24 hineinbewegt. Während der Schwenkbewegung des Sägearms 17 wird das Sägeblatt 16 vom Antriebsmotor 18 um die Drehachse 19 angetrieben.

[0038] Zum Schutz des Bedieners soll das Sägeblatt 16 während des Betriebes vom Blattschutz 21 umgeben sein. Die Wandsäge 12 wird mit Blattschutz 21 oder ohne Blattschutz 21 betrieben. Zur Bearbeitung des Trennschnittes im Bereich der Endpunkte E_1, E_2 kann beispielsweise eine Demontage des Blattschutzes 21 vorgesehen sein. Wenn zur Bearbeitung des Trennschnittes verschiedene Sägeblattdurchmesser eingesetzt werden, werden in der Regel auch verschiedene Blattschutze mit entsprechenden Blattschutzbreiten eingesetzt.

[0039] FIG. 2B zeigt den Sägearm 17, der in einer negativen Drehrichtung **54** unter einem negativen Schwenkwinkel $-\alpha$ geneigt ist. Der Sägearm 17 ist in der

negativen Drehrichtung 54 zwischen Schwenkwinkeln von 0° bis -180° verstellbar und in einer, zur negativen Drehrichtung 54 entgegen gerichteten, positiven Drehrichtung **55** zwischen Schwenkwinkeln von 0° bis +180° verstellbar. Die in FIG. 2B dargestellte Anordnung des Sägearms 17 wird als ziehende Anordnung bezeichnet, wenn der Sägekopf 14 in eine positive Vorschubrichtung **56** bewegt wird. Wird der Sägekopf 14 in eine, zur positiven Vorschubrichtung 56 entgegen gerichtete, negative Vorschubrichtung **57** bewegt, wird die Anordnung des Sägearms 17 als stoßende Anordnung bezeichnet.

[0040] Bei einem Schwenkwinkel von $\pm 180°$ wird die maximale Eindringtiefe des Sägeblattes 16 in das Werkstück 24 erreicht. Durch die Schwenkbewegung des Sägearms 17 um die Schwenkachse 23 wird die Position der Drehachse 19 in X-Richtung und in Y-Richtung verschoben. Dabei ist die Verschiebung der Drehachse 19 von der Sägearmlänge δ und dem Schwenkwinkel α des Sägearms 17 abhängig. Der Verschiebeweg δ_x in X-Richtung beträgt $\delta \sin(\pm\alpha)$ und der Verschiebeweg δ_y in Y-Richtung beträgt $\delta \cdot \cos(\pm\alpha)$.

[0041] Das Sägeblatt 16 erzeugt im Werkstück 24 einen Schneidkeil in Form eines Kreissegmentes mit einer Höhe **h** und einer Breite **b**. Die Höhe h des Kreissegmentes entspricht der Eindringtiefe des Sägeblattes 16 in das Werkstück 24. Für die Eindringtiefe h gilt der Zusammenhang $D/2 = h + \Delta + \delta \cdot \cos(\alpha)$, wobei D den Sägeblattdurchmesser, h die Eindringtiefe des Sägeblattes 16, Δ den senkrechten Abstand zwischen der Schwenkachse 23 und der Oberseite 53 des Werkstückes 24, δ die Sägearmlänge und α den ersten Schwenkwinkel bezeichnen, und für die Breite b gilt der Zusammenhang $b^2 = D/2 \cdot 8h - 4h^2 = 4Dh - 4h^2 = 4h \cdot (D - h)$, wobei h die Eindringtiefe des Sägeblattes 16 in das Werkstück 24 und D den Sägeblattdurchmesser bezeichnen.

[0042] Die Steuerung der Wandsäge 12 während des Trennschnittes ist davon abhängig, ob die Endpunkte als Hindernisse definiert sind, und bei einem Hindernis, ob die Bearbeitung mit Blattschutz 21 oder ohne Blattschutz 21 erfolgt. Bei einem freien Endpunkt ohne Hindernis erfolgt die Steuerung der Wandsäge 12 beim erfindungsgemäßen Verfahren über obere Austrittspunkte des Sägeblattes 16 an der Oberseite 53 des Werkstückes 24. Die oberen Austrittspunkte des Sägeblattes 16 lassen sich aus der Referenzposition X_{Ref} der Schwenkachse 23 in X-Richtung, dem Verschiebeweg δ_x der Drehachse 19 in X-Richtung und der Breite b berechnen. Ein, dem ersten Endpunkt E_1 zugewandter, oberer Austrittspunkt wird als erster oberer Austrittspunkt **58** bezeichnet und ein, dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandter, oberer Austrittspunkt als zweiter oberer Austrittspunkt **59**. Für den ersten oberen Austrittspunkt 58 gilt $X(58) = X_{Ref} + \delta_x - b/2$ und für den zweiten oberen Austrittspunkt 59 gilt $X(59) = X_{Ref} + \delta_x + b/2$ mit $b = \sqrt{[h \cdot (D - h)]}$ und $h = h(\alpha, D)$.

[0043] Wenn die Endpunkte E_1, E_2 als Hindernisse definiert sind, ist ein Überfahren der Endpunkte E_1, E_2 mit der Wandsäge 12 nicht möglich. In diesem Fall erfolgt die Steuerung der Wandsäge 12 beim erfindungsgemäßen Verfahren über die Referenzposition X_{Ref} der Schwenkachse 23 und die Begrenzung der Wandsäge 12. Dabei wird zwischen einer Bearbeitung ohne Blattschutz 21 und einer Bearbeitung mit Blattschutz 21 unterschieden.

[0044] **FIGN. 3A, B** zeigen das Wandsägesystem 10 beim Erstellen eines Trennschnittes zwischen dem ersten Endpunkt E_1 und dem zweiten Endpunkt E_2, die als Hindernisse definiert sind, wobei die Bearbeitung ohne Blattschutz 21 erfolgt. Bei der Bearbeitung ohne Blattschutz 21 bilden eine erste Sägeblattkante **61**, die dem ersten Endpunkt E_1 zugewandt ist, und eine zweite Sägeblattkante **62**, die dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandt ist, die Begrenzung der Wandsäge 12.

[0045] Die X-Positionen der ersten und zweiten Sägeblattkante 61, 62 in X-Richtung lassen sich aus der Referenzposition X_{Ref} der Schwenkachse 23, dem Verschiebeweg δ_x der Drehachse 19 und dem Sägeblattdurchmesser D berechnen. FIG. 3A zeigt die Wandsäge 12 mit dem, in der negativen Drehrichtung 54 unter einem negativen Schwenkwinkel $-\alpha$ (0° bis -180°) geneigten Sägearm 17. Für die erste Sägeblattkante 61 gilt $X(61) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(-\alpha) - D/2$ und für die zweite Sägeblattkante 62 gilt $X(62) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(-\alpha) + D/2$. FIG. 3B zeigt die Wandsäge 12 mit dem, in der positiven Drehrichtung 55 unter einem positiven Schwenkwinkel α (0° bis +180°), geneigten Sägearm 17. Für die erste Sägeblattkante 61 gilt $X(61) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) - D/2$ und für die zweite Sägeblattkante 62 gilt $X(62) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) + D/2$.

[0046] **FIGN. 4A, B** zeigen das Wandsägesystem 10 beim Erstellen eines Trennschnittes zwischen dem ersten Endpunkt E_1 und dem zweiten Endpunkt E_2, die als Hindernisse definiert sind, wobei die Bearbeitung mit Blattschutz 21 erfolgt. Bei der Bearbeitung ohne Blattschutz 21 bilden eine erste Blattschutzkante **71,** die dem ersten Endpunkt E_1 zugewandt ist, und eine zweite Blattschutzkante **72,** die dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandt ist, die Begrenzung der Wandsäge 12.

[0047] Die X-Positionen der ersten und zweiten Blattschutzkante 71, 72 in X-Richtung lassen sich aus der Referenzposition X_{Ref} der Schwenkachse 23, dem Verschiebeweg δ_x der Drehachse 19 und der Blattschutzbreite B berechnen. FIG. 4A zeigt die Wandsäge 12 mit dem, unter einem negativen Schwenkwinkel $-\alpha$ (0° bis -180°), geneigten Sägearm 17 und dem montierten Blattschutz 21 der Blattschutzbreite B. Bei einem asymmetrischen Blattschutz werden vor dem Start der gesteuerten Bearbeitung die Abstände der Drehachse 19 zu den Blattschutzkanten 71, 72 bestimmt, wobei der Abstand zur ersten Blattschutzkante 71 als erster Abstand $\mathbf{B_a}$ und der Abstand zur zweiten Blattschutzkante 72 als zweiter Abstand $\mathbf{B_b}$ bezeichnet werden.

[0048] Für die erste Blattschutzkante 71 gilt $X(71) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) - B_a$ und für die zweite Blattschutzkante 72 gilt $X(72) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) + B_b$. FIG. 4B zeigt die Wandsäge 12 mit dem, unter einem positiven Schwenkwinkel α (0° bis +180°), geneigten Sägearm 17 und dem montierten Blattschutz 21 der Blattschutzbreite B. Für

die erste Blattschutzkante 71 gilt $X(71) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) - B_a$ und für die zweite Blattschutzkante 72 gilt $X(72) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) + B_b$.

[0049] FIGN. 2A, B zeigen einen Trennschnitt zwischen zwei Endpunkten E_1, E_2, die als freie Endpunkte ohne Hindernis definiert sind, und FIGN. 3A, B und 4A, B zeigen einen Trennschnitt zwischen zwei Endpunkten E_1, E_2, die als Hindernisse definiert sind. In der Praxis sind auch Trennschnitte möglich, bei denen ein Endpunkte als Hindernis definiert ist und der andere Endpunkt einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt, wobei die Steuerung der Wandsäge beim freien Endpunkt über den oberen Austrittspunkt des Sägeblattes erfolgt und beim Hindernis über die Sägeblattkante (Bearbeitung ohne Blattschutz 21) oder die Blattschutzkante (Bearbeitung mit Blattschutz 21).

[0050] Der erste obere Austrittspunkt 58, die erste Sägeblattkante 61 und die erste Blattschutzkante 71 werden unter dem Begriff "erste Begrenzung" der Wandsäge 12 zusammen gefasst und der zweite obere Austrittspunkt 59, die zweite Sägeblattkante 62 und die zweite Blattschutzkante 72 werden unter dem Begriff "zweite Begrenzung" zusammen gefasst.

[0051] **FIGN. 5A-K** zeigen das Wandsägesystem 10 der FIG. 1 mit der Führungsschiene 11 und der Wandsäge 12 beim Erstellen eines Trennschnittes der Endtiefe T im Werkstück 24 zwischen einem ersten Endpunkt E_1, der ein Hindernis darstellt, und einem zweiten Endpunkt E_2, der einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt.

[0052] Die Bearbeitung des Trennschnittes erfolgt mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Wandsägesystems. Der Trennschnitt wird in einer Hauptschnittfolge von mehreren Hauptschnitten erstellt, bis die gewünschte Endtiefe T erreicht ist. Die Hauptschnittfolge umfasst einen ersten Hauptschnitt mit einem ersten Hauptschnittwinkel α_1 des Sägearms 17, einem ersten Durchmesser $\mathbf{D_1}$ und einer ersten Eindringtiefe $\mathbf{h_1}$ des verwendeten Sägeblattes, einem zweiten Hauptschnitt mit einem zweiten Hauptschnittwinkel α_2 des Sägearms 17, einem zweiten Durchmesser $\mathbf{D_2}$ und einer zweiten Eindringtiefe $\mathbf{h_2}$ des verwendeten Sägeblattes sowie einen dritten Hauptschnitt mit einem dritten Hauptschnittwinkel α_3 des Sägearms 17, einem dritten Durchmesser $\mathbf{D_3}$ und einer dritten Eindringtiefe $\mathbf{h_3}$ des verwendeten Sägeblattes.

[0053] Der erste, zweite und dritte Hauptschnitt werden vom Sägeblatt 16 mit dem Sägeblattdurchmesser D und vom Blattschutz 21 mit der Blattschutzbreite B durchgeführt. Die Durchmesser D_1, D_2, D_3 der Hauptschnitte stimmen mit dem Sägeblattdurchmesser D überein, ebenso stimmen die Breiten B_1, B_2, B_3 der Hauptschnitte mit der Blattschutzbreite B überein.

[0054] Die Hauptschnitte eines Trennschnittes werden vorteilhaft entweder mit einem ziehend angeordneten Sägearm 17 durchgeführt oder der Sägearm 17 wird abwechselnd ziehend und stoßend angeordnet. Die ziehende Anordnung des Sägearms 17 ermöglicht eine stabile Führung des Sägeblattes bei der Bearbeitung und einen schmalen Schnittspalt. Ein Trennschnitt, bei dem der Sägearm 17 abwechselnd ziehend und stoßend angeordnet wird, hat den Vorteil, dass die zum Positionieren des Sägekopfes 14 und Umschwenken des Sägearms 17 notwendigen Nebenzeiten reduziert sind. Im Ausführungsbeispiel wird der Sägekopf 14 beim ersten Hauptschnitt und dritten Hauptschnitt mit dem ziehend angeordneten Sägearm 17 in der positiven Vorschubrichtung 56 verfahren; beim zwischen liegenden zweiten Hauptschnitt wird der Sägekopf 14 mit dem stoßend angeordneten Sägearm 17 in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren. Der Sägearm 17 ist in den drei Hauptschnitten jeweils in der negativen Drehrichtung 54 angeordnet.

[0055] Die Bearbeitung des Trennschnittes beginnt am ersten Endpunkt E_1. Nach dem Start des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Sägekopf 14 in eine Startposition $\mathbf{X_{Start}}$ positioniert, in der die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_1 \cdot (D_1 - h_1)]} - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ zum ersten Endpunkt E_1 aufweist, wobei $h_1 = h(\alpha_1, D_1) = D_1/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_1)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück 24 beim negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ mit dem ersten Durchmesser D_1 bezeichnet. Dabei entspricht der erste Durchmesser D_1 für den ersten Hauptschnitt dem Sägeblattdurchmesser D. In der Startposition X_{Start} wird der Sägearm 17 aus der Grundposition bei 0° in der negativen Drehrichtung 54 in den negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ geschwenkt. Nach der Schwenkbewegung in den negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ grenzt die erste Blattschutzkante 71 des Blattschutzes 21 an das Hindernis beim ersten Endpunkt E_1. Anschließend wird der Sägekopf 14 mit dem, unter dem negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$, geneigten Sägearm 17 und dem rotierenden Sägeblatt 16 in der positiven Vorschubrichtung 56 verfahren (FIG. 5A). Während der Vorschubbewegung wird die Position des Sägekopfes 14 regelmäßig vom Wegsensor 33 gemessen.

[0056] Die Vorschubbewegung des Sägekopf 14 wird angehalten, wenn die Schwenkachse 23 einen Abstand zum zweiten Endpunkt E_2 von $\sqrt{[h_1 \cdot (D_1 - h_1)]} + \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ aufweist, wobei $h_1 = h(-\alpha_1, D_1) = D_1/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_1)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück 24 beim negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ mit dem ersten Durchmesser D_1, der dem Sägeblattdurchmesser D entspricht, bezeichnet. In dieser Position fällt der, dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandte, zweite obere Austrittspunkt 59 des Sägeblattes 16 mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammen.

[0057] Die Schwenkbewegung vom negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ erfolgt in zwei Schritten mit einem Zwischenwinkel $-\beta_{2,1}$. Beim Zwischenwinkel kennzeichnet der erste Index, ob die Schwenkbewegung am ersten oder zweiten Endpunkt E_1, E_2 erfolgt, wobei der Index "1" für den ersten Endpunkt E_1 und der Index "2" für den zweiten Endpunkt E_2 steht. Der zweite Index kennzeichnet den Schritt und variiert von 1 bis n-1, $n \geq 2$. Nach der

Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den Zwischenwinkel $-\beta_{2,1}$ erfolgt ein Freischneiden des Sägeblattes 16.

[0058] Der Sägekopf 14 wird in Vorschubrichtung 28 so positioniert, dass die Schwenkachse 23 einen Abstand zum zweiten Endpunkt E_2 von $\sqrt{[h(-\beta_{2,1}) \cdot (D - h(-\beta_{2,1}))]} + \delta \cdot \sin(-\beta_{11})$ aufweist, wobei $h(-\beta_{2,1}) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\beta_{2,1})$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück 24 beim Zwischenwinkel $-\beta_{2,1}$ bezeichnet (FIG. 5B). In dieser Position wird der Sägearm 17 aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ in den Zwischenwinkel $-\beta_{2,1}$ geschwenkt (FIG. 5C). Bei der Positionierung in FIG. 5C wird der Abstand so eingestellt, dass der, dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandte, zweite obere Austrittspunkt 59 des Sägeblattes 16 nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den Zwischenwinkel $-\beta_{2,1}$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt.

[0059] Zum Freischneiden des Sägeblattes 16 wird der Sägekopf 14 in der negativen Vorschubrichtung 57 um eine Weglänge von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]}$ verschoben, wobei $h_2 = h(-\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_2)$ die Eindringtiefe des Sägeblattes in das Werkstück 24 beim negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ mit dem zweiten Durchmesser D_2, der dem Sägeblattdurchmesser D entspricht, bezeichnet (FIG. 5D). Der Sägekopf 14 wird in Vorschubrichtung 28 so positioniert, dass die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ zum zweiten Endpunkt E_2 aufweist. In dieser Position wird der Sägearm 17 aus dem Zwischenwinkel $-\beta_{2,1}$ in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ geschwenkt (FIG. 5E). Bei der Positionierung wird der Abstand so eingestellt, dass der, dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandte, zweite obere Austrittspunkt 59 des Sägeblattes 16 nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt.

[0060] Der Sägekopf 14 wird in der negativen Vorschubrichtung 57 auf den ersten Endpunkt E_1 zu bewegt, wobei die Position des Sägekopfes 14 während der Vorschubbewegung vom Wegsensor 33 regelmäßig gemessen wird. Die Vorschubbewegung des Sägekopfes 14 wird angehalten, wenn die Schwenkachse 23 einen Abstand von $B_2/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ zum ersten Endpunkt E_1 aufweist und die erste Blattschutzkante 71 des Blattschutzes 21 an das Hindernis beim ersten Endpunkt E_1 angrenzt (FIG. 5F).

[0061] Die Schwenkbewegung vom negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ in den negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3$ erfolgt in zwei Schritten mit einem Zwischenwinkel $-y_{2,1}$. Beim Zwischenwinkel kennzeichnet der erste Index, ob die Schwenkbewegung am ersten oder zweiten Endpunkt E_1, E_2 erfolgt, wobei der Index "1" für den ersten Endpunkt E_1 und der Index "2" für den zweiten Endpunkt E_2 steht. Der zweite Index kennzeichnet den Schritt und variiert von 1 bis n-1, $n \geq 2$.

[0062] Vor der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den Zwischenwinkel $-\gamma_{2,1}$ erfolgt ein Positionieren des Sägekopfes 14. Da die Positionierung am Hindernis bei E_1 erfolgt und der Zwischenwinkel $-\gamma_{2,1}$ kleiner als -90° ist, ist es nicht möglich, den Sägekopf 14 so zu positionieren, dass die zweite Blattschutzkante 72 nach der Schwenkbewegung in den Zwischenwinkel $-\gamma_{2,1}$ an das Hindernis E_1 angrenzt. Das Positionieren des Sägekopfes 14 erfolgt mittels des kritischen Winkels α_{krit} von -90° und der Sägearm 17 wird anschließend in den Zwischenwinkel $-\beta_{21}$ geschwenkt (FIG. 5G). Der kritische Winkel von -90° muss berücksichtigt werden, da der erste Endpunkt E_1 bei der Schwenkbewegung nicht überschritten werden darf. Die Schwenkachse 23 weist beim kritischen Winkel α_{krit} von -90° einen Abstand von $B(2)/2 - \delta \cdot \sin(-90°) = B(2)/2 + \delta$ zum ersten Endpunkt E_1 auf.

[0063] Nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den Zwischenwinkel $-\gamma_{2,1}$ erfolgt ein Freischneiden des Sägeblattes 16. Dazu wird der Sägekopf 14 mit dem, unter dem Zwischenwinkel $-\gamma_{2,1}$, geneigten Sägearm 17 und dem rotierenden Sägeblatt 16 in der positiven Vorschubrichtung 56 um eine Weglänge von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]}$ verfahren (FIG. 5H), wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3) = D_3/2 - \Delta + \delta$ die Eindringtiefe des Sägeblattes 16 in das Werkstück 24 beim negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3$ mit dem dritten Durchmesser D_3, der dem Sägeblattdurchmesser D entspricht, bezeichnet. Nach dem Freischneiden wird der Sägekopf 14 mittels des kritischen Winkels α_{krit} von -90°positioniert und der Sägearm 17 anschließend aus dem Zwischenwinkel $-\gamma_{2,1}$ in den negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3$ geschwenkt (FIG. 5I).

[0064] Da der dritte Hauptschnitt den letzten Hauptschnitt der Hauptschnittfolge darstellt, erfolgt vor der Bearbeitung des letzten Hauptschnittes eine Eckenbearbeitung des ersten Endpunktes E_1. Dazu wird der Sägekopf 14 mit dem unter $-\alpha_3$ geneigten Sägearm 17 in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren, bis die erste Blattschutzkante 71 des Blattschutzes 21 an das Hindernis am ersten Endpunkt E_1 angrenzt (FIG. 5J). Die Eckenbearbeitung des ersten Endpunktes E_1 kann verbessert werden, wenn der Blattschutz 21 demontiert wird und die Eckenbearbeitung ohne Blattschutz erfolgt. Ohne Blattschutz wird der Sägekopf 14 mit dem unter $-\alpha_3$ geneigten Sägearm 17 in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren, bis die erste Sägeblattkante 61 des Sägeblattes 16 mit dem ersten Endpunkt E_1 zusammenfällt.

[0065] Nach der Eckenbearbeitung des ersten Endpunktes E_1 wird der dritte Hauptschnitt mit dem, unter dem negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3$ geneigten, Sägearm 17 in der positiven Vorschubrichtung 56 ausgeführt (FIG. 5K). Die Vorschubbewegung des Sägekopfes 14 wird angehalten, wenn die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]} + \delta \cdot \sin(180°) = \sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]}$ zum zweiten Endpunkt E_2 aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-180°) = D_3/2 - \Delta + 8$ die Eindringtiefe des Sägeblattes in das Werkstück 24 beim negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3$ mit dem dritten Durchmesser D_3, der dem Sägeblattdurchmesser D entspricht, bezeichnet. Wenn am zweiten Endpunkt E_2 ein

Überschnitt erlaubt ist, erfolgt nach dem dritten Hauptschnitt eine Eckenbearbeitung des zweiten Endpunktes E_2.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems (10) umfassend eine Führungsschiene (11) und eine Wandsäge (12) mit einem Sägekopf (14), einer motorischen Vorschubeinheit (15), die den Sägekopf (14) parallel zu einer Vorschubrichtung (28) entlang der Führungsschiene (11) verschiebt, mindestens einem Sägeblatt (16), das an einem, um eine Schwenkachse (23) schwenkbaren, Sägearm (17) des Sägekopfes (14) befestigt und um eine Drehachse (19) angetrieben wird, und mindestens einem, das Sägeblatt (16) umgebenden, lösbaren Blattschutz (21) beim Erstellen eines Trennschnittes (51) der Endtiefe (T) in einem Werkstück (24) der Werkstückdicke (d) zwischen einem ersten Endpunkt (E_1) und einem zweiten Endpunkt (E_2), mit:

   ■ vor dem Start einer von einer Kontrolleinheit (29) des Wandsägesystems (10) gesteuerten Bearbeitung werden zumindest der Sägeblattdurchmesser (D) des mindestens einen Sägeblattes (16), die Positionen des ersten und zweiten Endpunktes (E_1, E_2) in Vorschubrichtung (28), die Endtiefe (T) des Trennschnittes (51) und eine Hauptschnittfolge von m Hauptschnitten mit $m \geq 2$ festgelegt, wobei die Hauptschnittfolge zumindest einen ersten Hauptschnitt mit einem ersten Hauptschnittwinkel (α_1) des Sägearms (17) und einem ersten Durchmesser (D_1) des verwendeten Sägeblattes sowie einen folgenden zweiten Hauptschnitt mit einem zweiten Hauptschnittwinkel (α_2) des Sägearms (17) und einem zweiten Durchmesser (D_2) des verwendeten Sägeblattes umfasst,
   ▪ während der von der Kontrolleinheit (29) gesteuerten Bearbeitung werden

      - der erste Hauptschnitt mit dem, unter dem positiven oder negativen ersten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$), geneigten Sägearm (17) durchgeführt und
      - der zweite Hauptschnitt mit dem, unter dem positiven oder negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$), geneigten Sägearm (17) durchgeführt,

   dadurch gekennzeichnet, dass die Schwenkbewegung des Sägearms (17) aus dem ersten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$) in einen neuen Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$, $\pm\alpha_2$) in mindestens zwei Schritten mit mindestens einem Zwischenwinkel ($\pm\beta_1$, $\pm\beta_2$) durchgeführt wird, wobei zwischen den Schwenkbewegungen des Sägearms (17) in den mindestens einen Zwischenwinkel ($\pm\beta_1$, $\pm\beta_2$) jeweils ein Freischneiden des Sägeblattes (16) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkbewegung des Sägearms (17) aus dem ersten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$) in den neuen Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$, $\pm\alpha_2$) in n Schritten mit n-1 Zwischenwinkeln ($\pm\beta_{1,j}$, $\pm\beta_{2,j}$), j = 1 bis n-1 durchgeführt wird, wobei zwischen den Schwenkbewegungen des Sägearms (17) in die Zwischenwinkel ($\pm\beta_{1,j}$, $\pm\beta_{2,j}$) jeweils ein Freischneiden des Sägeblattes (16) erfolgt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Start der von der Kontrolleinheit (29) gesteuerten Bearbeitung zusätzlich eine Sägearmlänge (δ) des Sägearms (17), die als Abstand zwischen der Schwenkachse (23) des Sägearms (17) und der Drehachse (19) des Sägeblattes (16) definiert ist, und ein Abstand (Δ) zwischen der Schwenkachse (23) und einer Oberseite (53) des Werkstückes (24) festgelegt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Start der gesteuerten Bearbeitung zusätzlich eine erste Breite (B_1) für einen, beim ersten Hauptschnitt, verwendeten Blattschutz und eine zweite Breite (B_2) für einen, beim zweiten Hauptschnitt, verwendeten Blattschutz festgelegt wird, wobei die erste und zweite Breite (B_1, B_2) jeweils aus einem ersten Abstand (B_{1a}, B_{2a}) der Drehachse (19) zur ersten Blattschutzkante (71) des Blattschutzes und einem zweiten Abstand (B_{1b}, B_{2b}) der Drehachse (19) zur zweiten Blattschutzkante (72) des Blattschutzes zusammengesetzt sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkbewegung vom ersten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$) in den neuen Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$, $\pm\alpha_2$) am ersten Endpunkt (E_1) erfolgt und der Sägekopf (14) im j-ten Schritt, j = 1 bis n-1 so positioniert wird, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{1,j}$) eine, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandte erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wobei die erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) durch einen, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandten, ersten oberen Austrittspunkt (58) des verwendeten Sägeblattes an der Oberseite (53) des Werkstückes (24) gebildet wird, wenn der erste Endpunkt (E_1) einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt, durch eine, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandte, erste Sägeblattkante (61) des verwendeten Sägeblattes, wenn der erste Endpunkt (E_1) ein Hindernis darstellt und die Bear-

beitung ohne Blattschutz erfolgt, und durch eine, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandte, erste Blattschutzkante (71) des verwendeten Blattschutzes, wenn der erste Endpunkt (E_1) ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung mit Blattschutz erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{1,j}$) mit j = 1 bis n-1 der erste obere Austrittspunkt (58) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h(\pm\beta_{1,j}) \cdot (D - h(\pm\beta_{1,j}))]} - \delta \cdot \sin(\pm\beta_{1,j})$ aufweist, wobei $h(\pm\beta_{1,j}) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\beta_{1,j})$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{1,j}$) bezeichnet, die erste Sägeblattkante (61) des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $D/2 - \delta \cdot \sin(\pm\beta_{1,j})$ aufweist, und die erste Blattschutzkante (71) des verwendeten Blattschutzes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $B_a - \delta \cdot \sin(\pm\beta_{1,j})$ aufweist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) im j-ten Schritt mit j = 1 bis n-1 mit dem, unter dem j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{1,j}$), geneigten Sägearm (17) um eine Weglänge von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ verfahren wird, wobei $h_2 = h(\pm\alpha_2, D) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$) bezeichnet.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) nach dem n-1-ten Schritt so positioniert wird, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den neuen Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$, $\pm\alpha_2$) die, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandte erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$) der erste obere Austrittspunkt (58) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, wobei $h(\pm\alpha_2) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$) mit dem zweiten Durchmesser (D_2) bezeichnet, die erste Sägeblattkante (61) des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $D_2/2 - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante (71) des verwendeten Blattschutzes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $B_{2a} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkbewegung vom ersten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$) in den neuen Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$, $\pm\alpha_2$) am zweiten Endpunkt (E_2) erfolgt und der Sägekopf (14) im j-ten Zwischenschnitt, j = 1 bis n-1 so positioniert wird, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{2,j}$) eine, dem zweiten Endpunkt (E_2) zugewandte zweite Begrenzung (59, 62, 72) der Wandsäge (12) mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wobei die zweite Begrenzung (59, 62, 72) der Wandsäge (12) durch einen, dem zweiten Endpunkt (E_2) zugewandten, zweiten oberen Austrittspunkt (59) des verwendeten Sägeblattes an der Oberseite (53) des Werkstückes (24) gebildet wird, wenn der zweite Endpunkt (E_2) einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt, durch eine, dem zweiten Endpunkt (E_2) zugewandte, zweite Sägeblattkante (62) des verwendeten Sägeblattes, wenn der zweite Endpunkt (E_2) ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung ohne Blattschutz erfolgt, und durch eine, dem zweiten Endpunkt (E_2) zugewandte, zweite Blattschutzkante (72) des verwendeten Blattschutzes, wenn der zweite Endpunkt (E_2) ein Hindernis darstellt und die Bearbeitung mit Blattschutz erfolgt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{2,j}$) mit j = 1 bis n-1 der zweite obere Austrittspunkt (59) mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $\sqrt{[h(\pm\beta_{2,j}) \cdot (D - h(\pm\beta_{2,j}))]} + \delta \cdot \sin(\pm\beta_{2,j})$ aufweist, wobei $h(\pm\beta_{2,j}) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\beta_{2,j})$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{2,j}$) bezeichnet, die zweite Sägeblattkante (62) des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $D/2 + \delta \cdot \sin(\pm\beta_{2,j})$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante (72) des verwendeten Blattschutzes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $B_b + \delta \cdot \sin(\pm\beta_{2,j})$ aufweist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) im j-ten Schritt, j

= 1 bis n-1 mit dem, unter dem j-ten Zwischenwinkel ($\pm\beta_{2,j}$), geneigten Sägearm (17) um eine Weglänge von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} - \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ verfahren wird, wobei $h_2 = h(\pm\alpha_2, D) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$) bezeichnet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) nach dem n-1-ten Schritt so positioniert wird, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den neuen Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_1$, $\pm\alpha_2$) die, dem zweiten Endpunkt (E_2) zugewandte zweite Begrenzung (59, 62, 72) der Wandsäge (12) mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$) der zweite obere Austrittspunkt (59) mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $\sqrt{[h_2 \cdot (D - h_2)]} + \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, wobei $h(\pm\alpha_2) = D/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(\pm\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim zweiten Hauptschnittwinkel ($\pm\alpha_2$) bezeichnet, die zweite Sägeblattkante (62) des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $D/2 + \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante (72) des verwendeten Blattschutzes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $B_{2b} + \delta \cdot \sin(\pm\alpha_2)$ aufweist.

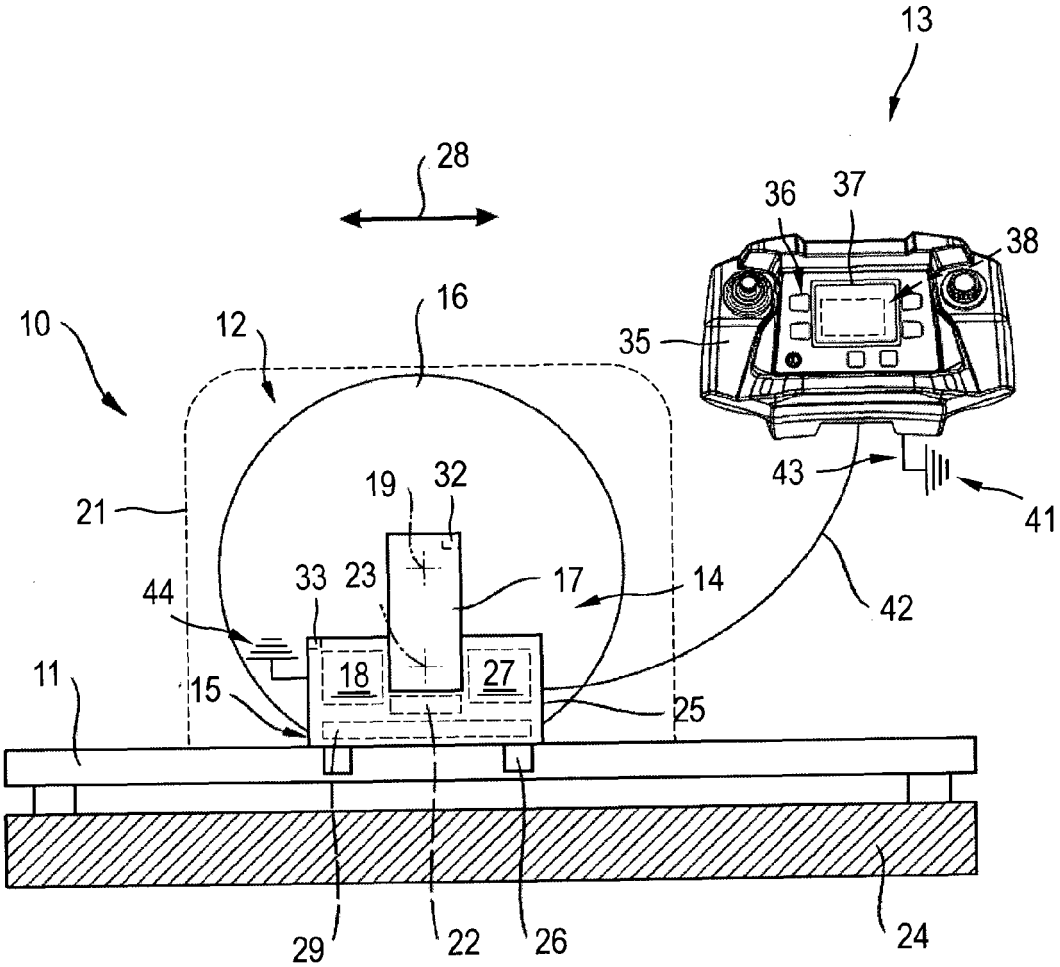

13
28
36
37
38
10
12
16
35
43
41
21
19
32
33
23
17
14
44
42
11
15
18
27
25
29
22
26
24

FIG. 1

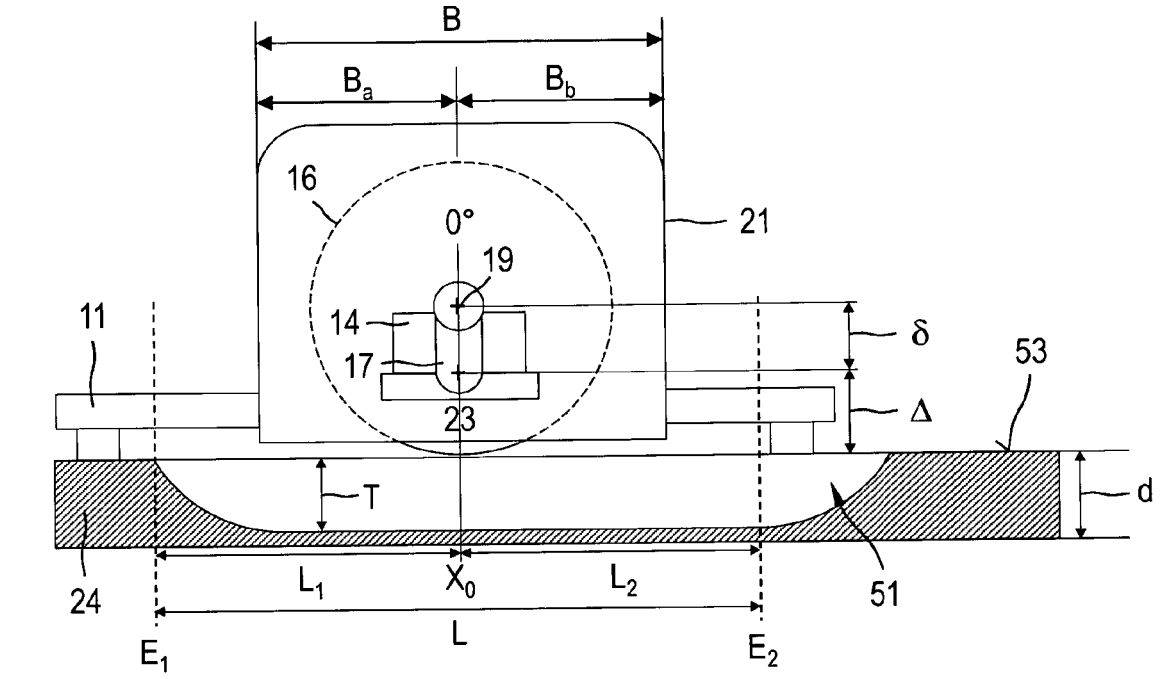

B
B_a
B_b
16
0°
19
21
11
14
17
23
δ
Δ
53
T
d
24
L_1
X_0
L_2
51
L
E_1
E_2

FIG. 2A

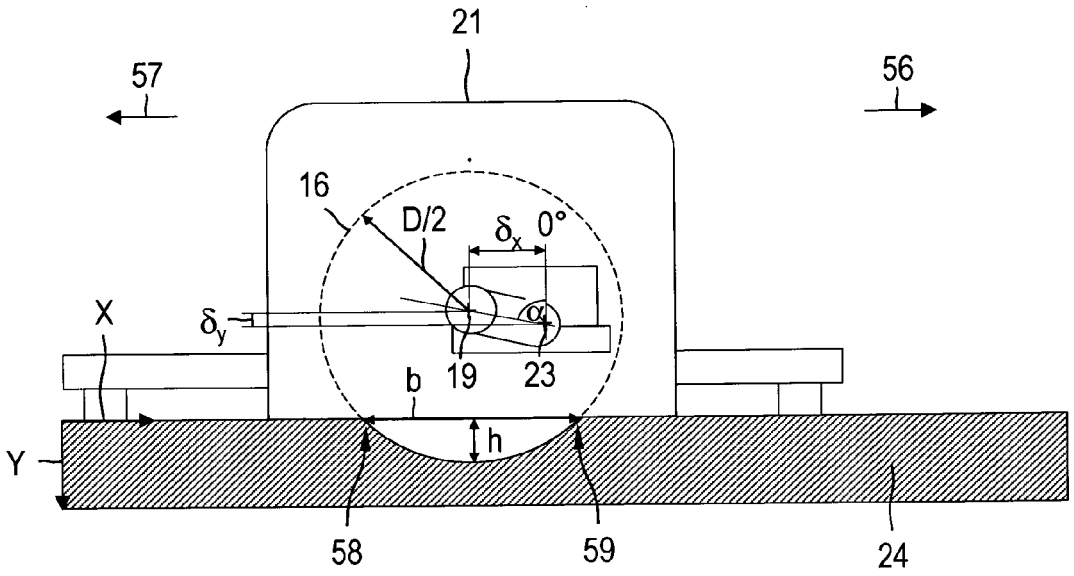

21
57
56
16
D/2
δ_x
0°
X
δ_y
α
19
23
b
h
Y
58
59
24

FIG. 2B

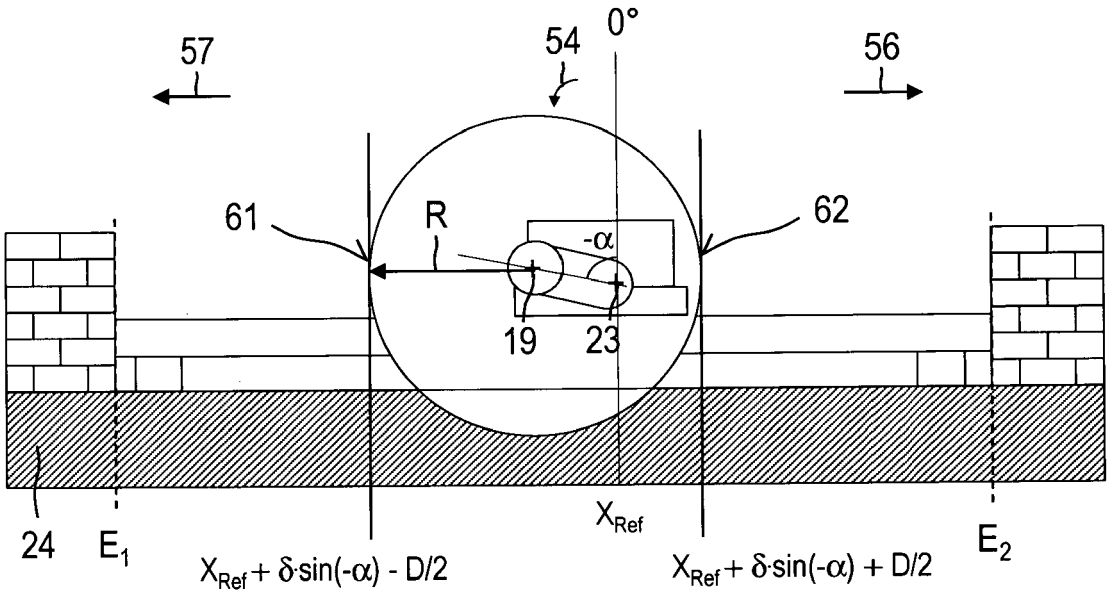

57
54
0°
56
61
R
-α
62
19
23
24
E1
XRef
E2
XRef + δ·sin(-α) - D/2
XRef + δ·sin(-α) + D/2

FIG. 3A

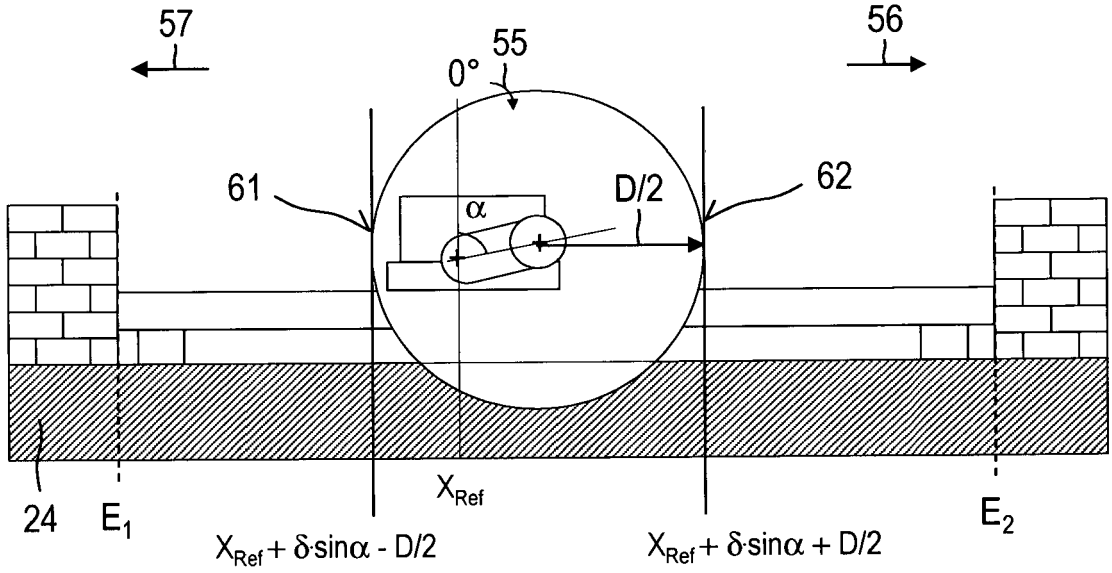

57
56
0°
55
61
α
D/2
62
24
E1
XRef
E2
XRef + δ·sinα - D/2
XRef + δ·sinα + D/2

FIG. 3B

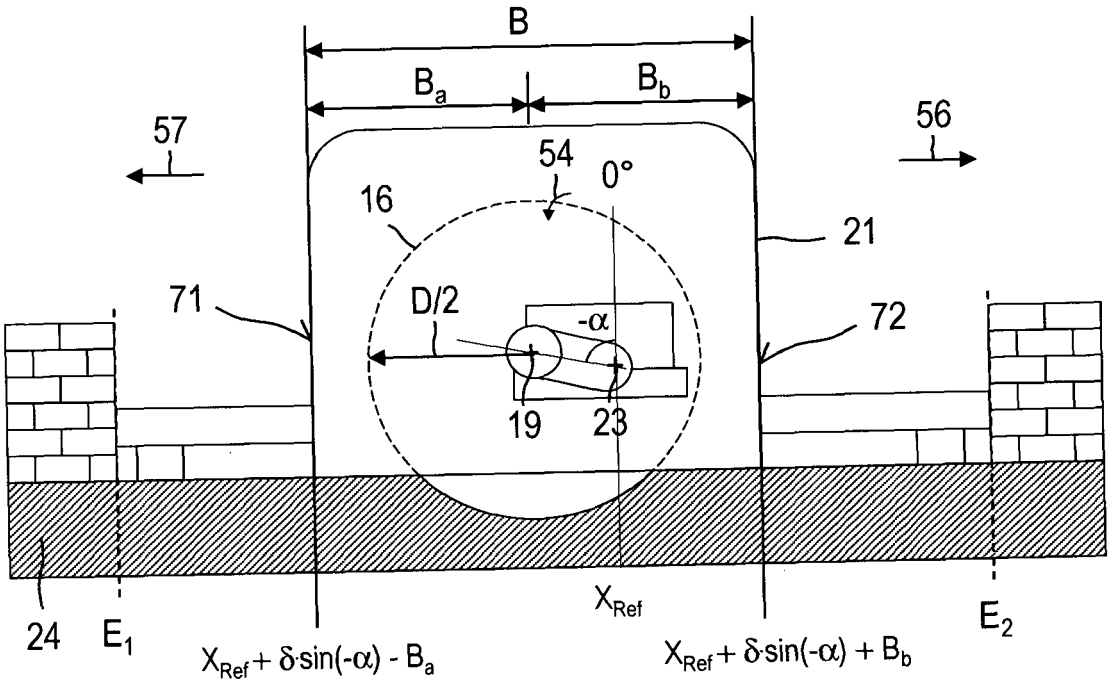

B
B_a
B_b
57
56
54
0°
16
21
71
D/2
-α
72
19
23
24
E_1
X_{Ref}
E_2
X_{Ref} + δ·sin(-α) - B_a
X_{Ref} + δ·sin(-α) + B_b

FIG. 4A

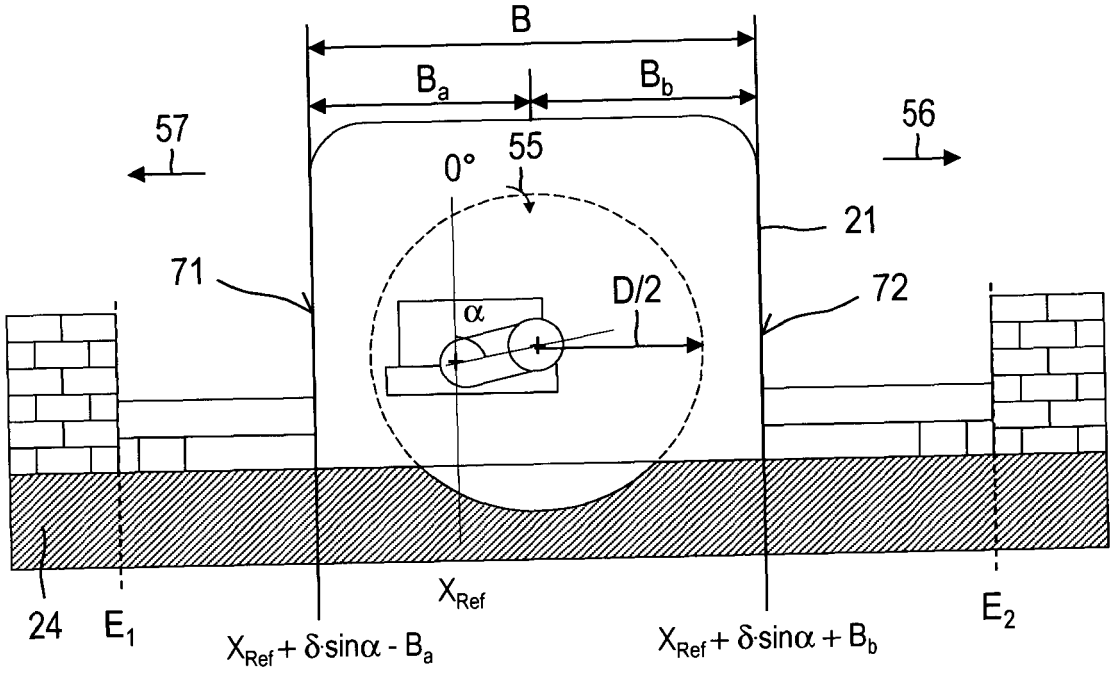

B
B_a
B_b
57
56
0°
55
21
71
D/2
α
72
24
E_1
X_{Ref}
E_2
X_{Ref} + δ·sinα - B_a
X_{Ref} + δ·sinα + B_b

FIG. 4B

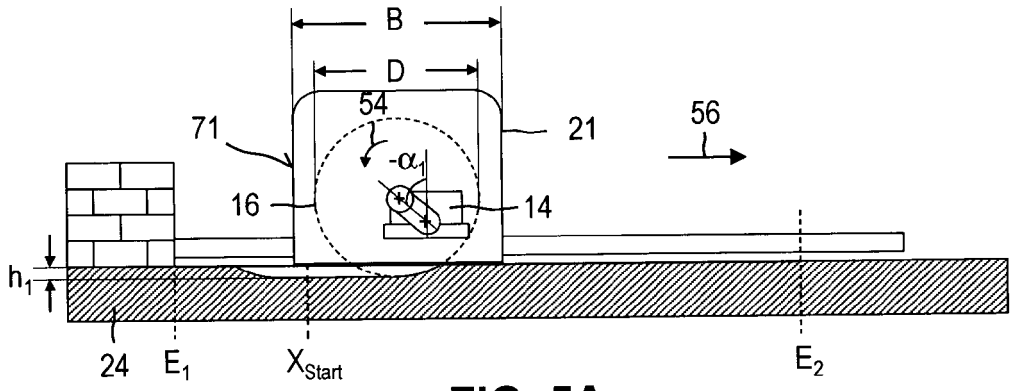


FIG. 5A

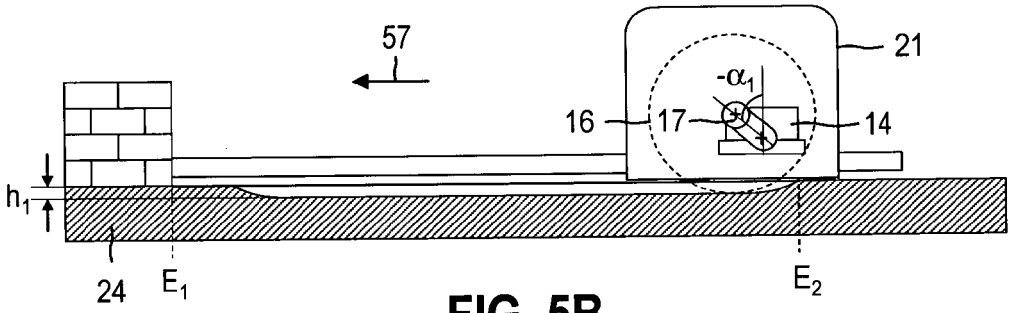


FIG. 5B

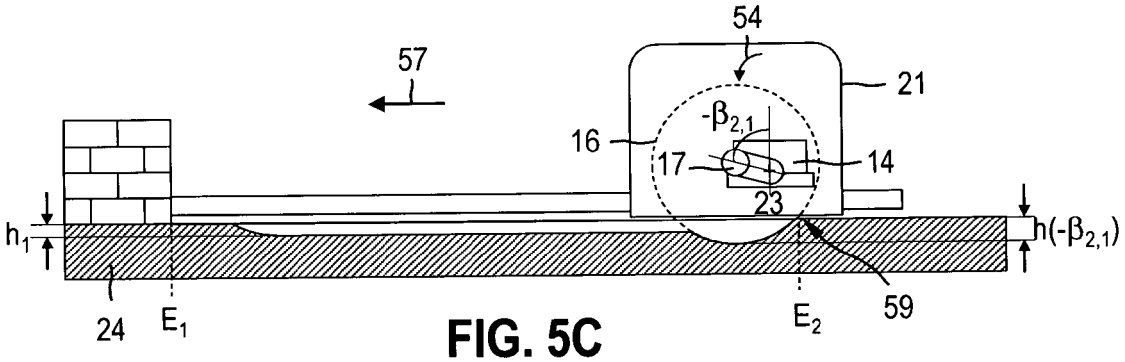


FIG. 5C

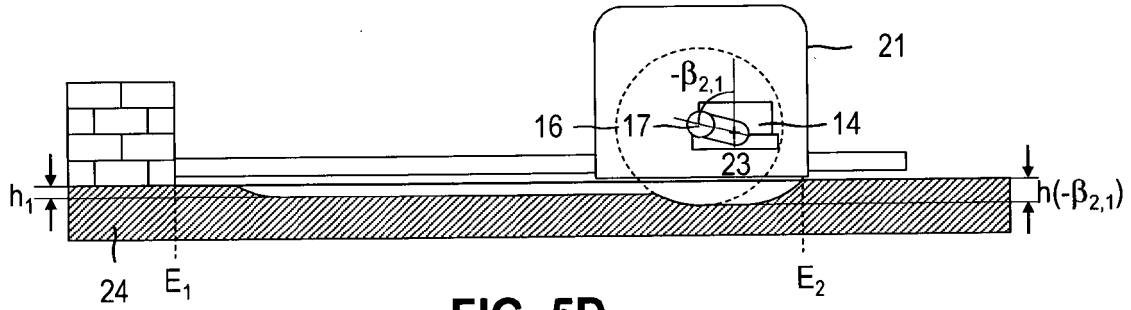


FIG. 5D

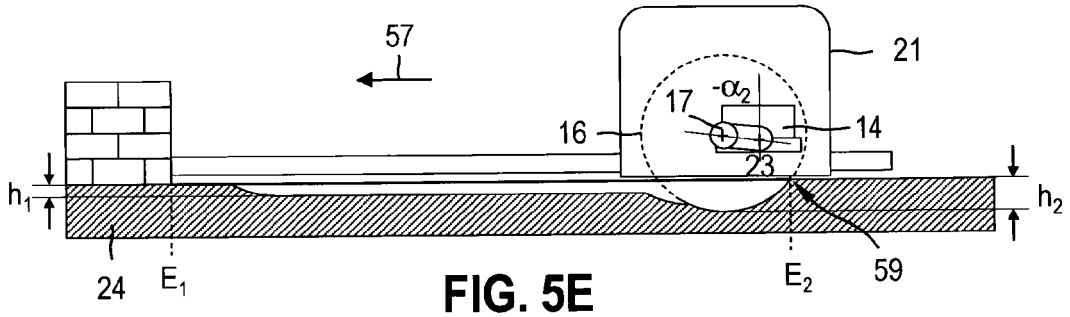


FIG. 5E

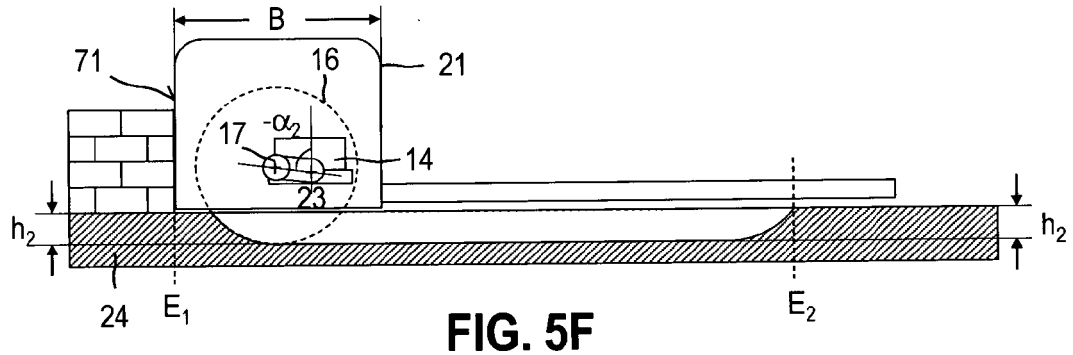


FIG. 5F

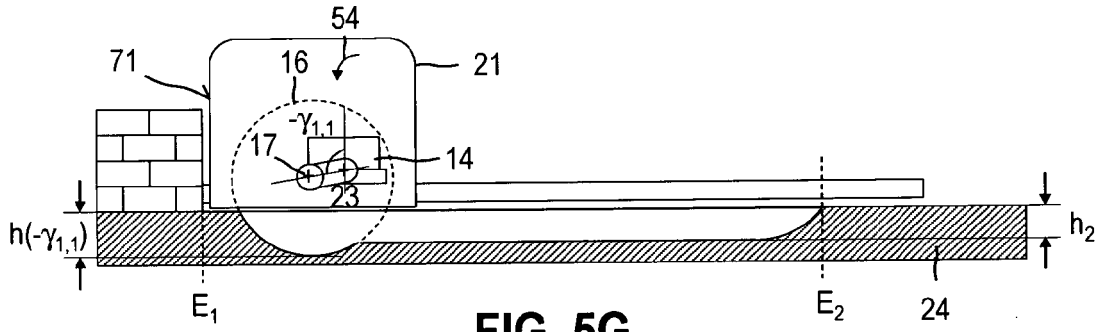


FIG. 5G

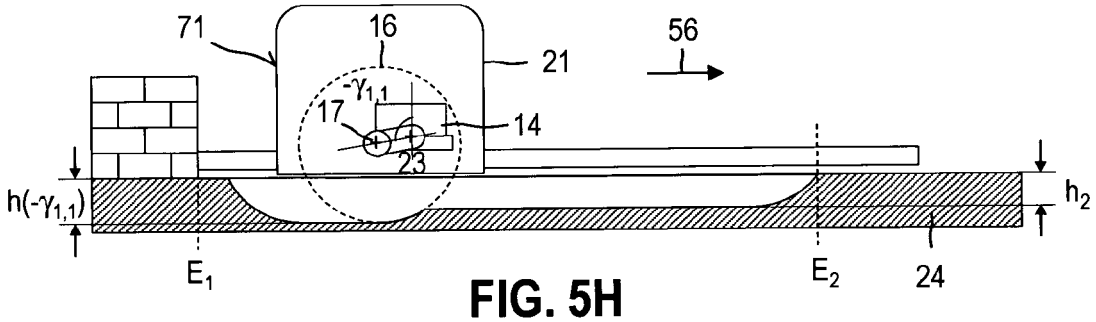


FIG. 5H

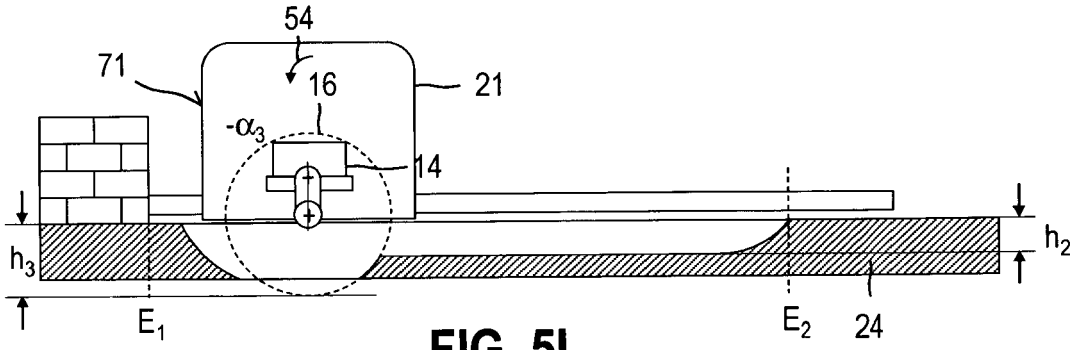


FIG. 5I

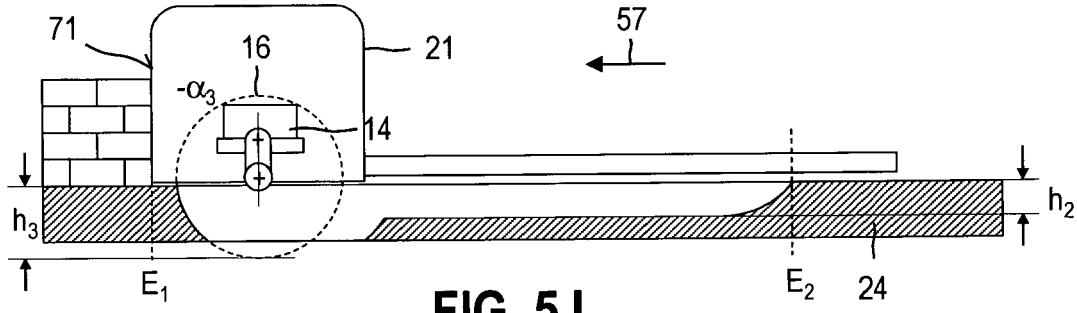


FIG. 5J

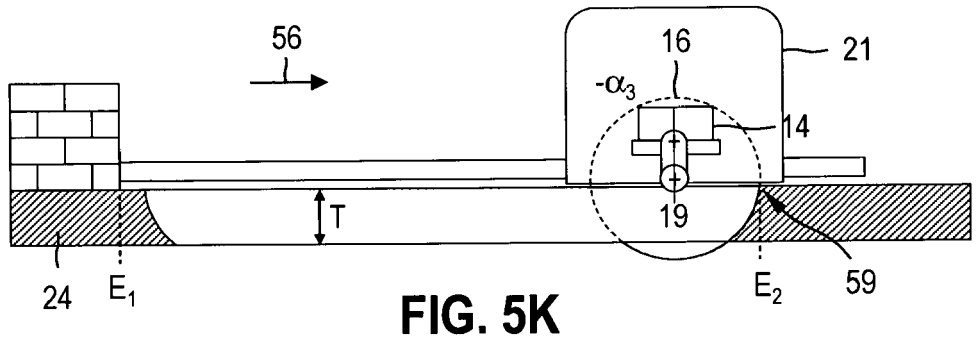


FIG. 5K

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 14 00 3100

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2014/124912 A1 (HILTI AG [LI]) 21. August 2014 (2014-08-21) * Seite 3, Zeilen 19-31; Abbildungen *	1-14	INV. B28D1/04 B28D7/00
X,D	EP 1 693 173 B1 (HILTI AG [LI]) 27. November 2013 (2013-11-27) * Absätze [0011], [0014], [0015], [0020], [0022]; Abbildung 3 *	1-14	
A	WO 2014/128095 A1 (HILTI AG [LI]) 28. August 2014 (2014-08-28) * Seite 8, Zeile 33 - Seite 9, Zeile 16; Abbildungen *	1-14	
A	WO 2014/124931 A1 (HILTI AG [LI]) 21. August 2014 (2014-08-21) * Ansprüche; Abbildungen *	1-14	

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)

B28D
B23D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	17. April 2015	Popma, Ronald

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 : nichtschriftliche 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 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 14 00 3100

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.

17-04-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014124912 A1	21-08-2014	DE 102013202442 A1	14-08-2014
		WO 2014124912 A1	21-08-2014
EP 1693173 B1	27-11-2013	DE 102005000013 A1	31-08-2006
		EP 1693173 A1	23-08-2006
		ES 2440781 T3	30-01-2014
		JP 5201796 B2	05-06-2013
		JP 2006231920 A	07-09-2006
		US 2006189258 A1	24-08-2006
WO 2014128095 A1	28-08-2014	DE 102013202754 A1	21-08-2014
		WO 2014128095 A1	28-08-2014
WO 2014124931 A1	21-08-2014	DE 102013202445 A1	14-08-2014
		WO 2014124931 A1	21-08-2014

EPO FORM P0461

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

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 1693173 B1 **[0002]**