



(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: **14003103.0**

(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

- **Stevic, Dragan**
AT-6800 Feldkirch-Tosters (AT)
- **Bereuter, Christian**
AT-6951 Lingenau (AT)
- **Hricko, Peter**
CH-9470 Buchs (CH)

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

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

(72) Erfinder:
• **Kaneider, Wilfried**
AT-6830 Rankweil (AT)

(54) **Verfahren zur Steuerung 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 Bewegung des Sägekopfes (14) wird an den Endpunkten so gesteuert, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) eine, dem Endpunkt zugewandte Begrenzung der Wandsäge (12) mit dem Endpunkt zusammenfällt. Die Begrenzung der Wandsäge (12) wird bei einem freien Endpunkt durch einen oberen Austrittspunkt des Sägeblattes (16) gebildet und bei einem Hindernis durch die Sägeblattkante des Sägeblattes (16), wenn die Bearbeitung ohne Blattschutz (21) erfolgt, oder durch die Blattschutzkante des Blattschutzes (21), wenn die Bearbeitung mit Blattschutz (21) erfolgt.

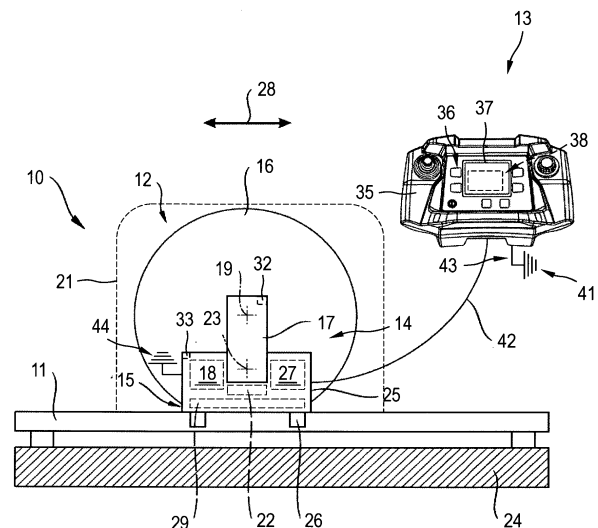


FIG. 1

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 Durch-

messer des verwendeten Sägeblattes umfasst.

[0004] Nach dem Start der gesteuerten Bearbeitung wird der Sägekopf in eine Startposition positioniert. In der Startposition wird der Sägearm in einer negativen Drehrichtung um die Schwenkachse geschwenkt und unter dem negativen ersten Hauptschnittwinkel angeordnet. Der Sägekopf wird in einer positiven Vorschubrichtung entlang der Führungsschiene in Richtung des zweiten Endpunktes verfahren, wobei sich der Sägearm bei der Bearbeitung in einer ziehenden Anordnung befindet. Vor dem Erreichen des zweiten Endpunktes wird der Sägekopf angehalten und in einer, zur positiven Vorschubrichtung entgegen gerichteten, negativen Vorschubrichtung hinreichend weit zurückgesetzt. Der Sägearm wird in einer, zur negativen Drehrichtung entgegen gerichteten, positiven Drehrichtung aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel in einen positiven Hauptschnittwinkel des Sägearms umgeschwenkt.

[0005] In einer ersten Variante wird der Sägearm aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel in den positiven ersten Hauptschnittwinkel umgeschwenkt und der Sägekopf wird in der positiven Vorschubrichtung auf den zweiten Endpunkt zu bewegt, wobei sich der Sägearm in einer stoßenden Anordnung befindet. Bei Erreichen des zweiten Endpunktes wird die Vorschubrichtung umgekehrt und der Sägekopf wird in der negativen Vorschubrichtung auf den ersten Endpunkt zu bewegt, wobei sich der Sägearm in einer ziehenden Anordnung befindet. Vor dem ersten Endpunkt wird der Sägekopf angehalten und in der positiven Vorschubrichtung hinreichend weit zurückgesetzt. Der Sägearm wird aus dem positiven ersten Hauptschnittwinkel in den negativen ersten Hauptschnittwinkel umgeschwenkt und der Sägekopf wird in der negativen Vorschubrichtung auf den ersten Endpunkt zu bewegt, wobei sich der Sägearm in einer stoßenden Anordnung befindet.

[0006] In einer zweiten Variante wird der Sägearm aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel umgeschwenkt und der Sägekopf wird in der positiven Vorschubrichtung auf den zweiten Endpunkt zu bewegt, wobei sich der Sägearm in einer stoßenden Anordnung befindet. Bei Erreichen des zweiten Endpunktes wird die Vorschubrichtung umgekehrt und der Sägekopf wird in der negativen Vorschubrichtung auf den ersten Endpunkt zu bewegt, wobei sich der Sägearm in einer ziehenden Anordnung befindet. Vor dem ersten Endpunkt wird der Sägekopf angehalten und in der positiven Vorschubrichtung hinreichend weit zurückgesetzt. Der Sägearm wird aus dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel in einen positiven Hauptschnittwinkel umgeschwenkt und der Sägekopf wird in der negativen Vorschubrichtung auf den ersten Endpunkt zu bewegt, wobei sich der Sägearm in einer stoßenden Anordnung befindet. Wenn der zweite Hauptschnitt den letzten Hauptschnitt darstellt, wird der Sägearm in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel umgeschwenkt. Wenn ein dritter Hauptschnitt mit einem dritten Hauptschnittwinkel durchgeführt wird, wird der Sägearm

aus dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel in den positiven dritten Hauptschnittwinkel des dritten Hauptschnittes umgeschwenkt. Die Verfahrensschritte werden solange wiederholt, bis die Endtiefe des Trennschnittes erreicht ist.

[0007] Das bekannte Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems hat den Nachteil, dass der Sägekopf vor der Bearbeitung in stoßender Anordnung des Sägearms zurückgesetzt wird. Beim Zurücksetzen erfolgen lediglich eine Positionierung des Sägekopfes und keine Bearbeitung des Werkstückes. Die zur Positionierung erforderliche Zeit verlängert vor allem bei kurzen Schnitten die Nebenzeiten.

Darstellung der Erfindung

[0008] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems mit einer hohen Bearbeitungsqualität zu entwickeln, bei dem die Nebenzeiten zum Positionieren des Sägekopfes und des Sägearms reduziert sind.

[0009] 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.

[0010] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Sägekopf bei der gesteuerten Bearbeitung so verfahren wird, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den neuen Schwenkwinkel 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 einer 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.

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung eines Wandsägesystems hat den Vorteil, dass eine Bearbeitung mit einem ausschließlich ziehend angeordneten Sägearm möglich ist und Nebenzeiten zum Positionieren des Sägekopfes durch eine entsprechende Positionssteuerung des Sägekopfes reduziert sind. Für die Steuerung des Verfahrens beim Übergang vom ersten Hauptschnitt zum zweiten Hauptschnitt wird die zweite Begrenzung der Wandsäge herangezogen. Die zweite Begrenzung wird bei einem freien Endpunkt ohne Hindernis durch den zweiten oberen Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes gebildet und bei einem Hindernis durch die zweite Sägeblattkante (ohne Blattschutz) und

die zweite Blattschutzkante (mit Blattschutz).

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] Das erfindungsgemäße Steuerungsverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die zweite Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den neuen Schwenkwinkel mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt. Der neue Schwenkwinkel entspricht in einer ersten Weiterentwicklung dem ersten Hauptschnittwinkel des ersten Hauptschnittes und in einer zweiten Weiterentwicklung dem zweiten Hauptschnittwinkel des zweiten Hauptschnittes.

[0015] In der ersten Weiterentwicklung wird der Sägearm in der positiven Drehrichtung aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel in den positiven ersten Hauptschnittwinkel geschwenkt und nach der Schwenkbewegung in den positiven ersten Hauptschnittwinkel fällt der zweite obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt 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 beim positiven ersten Hauptschnittwinkel mit dem ersten Durchmesser bezeichnet, die zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $D_1/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_1)$ aufweist,

und die zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $B_{1b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_1)$ aufweist.

[0016] Beim erfindungsgemäßen Verfahren wird der Sägearm ausschließlich ziehend angeordnet und der Sägearm in einer Position umgeschwenkt, dass nach dem Umschwenken die zweite Begrenzung der Wandsäge mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt. Durch das Umschwenken verbleibt im Bereich der Schwenkachse Restmaterial. Das Restmaterial des ersten Hauptschnittes wird in einer ersten Variante vollständig im ersten Hauptschnitt entfernt und in einer zweiten Variante teilweise im ersten Hauptschnitt entfernt.

[0017] In der ersten Variante wird der Sägekopf in einer, zur positiven Vorschubrichtung entgegen gerichteten, negativen Vorschubrichtung um eine Weglänge von mindestens $2\delta \cdot |\sin(+\alpha_1)|$ verfahren und der Sägekopf anschließend so positioniert, dass die zweite Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wobei der zweite obere Austrittspunkt mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Durchmesser bezeichnet, die zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $D_2/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $B_{2b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist.

[0018] Die erste Variante wird als vollständiges Entfernen des Restmaterials bezeichnet. Die Weglänge ist so eingestellt, dass das durch das Umschwenken des Sägearms nicht abgetragene Restmaterial vollständig erfasst wird. Nach dem Entfernen des Restmaterials erfolgt die Positionierung des Sägekopfes für den zweiten Hauptschnitt, wobei bei einem freien Endpunkt ohne Hindernis der zweite obere Austrittspunkt herangezogen wird, mit Hindernis die zweite Sägeblattkante oder die zweite Blattschutzkante, abhängig davon, ob die Bearbeitung ohne Blattschutz oder mit Blattschutz erfolgt. Die erste Variante hat den Vorteil, dass das Restmaterial vollständig im ersten Hauptschnitt entfernt wird und im zweiten Hauptschnitt nur die Schnitttiefe des zweiten Hauptschnittes entfernt werden muss. Daher eignet sich die erste Variante für leistungsschwächere Antriebsmotoren.

[0019] In der zweiten Variante wird der Sägekopf in der negativen Vorschubrichtung so verfahren, dass die zweite Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Endpunkt zusammen-

menfällt, wobei der zweite obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Durchmesser bezeichnet, die zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $D_2/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $B_{2b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist.

[0020] Die zweite Variante wird als teilweises Entfernen des Restmaterials bezeichnet. Dabei werden das Entfernen des Restmaterials und das Positionieren des Sägekopfes für den zweiten Hauptschnitt zusammengefasst. Nach dem Umschwenken des Sägearms in den positiven ersten Hauptschnittwinkel wird der Sägekopf verfahren, bis die Schwenkachse einen definierten Abstand zum zweiten Endpunkt E_2 aufweist. Der Abstand hängt davon ab, ob der Endpunkt einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt oder, wenn der Endpunkt ein Hindernis, ob die Bearbeitung ohne Blattschutz oder mit Blattschutz erfolgt. Der Abstand ist so eingestellt, dass die zweite Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt. Die zweite Variante hat den Vorteil, dass das Entfernen des Restmaterials und Positionieren für den zweiten Hauptschnitt zusammengefasst werden und der zusätzliche Positionierschritt entfällt; andererseits muss im zweiten Hauptschnitt eine höhere Schnitttiefe abgetragen werden. Daher eignet sich die zweite Variante für leistungsstarke Wandsägen.

[0021] In der zweiten Weiterentwicklung wird der Sägearm in der positiven Drehrichtung aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel geschwenkt und nach der Schwenkbewegung in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel fällt der zweite obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Durchmesser bezeichnet, die zweite Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $D_2/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, und die zweite Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum zweiten Endpunkt von $B_{2b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist.

[0022] Die zweite Weiterentwicklung des Steuerungs-

verfahrens verzichtet völlig auf ein Entfernen des Restmaterials im ersten Hauptschnitt. Der Abstand wird so eingestellt, dass die zweite Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel mit dem zweiten Endpunkt zusammenfällt. Diese Variante ohne Entfernen des Restmaterials weist die niedrigsten Nebenzeiten auf; allerdings ist ein leistungsstarker Antriebsmotor für das Sägeblatt erforderlich, der die größere Schnitttiefe am Endpunkt bearbeiten kann.

[0023] Besonders bevorzugt wird der Sägekopf mit dem, unter dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel, geneigten Sägearm in der negativen Vorschubrichtung verfahren. Anschließend wird der Sägekopf bei der von der Kontrolleinheit gesteuerten Bearbeitung so verfahren, dass eine, dem ersten Endpunkt zugewandte erste Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel in einen neuen Schwenkwinkel 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.

[0024] Das erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass auch die, dem ersten Endpunkt, zugewandte, erste Begrenzung der Wandsäge zur Steuerung genutzt wird. Nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den neuen Schwenkwinkel fällt die erste Begrenzung der Wandsäge mit dem ersten Endpunkt zusammen. Der neue Schwenkwinkel entspricht in einer ersten Weiterentwicklung dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel des zweiten Hauptschnittes und in einer zweiten Weiterentwicklung dem negativen dritten Hauptschnittwinkel eines folgenden dritten Hauptschnittes.

[0025] In der ersten Weiterentwicklung wird der Sägearm in der negativen Drehrichtung aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel geschwenkt und nach der Schwenkbewegung in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel fällt der erste obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)] - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)}$ aufweist, wobei $h_2 = h(-\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim negativen 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 $D_2/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{2a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ aufweist.

[0026] In einer ersten Ausführungsform stellt der zweite Hauptschnitt den letzten Hauptschnitt der Hauptschnittfolge dar. Der Sägearm wird in der negativen Drehrichtung aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel geschwenkt und nach der Schwenkbewegung in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel fällt der erste obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)] - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)}$ aufweist, wobei $h_2 = h(-\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim negativen 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 $D_2/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{2a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ aufweist.

[0027] Bevorzugt wird der Sägekopf in der positiven Vorschubrichtung mit dem, unter dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel geneigten Sägearm um eine Weglänge von mindestens $2\delta \cdot |\sin(-\alpha_2)|$ verfahren. Diese Weglänge stellt sicher, dass das Restmaterial des zweiten Hauptschnittes vollständig abgetragen wurde.

[0028] Alternativ umfasst die Hauptschnittfolge einen, nach dem zweiten Hauptschnitt durchzuführenden dritten Hauptschnitt mit einem dritten Hauptschnittwinkel des Sägearms, einem dritten Durchmesser des verwendeten Sägeblattes und einer dritten Breite des verwendeten Blattschutzes mit einem ersten und zweiten Abstand zu den Blattschutzkanten, wobei der Sägearm beim dritten Hauptschnitt in einer ziehenden Anordnung angeordnet wird und der Sägekopf in der positiven Vorschubrichtung verfahren wird.

[0029] In einer ersten Variante wird der Sägekopf in der negativen Vorschubrichtung so verfahren, dass die erste Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wobei die erste Begrenzung 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.

[0030] Zum Abtragen des Restmaterials wird der Sägekopf in der positiven Vorschubrichtung mit dem, unter dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel geneigten Sägearm um eine Weglänge von mindestens $2\delta \cdot |\sin(-\alpha_2)|$ verfahren und der Sägekopf anschließend so positioniert wird, dass die erste Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den negativen dritten Hauptschnittwinkel mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wobei der erste obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)] - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)}$ aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim negativen dritten Hauptschnittwinkel mit dem dritten Durchmesser bezeichnet, die erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $D_3/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{3a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist.

[0031] In einer zweiten Variante wird der Sägekopf in der positiven Vorschubrichtung so verfahren, dass die erste Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms in den negativen dritten Hauptschnittwinkel mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wobei der erste obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)] - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)}$ aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim negativen dritten Hauptschnittwinkel mit dem dritten Durchmesser bezeichnet, die erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $D_3/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{3a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist.

[0032] In einer dritten Variante wird der Sägearm in der negativen Drehrichtung aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel in den negativen dritten Hauptschnittwinkel geschwenkt und nach der Schwenkbewegung in den negativen dritten Hauptschnittwinkel fällt der erste obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)] - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)}$ aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück beim negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) mit dem dritten Durchmesser bezeichnet, die erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen,

wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $D_3/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{3a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist.

[0033] Die dritte Variante verzichtet vollständig auf ein Entfernen des Restmaterials im zweiten Hauptschnitt. Der Abstand wird so eingestellt, dass die erste Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung des Sägearms mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt. Die Variante ohne Entfernen des Restmaterials weist die niedrigsten Nebenzeiten auf; allerdings ist ein leistungsstarker Antriebsmotor erforderlich, der die größere Schnitttiefe am Endpunkt bearbeiten kann.

[0034] Der erste und zweite Hauptschnitt werden mit einem Sägeblatt und einem Blattschutz durchgeführt oder alternativ wird der erste Hauptschnitt mit einem ersten Sägeblatt und einem ersten Blattschutz durchgeführt, wobei das erste Sägeblatt einen ersten Sägeblattdurchmesser und der erste Blattschutz eine erste Blattschutzbreite aufweisen, und der zweite Hauptschnitt wird mit einem zweiten Sägeblatt und einem zweiten Blattschutz durchgeführt, wobei das zweite Sägeblatt einen zweiten Sägeblattdurchmesser und der zweite Blattschutz eine zweite Blattschutzbreite aufweisen.

[0035] In einer bevorzugten Variante stellt der erste Hauptschnitt der Hauptschnittfolge einen Vorschnitt dar und der Sägekopf wird nach dem Start der von der Kontrolleinheit gesteuerten Bearbeitung in eine Startposition positioniert wird, wobei in der Startposition die, dem ersten Endpunkt zugewandte erste Begrenzung der Wandsäge nach der Schwenkbewegung in den negativen ersten Hauptschnittwinkel mit dem ersten Endpunkt zusammenfällt.

[0036] Dabei fällt der erste obere Austrittspunkt des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt 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 beim negativen ersten Hauptschnittwinkel mit dem ersten Durchmesser bezeichnet, die erste Sägeblattkante des verwendeten Sägeblattes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $D_1/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ aufweist, und die erste Blattschutzkante des verwendeten Blattschutzes fällt mit dem ersten Endpunkt zusammen, wenn die Schwenkachse einen Abstand zum ersten Endpunkt von $B_{1a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ aufweist.

[0037] Das erfindungsgemäße Verfahren gilt für alle Hauptschnitte, bei denen der Hauptschnittwinkel kleiner oder gleich einem kritischen Schwenkwinkel ist. Der kritische Schwenkwinkel entspricht $\pm 90^\circ$, wenn der Endpunkt ein Hindernis darstellt, und der kritische Schwenkwinkel entspricht $180^\circ - \arccos[\Delta/(\delta + D/2)]$, wenn der Endpunkt einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt.

Ausführungsbeispiele

[0038] 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 beliebiger 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.

[0039] Es zeigen:

- FIG. 1 ein Wandsägesystem mit einer Führungsschiene und einer Wandsäge;
- FIG. 2A, B die Bearbeitung eines Trennschnittes zwischen einem ersten und zweiten freien Endpunkt ohne Hindernis;
- FIG. 3A, B die Bearbeitung eines Trennschnittes zwischen einem ersten und zweiten Hindernis mit einem Sägeblatt, das nicht von einem Blattschutz umgeben ist;
- FIG. 4A, B die Bearbeitung eines Trennschnittes zwischen einem ersten und zweiten Hindernis mit einem Sägeblatt, das von einem Blattschutz umgeben ist;
- FIG. 5A-N das Wandsägesystem der FIG. 1 bei Erstellen eines Trennschnittes zwischen einem ersten freien Endpunkt ohne Hindernis und einem zweiten freien Endpunkt ohne Hindernis mit Hilfe des erfindungsgemässen Verfahrens; und

FIG. 6A-H das Wandsägesystem der FIG. 1 bei Erstellen eines weiteren Trennschnittes zwischen einem Hindernis und einem freien Endpunkt ohne Hindernis mit Hilfe des erfindungsgemässen Verfahrens.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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 **E₁** und einem zweiten Endpunkt **E₂**. Als **X-Richtung** ist eine Richtung parallel zur Vorschubrichtung **28** definiert, wobei die positive X-Richtung vom ersten Endpunkt **E₁** zum zweiten Endpunkt **E₂** gerichtet ist, und als **Y-Richtung** ist eine Richtung senkrecht zur X-Richtung in die Tiefe des Werkstückes **24** definiert.

[0045] Der Endpunkt eines Trennschnittes kann als freier Endpunkt ohne Hindernis oder als Hindernis definiert 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 **E₁**, **E₂** freie Endpunkte ohne Hindernis, wobei am freien ersten Endpunkt **E₁** ein Überschneiden nicht zulässig ist und am zweiten Endpunkt **E₂** ein Überschneiden erfolgt ist.

[0046] FIG. **2A** zeigt den Sägekopf **14** in einer Montageposition **X₀** und den Sägearm **17** in einer Grundposition von **0°**. Der Sägekopf **14** wird vom Bediener mittels des Führungsschlittens **26** in der Montageposition **X₀** auf der Führungsschiene **11** positioniert. Die Montageposition **X₀** des Sägekopfes **14** liegt zwischen dem ersten und zweiten Endpunkt **E₁**, **E₂** und ist durch die Position der Schwenkachse **23** in Vorschubrichtung **28** bestimmt. Die Position der Schwenkachse **23** eignet sich besonders als Referenzposition **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.

[0047] Die X-Positionen des ersten und zweiten Endpunktes **E₂** sind im Ausführungsbeispiel durch die Eingabe von Teillängen festgelegt. Der Abstand zwischen der Montageposition **X₀** und dem ersten Endpunkt **E₁** bestimmt eine erste Teillänge **L₁** und der Abstand zwischen der Montageposition **X₀** und dem zweiten End-

punkt **E₂** eine zweite Teillänge **L₂**. Alternativ können die X-Positionen der Endpunkte **E₁**, **E₂** durch die Eingabe einer Teillänge (**L₁** oder **L₂**) und einer Gesamtlänge **L** als Abstand zwischen den Endpunkten **E₁**, **E₂** festgelegt werden.

[0048] Der Trennschnitt **51** wird in mehreren Teilschnitten erstellt, bis die gewünschte Endtiefe **T** erreicht ist. Die Teilschnitte zwischen dem ersten und zweiten Endpunkt **E₁**, **E₂** 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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] Das Sägeblatt **16** ist auf einem Flansch am Sä-

gearm 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.

[0052] 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 Blattschutzze mit entsprechenden Blattschutzbreiten eingesetzt.

[0053] 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 $+180^\circ$ 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.

[0054] Bei einem Schwenkwinkel von $\pm 180^\circ$ 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 $\delta \cos(\pm\alpha)$.

[0055] 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 $D/2 = h + \Delta + \delta \cos(\alpha)$, 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.

[0056] 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 $h = h(\alpha, D)$.

[0057] 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.

[0058] FIG. 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.

[0059] 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 $X(61) = X_{Ref} + \delta \sin(-\alpha) - D/2$ und für die zweite Sägeblattkante 62 gilt $X(62) = X_{Ref} + \delta \sin(-\alpha) + D/2$. FIG. 3B zeigt die Wandsäge 12 mit dem, in der positiven Drehrichtung 55 unter einem positiven Schwenkwinkel α (0° bis $+180^\circ$), geneigten Sägearm 17. Für die erste Sägeblattkante 61 gilt $X(61) = X_{Ref} + \delta \sin(\alpha) - D/2$ und für die zweite Sägeblattkante 62 gilt $X(62) = X_{Ref} + \delta \sin(\alpha) + D/2$.

[0060] FIG. 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 Blatt-

schutz 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.

[0061] 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 B_a und der Abstand zur zweiten Blattschutzkante 72 als zweiter Abstand B_b bezeichnet werden.

[0062] 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 $+180^\circ$), 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 $X(72) = X_{Ref} + \delta \cdot \sin(\alpha) + B_b$.

[0063] 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 Endpunkt 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).

[0064] 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.

[0065] FIGN. 5A-N 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 dem ersten Endpunkt E_1 , der als freier Endpunkt ohne Hindernis definiert ist, und dem zweiten Endpunkt E_2 , der ebenfalls als freier Endpunkt ohne Hindernis definiert ist. Die Steuerung der Wandsäge 12 erfolgt am ersten Endpunkt E_1 über den ersten oberen Austrittspunkt 58 des verwendeten Sägeblattes und am zweiten Endpunkt E_2 über den zweiten oberen Austrittspunkt 59 des verwendeten Sägeblattes.

[0066] Die Bearbeitung des Trennschnittes erfolgt mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Wandsägesystems. Der Trennschnitt umfasst eine Hauptschnittfolge von mindestens zwei Hauptschnitten, die zwischen dem ersten Endpunkt E_1 und dem zweiten Endpunkt E_2 durchgeführt werden, sowie eine erste Eckenbearbeitung am ersten Endpunkt E_1 und eine zweite Eckenbearbeitung am zweiten Endpunkt E_2 . Wenn ein Überschneiden an einem Endpunkt erlaubt ist, wird eine Überschchnittfolge für den freien Endpunkt definiert, andernfalls wird eine Eckenschnittfolge definiert.

[0067] Die Hauptschnittfolge umfasst einen ersten Hauptschnitt mit einem ersten Hauptschnittwinkel α_1 des Sägearms 17, einem ersten Durchmesser D_1 des verwendeten Sägeblattes, einer ersten Eindringtiefe h_1 des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück 24 und einer ersten Breite B_1 des verwendeten Blattschutzes sowie einen folgenden zweiten Hauptschnitt mit einem zweiten Hauptschnittwinkel α_2 des Sägearms 17, einem zweiten Durchmesser D_2 des verwendeten Sägeblattes, einer zweiten Eindringtiefe h_2 des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück 24 und einer zweiten Breite B_2 des verwendeten Blattschutzes.

[0068] Der erste und zweite Hauptschnitt werden im Ausführungsbeispiel mit demselben Sägeblatt 16 und demselben Blattschutz 21 durchgeführt. Daher stimmen der erste Durchmesser D_1 des ersten Hauptschnittes und der zweite Durchmesser D_2 des zweiten Hauptschnittes mit dem Sägeblattdurchmesser D des Sägeblattes 16 überein, ebenso stimmen die erste Breite B_1 des ersten Hauptschnittes und die zweite Breite B_2 des zweiten Hauptschnittes mit der Blattschutzbreite B des Sägeblattes 16 überein. Im Ausführungsbeispiel ist der Blattschutz 21 symmetrisch aufgebaut und der Abstand der Drehachse 19 zu den Blattschutzkanten 71, 72 entspricht $B/2$. Bei einem asymmetrischen Blattschutz werden der erste Abstand B_a zur ersten Blattschutzkante 71 und der zweite Abstand B_b zur zweiten Blattschutzkante 72 verwendet.

[0069] FIG. 5A zeigt die Wandsäge 12 in der Montageposition X_0 des Sägekopfes 14 und der Grundposition 0° des Sägearms 17. Nach dem Start des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Sägekopf 14 aus der Montageposition X_0 in eine Startposition X_{Start} verfahren (FIG. 5B). Im Ausführungsbeispiel beginnt die Bearbeitung des ersten Hauptschnittes am ersten Endpunkt E_1 . In der Startposition X_1 weist die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_1 \cdot (D_1 - h_1)] - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)}$ zum ersten Endpunkt E_1 auf, wobei $h_1 = h(-\alpha_1, D_1) = D_1/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_1)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes 16 in das Werkstück 24 beim negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ bezeichnet.

[0070] Zum Einstechen des Sägeblattes 16 in das Werkstück 24 wird das Sägeblatt 16 vom Antriebsmotor 18 um die Drehachse 19 angetrieben und der Sägearm 17 aus der Grundposition 0° in der negativen Drehrichtung 54 um die Schwenkachse 23 geschwenkt. Der Schwenkwinkel des Sägearms 17 wird während der

Schwenkbewegung regelmäßig vom Schwenkwinkelsensor 32 gemessen. Sobald der negative erste Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ erreicht ist, wird die Schwenkbewegung des Sägearms 17 unterbrochen (FIG. 5C). Beim Positionieren des Sägekopfes 14 in FIG. 5B wurde der Abstand zum ersten Endpunkt E_1 so eingestellt, dass der, dem ersten Endpunkt E_1 zugewandte, erste obere Austrittspunkt 58 des Sägeblattes 16 nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ mit dem ersten Endpunkt E_1 zusammenfällt.

[0071] Der Sägekopf 14 wird in der positiven Vorschubrichtung 56 auf den zweiten Endpunkt E_2 zu bewegt (FIG. 5D). Während der Vorschubbewegung wird die Position des Sägekopfes 14 regelmäßig vom Wegsensor 33 gemessen. Die Vorschubbewegung wird angehalten, wenn die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_1 \cdot (D_1 - h_1)] + \delta \cdot \sin(-\alpha_1)}$ zum zweiten Endpunkt E_2 aufweist (FIG. 5E). Anschließend wird der Sägearm 17 in der positiven Drehrichtung 55 um die Schwenkachse 23 aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ in den positiven ersten Hauptschnittwinkel $+\alpha_1$ umgeschwenkt (FIG. 5F). Bei der Berechnung des Abstandes zum zweiten Endpunkt E_2 wurde die Verschiebung der Drehachse 19 durch das Umschwenken von $-\alpha_1$ nach $+\alpha_1$ berücksichtigt. Der Abstand wurde 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 positiven ersten Hauptschnittwinkel $+\alpha_1$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt.

[0072] Durch das Umschwenken des Sägearms 17 verbleibt im Bereich der Schwenkachse 23 Restmaterial, das vom Sägeblatt 16 noch abgetragen werden muss. Das Restmaterial kann in einem separaten Schritt abgetragen werden oder das Restmaterial wird beim folgenden Hauptschnitt abgetragen. Bei der in FIG. 5G dargestellten Ausführungsform wird das Restmaterial vollständig im ersten Hauptschnitt abgetragen. Dazu wird der Sägekopf 14 nach dem Umschwenken in der negativen Vorschubrichtung 57 um eine Weglänge von $2\delta \cdot |\sin(-\alpha_1)|$ verschoben (FIG. 5G). Nach dem Abtragen ist der erste Hauptschnitt beendet und der zweite Hauptschnitt beginnt mit dem Positionieren des Sägekopfes 14.

[0073] 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 (FIG. 5H). In dieser Position wird der Sägearm 17 aus dem positiven ersten Hauptschnittwinkel $+\alpha_1$ in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ geschwenkt (FIG. 5I). Bei der Positionierung in FIG. 5H 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 positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt.

[0074] Der Sägekopf 14 wird in der negativen Vor-

schubrichtung 57 auf den ersten Endpunkt E_1 zu bewegt (FIG. 5J), wobei die Position des Sägekopfes 14 während der Vorschubbewegung vom Wegsensor 33 regelmäßig gemessen wird. Die Vorschubbewegung wird angehalten, wenn die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)] - \delta \cdot \sin(+\alpha_2)}$ zum ersten Endpunkt E_1 aufweist (FIG. 5K). Der Sägearm 17 wird in der negativen Drehrichtung 54 geschwenkt und in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ angeordnet (FIG. 5L). Bei der Einstellung des Abstandes zum ersten Endpunkt E_1 in FIG. 5K wurde der Abstand so eingestellt, dass der, dem ersten Endpunkt E_1 zugewandte, erste obere Austrittspunkt 58 des Sägeblattes 16 nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel $-\alpha_2$ mit dem ersten Endpunkt E_1 zusammenfällt.

[0075] Zum Abtragen des Restmaterials wird der Sägekopf 14 in der positiven Vorschubrichtung 56 um eine Weglänge von $2\delta \cdot |\sin(-\alpha_2)|$ verschoben (FIG. 5M). Nach dem Abtragen sind der zweite Hauptschnitt und damit auch der Trennschnitt zwischen dem ersten und zweiten Endpunkt E_1 , E_2 beendet. Zum Abschluss des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Sägearm 17 in die Grundposition 0° bewegt (FIG. 5N).

[0076] In den FIGN. 5E bis 5H sind ein vollständiges Abtragen des Restmaterials am Ende des ersten Hauptschnittes und das Positionieren des Sägekopfes 14 für den zweiten Hauptschnitt dargestellt. In einer ersten alternativen Variante werden das Abtragen des Restmaterials und das Positionieren des Sägekopfes 14 zusammengefasst. Nach dem Umschwenken des Sägearms 17 in den positiven ersten Hauptschnittwinkel $+\alpha_1$ wird der Sägekopf 14 in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren, bis 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. Der Abstand ist so eingestellt, dass der zweite obere Austrittspunkt 59 des Sägeblattes 16 nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt.

[0077] In einer alternativen zweiten Variante entfällt das Abtragen des Restmaterials. Der Sägekopf 14 wird von der Kontrolleinheit 29 in einer Position angehalten, in der die Schwenkachse 23 in Vorschubrichtung 28 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 negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ geschwenkt. Der Abstand ist 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 positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt. Die Variante ohne Abtragen des Restmaterials weist die niedrigsten Nebenzeiten der drei Varianten auf; allerdings ist ein leistungsstarker Antriebsmotor 18 erforderlich, der die größere Schnitttiefe am Endpunkt bearbeiten kann.

[0078] FIGN. 5A-N zeigen eine Hauptschnittfolge mit

einem ersten und zweiten Hauptschnitt. Die Anzahl der Hauptschnitte hängt unter anderem von der Endtiefe T des Trennschnittes, dem Werkstoff des Werkstückes 24 und der Leistung des Antriebsmotors 18 ab. Die Hauptschnittwinkel α_i und Eindringtiefen h_i der einzelnen Hauptschnitte können vom Bediener festgelegt werden oder die Kontrolleinheit 29 der Wandsäge 12 berechnet die Hauptschnittwinkel bzw. Eindringtiefen für die einzelnen Hauptschnitte aus den Randbedingungen des Trennschnittes.

[0079] FIGN. 6A-H zeigen das Wandsägesystem 10 mit der Wandsäge 12 beim Erstellen eines weiteren Trennschnittes zwischen einem ersten Endpunkt E_1 , der ein Hindernis darstellt, und einem zweiten Endpunkt E_2 , der als freier Endpunkt ohne Hindernis definiert ist. Die Steuerung der Wandsäge 12 erfolgt am ersten Endpunkt E_1 über die erste Sägeblattkante 61 (ohne Blattschutz 21) oder die erste Blattschutzkante 71 (mit Blattschutz 21) und am zweiten Endpunkt E_2 über den zweiten oberen Austrittspunkt 59 des verwendeten Sägeblattes.

[0080] Die Bearbeitung des Trennschnittes erfolgt mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Wandsägesystems. Der Trennschnitt wird in mehreren Hauptschnitten erstellt, bis die gewünschte Endtiefe T erreicht ist.

[0081] Die Hauptschnittfolge umfasst einen ersten Hauptschnitt mit einem ersten Hauptschnittwinkel α_1 des Sägearms 17, einem ersten Durchmesser D_1 und einer ersten Eindringtiefe h_1 des verwendeten Sägeblattes, einen zweiten Hauptschnitt mit einem zweiten Hauptschnittwinkel α_2 des Sägearms 17, einem zweiten Durchmesser D_2 und einer zweiten Eindringtiefe h_2 des verwendeten Sägeblattes sowie einen dritten Hauptschnitt mit einem dritten Hauptschnittwinkel α_3 des Sägearms 17, einem dritten Durchmesser D_3 und einer dritten Eindringtiefe h_3 des verwendeten Sägeblattes.

[0082] Der erste Hauptschnitt wird im Ausführungsbeispiel mit einem ersten Sägeblatt 16.1 und einem ersten Blattschutz 21.1 durchgeführt, wobei das erste Sägeblatt 16.1 einen ersten Sägeblattdurchmesser D_1 und der erste Blattschutz 21.1 eine erste Blattschutzbreite B_1 aufweisen. Der erste Durchmesser D_1 des ersten Hauptschnittes stimmt mit dem ersten Sägeblattdurchmesser D_1 des ersten Sägeblattes 16.1 überein, ebenso stimmen die erste Breite B_1 des ersten Hauptschnittes mit der ersten Blattschutzbreite B_1 des ersten Blattschutzes 21.1 überein.

[0083] Der zweite Hauptschnitt und der dritte Hauptschnitt werden im Ausführungsbeispiel mit einem zweiten Sägeblatt 16.2 und einem zweiten Blattschutz 21.2 durchgeführt. Das zweite Sägeblatt 16.2 weist einen zweiten Sägeblattdurchmesser D_2 und der zweite Blattschutz 21.2 eine zweite Blattschutzbreite B_2 auf. Der zweite Durchmesser D_2 des zweiten Hauptschnittes und der dritte Durchmesser D_3 des dritten Hauptschnittes stimmen mit dem zweiten Sägeblattdurchmesser D_2 des zweiten Sägeblattes 16.2 überein, ebenso stimmen die zweite Breite B_2 des zweiten Hauptschnittes und die

dritte Breite B_3 des dritten Hauptschnittes mit der zweiten Blattschutzbreite B_2 des zweiten Blattschutzes 21.2 überein.

[0084] Die Bearbeitung des Trennschnittes beginnt am ersten Endpunkt E_1 . Da der erste Blattschutz 21.1 montiert ist, erfolgt die Steuerung der Wandsäge 12 am ersten Endpunkt E_1 über die erste Blattschutzkante 71.1 des ersten Blattschutzes 21.1. Nach dem Start des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Sägekopf 14 in eine Startposition positioniert, in der die Schwenkachse 23 einen Abstand von $B_1/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ zum ersten Endpunkt E_1 aufweist. In der Startposition wird der Sägearm 17 aus der Grundposition 0° in der negativen Drehrichtung 54 in den negativen ersten Hauptschnittwinkel $-\alpha_1$ geschwenkt und der Sägekopf 14 mit dem unter $-\alpha_1$ geneigten Sägearm 17 in der positiven Vorschubrichtung 56 verfahren (FIG. 6A).

[0085] Der Sägekopf 14 wird in der positiven Vorschubrichtung 56 verfahren, bis die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_1 \cdot (D_1 - h_1)] + \delta \cdot \sin(+\alpha_1)}$ zum zweiten Endpunkt E_2 aufweist, wobei $h_1 = h(+\alpha_1, D_1) = D_1/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_1)$ die Eindringtiefe des ersten Sägeblattes 16.1 in das Werkstück 24 beim positiven ersten Hauptschnittwinkel $+\alpha_1$ mit dem ersten Durchmesser D_1 , der dem ersten Sägeblattdurchmesser D_1 entspricht, bezeichnet. Anschließend wird der Sägearm 17 in der positiven Drehrichtung 55 in den positiven ersten Hauptschnittwinkel $+\alpha_1$ umgeschwenkt und das Restmaterial abgetragen.

[0086] Zum Wechsel des Sägeblattes vom ersten Sägeblatt 16.1 auf das zweite Sägeblatt 16.2 wird der Sägekopf 14 in eine Parkposition positioniert und der Sägearm 17 in die Grundposition von 0° geschwenkt (FIG. 6B). Die Parkposition ist so gewählt, dass ein Ausschwenken und Demontieren des ersten Sägeblattes 16.1 und ersten Blattschutzes 21.1 sowie ein Montieren und Einschwenken des zweiten Sägeblattes 16.2 und zweiten Blattschutzes 21.2 möglich ist. Außerdem soll der Verfahrensweg des Sägekopfes 14 für den zweiten Hauptschnitt so gering wie möglich sein; im Idealfall entspricht die Parkposition der Startposition für den zweiten Hauptschnitt.

[0087] Da der zweite Endpunkt E_2 einen freien Endpunkt ohne Hindernis darstellt, sind die Demontage des ersten Sägeblattes 16.1 und ersten Blattschutzes 21.1 sowie die Montage des zweiten Sägeblattes 16.2 und zweiten Blattschutzes 21.2 problemlos möglich. In der Parkposition weist die Schwenkachse einen Abstand von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)] + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)}$ zum zweiten Endpunkt E_2 auf, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes 16.2 in das Werkstück 24 beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ mit dem zweiten Durchmesser D_2 , der dem zweiten Sägeblattdurchmesser D_2 entspricht, bezeichnet. Der Abstand wurde in der Parkposition so eingestellt, dass der, dem zweiten Endpunkt E_2 zugewandte, zweite obere Austrittspunkt 59.2 des zweiten Sägeblattes 16.2 nach der Schwenkbewegung des Sägearms 17 in den positi-

ven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$ mit dem zweiten Endpunkt E_2 zusammenfällt (FIG. 6C).

[0088] Nach der Montage des zweiten Sägeblattes 16.2 und zweiten Blattschutzes 21.2 und der Wiederaufnahme der gesteuerten Bearbeitung wird die Wandsäge 12 in die Parkposition positioniert. Der Sägekopf 14 wird mit dem, unter dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel $+\alpha_2$, geneigten Sägearm 17 und dem rotierenden zweiten Sägeblatt 16.2 in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren. Der Übergang vom zweiten Hauptschnitt zum dritten Hauptschnitt erfolgt durch ein vollständiges Abtragen des Restmaterials (FIG. 6D) oder alternativ durch ein teilweises Abtragen des Restmaterials oder ohne Abtragen. Die Steuerung der Wandsäge erfolgt mittels der ersten Blattschutzkante 71.2 des zweiten Blattschutzes 21.2.

[0089] Das Positionieren des Sägekopfes 14 für den dritten Hauptschnitt mit einem Hauptschnittwinkel von $-\alpha_3 = -180^\circ$ erfolgt mittels des kritischen Winkels α_{krit} von -90° . Die Schwenkachse 23 weist einen Abstand von $B.2/2 - \delta \cdot \sin(-90^\circ) = B.2/2 + \delta$ zum ersten Endpunkt E_1 auf. Anschließend wird der Sägearm 17 in den negativen dritten Hauptschnittwinkel von $-\alpha_3 = -180^\circ$ geschwenkt (FIG. 6E). 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 $-\alpha_3 = -180^\circ$ geneigten Sägearm 17 (FIG. 6F) in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren, bis die erste Blattschutzkante 71.2 des zweiten Blattschutzes 21.2 mit dem ersten Endpunkt E_1 zusammenfällt. Die Eckenbearbeitung des ersten Endpunktes E_1 kann verbessert werden, wenn der zweite Blattschutz 21.2 demontiert wird und die Eckenbearbeitung ohne Blattschutz erfolgt. Ohne Blattschutz wird der Sägekopf 14 mit dem unter $-\alpha_3 = -180^\circ$ geneigten Sägearm 17 in der negativen Vorschubrichtung 57 verfahren, bis die erste Sägeblattkante 61.2 des zweiten Sägeblattes 16.2 mit dem ersten Endpunkt E_1 zusammenfällt.

[0090] Der dritte Hauptschnitt wird mit dem, unter dem negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3$ geneigten, Sägearm 17 in der positiven Vorschubrichtung 56 ausgeführt. Die Vorschubbewegung des Sägekopfes 14 wird angehalten, wenn die Schwenkachse 23 einen Abstand von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)] + \delta \cdot \sin(180^\circ)} = \sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]}$ zum zweiten Endpunkt E_2 aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-180^\circ) = D_3/2 - \Delta + \delta$ die Eindringtiefe des Sägeblattes in das Werkstück 24 beim negativen dritten Hauptschnittwinkel $-\alpha_3 = -180^\circ$ mit dem dritten Durchmesser D_3 , der dem zweiten Sägeblattdurchmesser $D.2$ entspricht, bezeichnet. Wenn am zweiten Endpunkt E_2 ein Überschneit erlaubt ist, erfolgt nach dem letzten Hauptschnitt eine Eckenbearbeitung des zweiten Endpunktes E_2 (FIG. 6H).

[0091] Bei den in FIGN. 5A-N und FIGN. 6A-H gezeigten Trennschnitten erfolgt die Schwenkbewegung des Sägearms 17 in einen Hauptschnittwinkel jeweils in einer Schwenkbewegung. Bei harten Werkstoffen oder leis-

tungsschwächeren Antriebsmotoren 18 für das Sägeblatt 16 kann es vorteilhaft sein, die Schwenkbewegung des Sägearms 17 in mindestens zwei Schritten mit einem Zwischenwinkel auszuführen, wobei zwischen den Schwenkbewegungen in die Zwischenwinkel jeweils ein Freischneiden des Sägeblattes 16 erfolgt.

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) der Wandsäge (12) gesteuerten Bearbeitung des Trennschnittes (51) 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 beim ersten Hauptschnitt verwendeten Sägeblattes sowie einen folgenden zweiten Hauptschnitt mit einem zweiten Hauptschnittwinkel (α_2) des Sägearms (17) und einem zweiten Durchmesser (D_2) des beim zweiten Hauptschnitt verwendeten Sägeblattes umfasst,
- während der von der Kontrolleinheit (29) gesteuerten Bearbeitung werden

- der Sägearm (17) in einer negativen Drehrichtung (54) unter dem negativen ersten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_1$) angeordnet,
- der Sägekopf (14) in einer positiven Vorschubrichtung (56) in Richtung des zweiten Endpunktes (E_2) verfahren, wobei sich der Sägearm (17) in einer ziehenden Anordnung befindet, und
- der Sägearm (17) in einer zur negativen Drehrichtung (54) entgegen gerichteten,

positiven Drehrichtung (55) aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_1$) in einen neuen Schwenkwinkel ($+\alpha_1$, $+\alpha_2$) geschwenkt,

- dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) bei der gesteuerten Bearbeitung so verfahren wird, dass nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den neuen Schwenkwinkel ($+\alpha_1$, $+\alpha_2$) 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 einer 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.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **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 der Oberseite (53) des Werkstückes (24) festgelegt werden.
 3. Verfahren nach Anspruch 2, **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) und einem zweiten Abstand (B_{1b} , B_{2b}) der Drehachse (19) zur zweiten Blattschutzkante (72) zusammengesetzt sind.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägearm (17) in der positiven Drehrichtung (55) aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_1$) in den positiven ersten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_1$) geschwenkt wird und

nach der Schwenkbewegung in den positiven ersten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_1$) der zweite obere Austrittspunkt (59) des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, 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 positiven ersten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_1$) mit dem ersten Durchmesser (D_1) 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 $D_1/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_1)$ 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 $B_{1b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_1)$ aufweist.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) in einer, zur positiven Vorschubrichtung (56) entgegen gerichteten, negativen Vorschubrichtung (57) um eine Weglänge von mindestens $2\delta \cdot |\sin(+\alpha_1)|$ verfahren wird und der Sägekopf (14) anschließend so positioniert wird, dass die zweite Begrenzung (59, 62, 72) der Wandsäge (12) nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wobei der zweite obere Austrittspunkt (59) des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) mit dem zweiten Durchmesser (D_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 $D_2/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ 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 $B_{2b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) in der negativen Vorschubrichtung (57) so verfahren wird, dass die zweite Begrenzung (59, 62, 72) der Wandsäge (12) nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wobei der zweite obere Austrittspunkt (59) des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zu-

- sammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) mit dem zweiten Durchmesser (D_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 $D_2/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ 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 $B_{2b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägearm (17) in der positiven Drehrichtung (55) aus dem negativen ersten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_1$) in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) geschwenkt wird und nach der Schwenkbewegung in den positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) der zweite obere Austrittspunkt (59) des verwendeten Sägeblattes mit dem zweiten Endpunkt (E_2) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum zweiten Endpunkt (E_2) von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(+\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(+\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) mit dem zweiten Durchmesser (D_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 $D_2/2 + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ 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 $B_{2b} + \delta \cdot \sin(+\alpha_2)$ aufweist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) mit dem, unter dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$), geneigten Sägearm (17) in der negativen Vorschubrichtung (57) verfahren wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) bei der von der Kontrolleinheit (29) gesteuerten Bearbeitung so verfahren wird, dass eine, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandte erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) in einen neuen Schwenkwinkel ($-\alpha_2, -\alpha_3$) 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 Bearbeitung 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.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Hauptschnitt den letzten Hauptschnitt der Hauptschnittfolge darstellt, der Sägearm (17) in der negativen Drehrichtung (54) aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_2$) geschwenkt wird und nach der Schwenkbewegung in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_2$) der erste obere Austrittspunkt (58) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h_2 \cdot (D_2 - h_2)]} - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ aufweist, wobei $h_2 = h(-\alpha_2, D_2) = D_2/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_2)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_2$) 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 $D_2/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ 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 $B_{2a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_2)$ aufweist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) in der positiven Vorschubrichtung (56) mit dem, unter dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_2$) geneigten Sägearm (17) um eine Weglänge von mindestens $2\delta \cdot |\sin(-\alpha_2)|$ verfahren wird.
12. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Hauptschnittfolge einen, nach dem zweiten Hauptschnitt durchzuführenden dritten Hauptschnitt mit einem dritten Hauptschnittwinkel (α_3) des Sägearms (17), einem dritten Durchmesser (D_3) des verwendeten Sägeblattes und einer dritten Breite (B_3) des verwendeten Blattschutzes mit einem ersten und zweiten Abstand (B_{3a}, B_{3b}) zu den Blattschutzkanten umfasst, wobei der Sägearm (17) beim dritten Hauptschnitt in einer ziehenden Anord-

nung angeordnet wird und der Sägekopf (14) in der positiven Vorschubrichtung (56) verfahren wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) in der negativen Vorschubrichtung (57) so verfahren wird, dass die erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_2$) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wobei die erste Begrenzung (58, 61, 71) 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 Bearbeitung ohne Blattschutz (21) 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 (21) erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) in der positiven Vorschubrichtung (56) mit dem, unter dem negativen zweiten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_2$) geneigten Sägearm (17) um eine Weglänge von mindestens $2\delta \cdot |\sin(-\alpha_2)|$ verfahren wird, und der Sägekopf (14) anschließend so positioniert wird, dass die erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wobei der erste obere Austrittspunkt (58) des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) mit dem dritten Durchmesser (D_3) 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 $D_3/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ 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 $B_{3a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist.
15. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägekopf (14) in der positiven Vorschubrichtung (56) so verfahren wird, dass die erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12)

nach der Schwenkbewegung des Sägearms (17) in den negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wobei der erste obere Austrittspunkt (58) des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) mit dem dritten Durchmesser (D_3) 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 $D_3/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ 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 $B_{3a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist.

16. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Sägearm (17) in der negativen Drehrichtung (54) aus dem positiven zweiten Hauptschnittwinkel ($+\alpha_2$) in den negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) geschwenkt wird und nach der Schwenkbewegung in den negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) der erste obere Austrittspunkt (58) des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) von $\sqrt{[h_3 \cdot (D_3 - h_3)]} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist, wobei $h_3 = h(-\alpha_3, D_3) = D_3/2 - \Delta - \delta \cdot \cos(-\alpha_3)$ die Eindringtiefe des verwendeten Sägeblattes in das Werkstück (24) beim negativen dritten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_3$) mit dem dritten Durchmesser (D_3) 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 $D_3/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ 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 $B_{3a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_3)$ aufweist.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste und zweite Hauptschnitt mit einem Sägeblatt (16) und einem Blattschutz (21) durchgeführt werden.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Hauptschnitt mit einem ersten Sägeblatt (16.1) und einem ersten Blattschutz (21.1) durchgeführt wird, wobei das erste Sägeblatt (16.1) einen ersten Sägeblattdurchmesser (D_1) und der erste Blattschutz (21.1) eine erste Blattschutzbreite (B_1) aufweisen, und der

zweite Hauptschnitt mit einem zweiten Sägeblatt (16.2) und einem zweiten Blattschutz (21.2) durchgeführt wird, wobei das zweite Sägeblatt (16.2) einen zweiten Sägeblattdurchmesser (D_2) und der zweite Blattschutz (21.2) eine zweite Blattschutzbreite (B_2) aufweisen. 5

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Hauptschnitt der Hauptschnittfolge einen Vorschnitt darstellt und der Sägekopf (14) nach dem Start der von der Kontrolleinheit (29) gesteuerten Bearbeitung in eine Startposition (X_{Start}) positioniert wird, wobei in der Startposition (X_{Start}) die, dem ersten Endpunkt (E_1) zugewandte erste Begrenzung (58, 61, 71) der Wandsäge (12) nach der Schwenkbewegung in den negativen ersten Hauptschnittwinkel ($-\alpha_1$) mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt. 10 15
20. Verfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste obere Austrittspunkt (58) des verwendeten Sägeblattes mit dem ersten Endpunkt (E_1) zusammenfällt, wenn die Schwenkachse (23) einen Abstand zum ersten Endpunkt (E_1) 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) 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 $D_1/2 - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ 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 $B_{1a} - \delta \cdot \sin(-\alpha_1)$ aufweist. 20 25 30 35

40

45

50

55

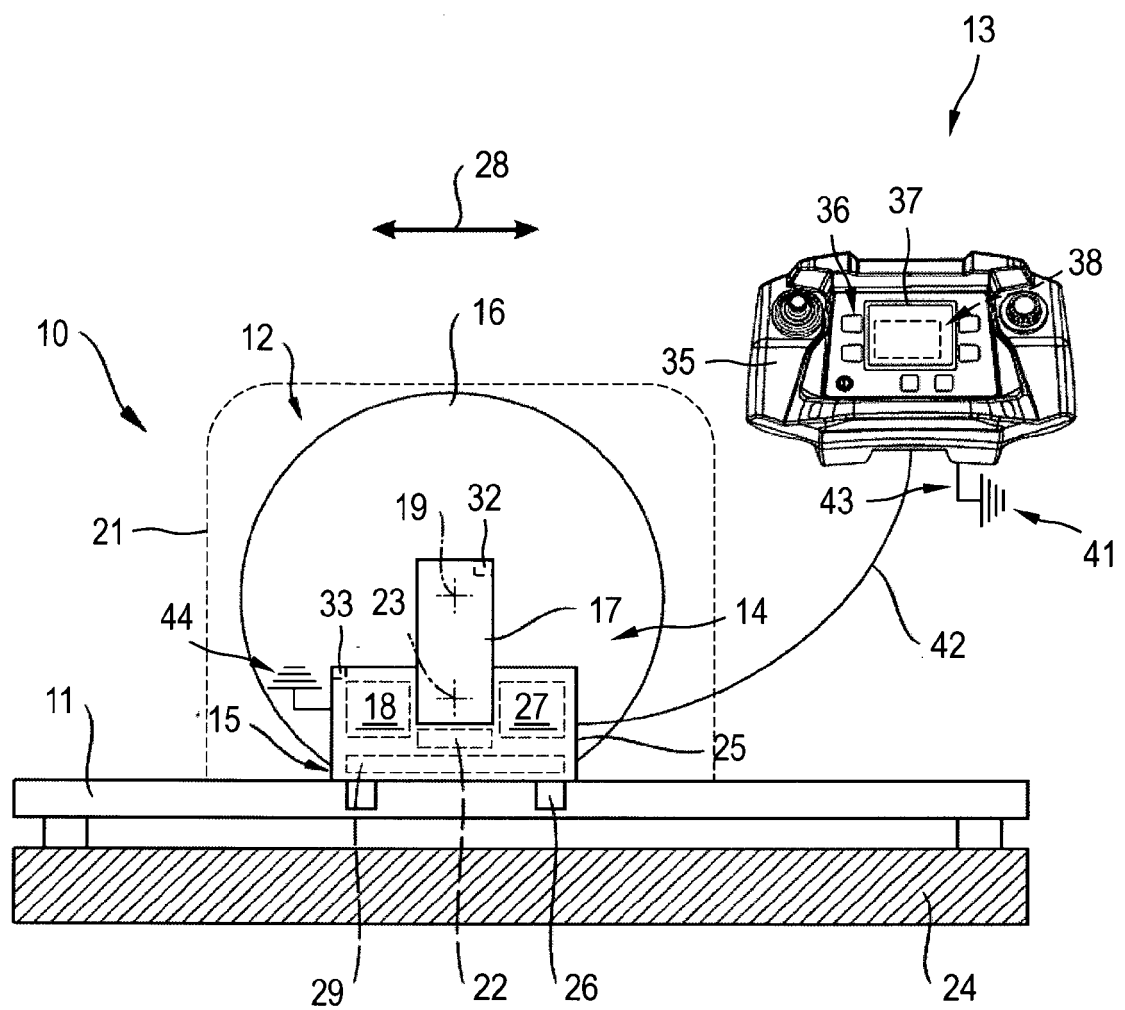


FIG. 1

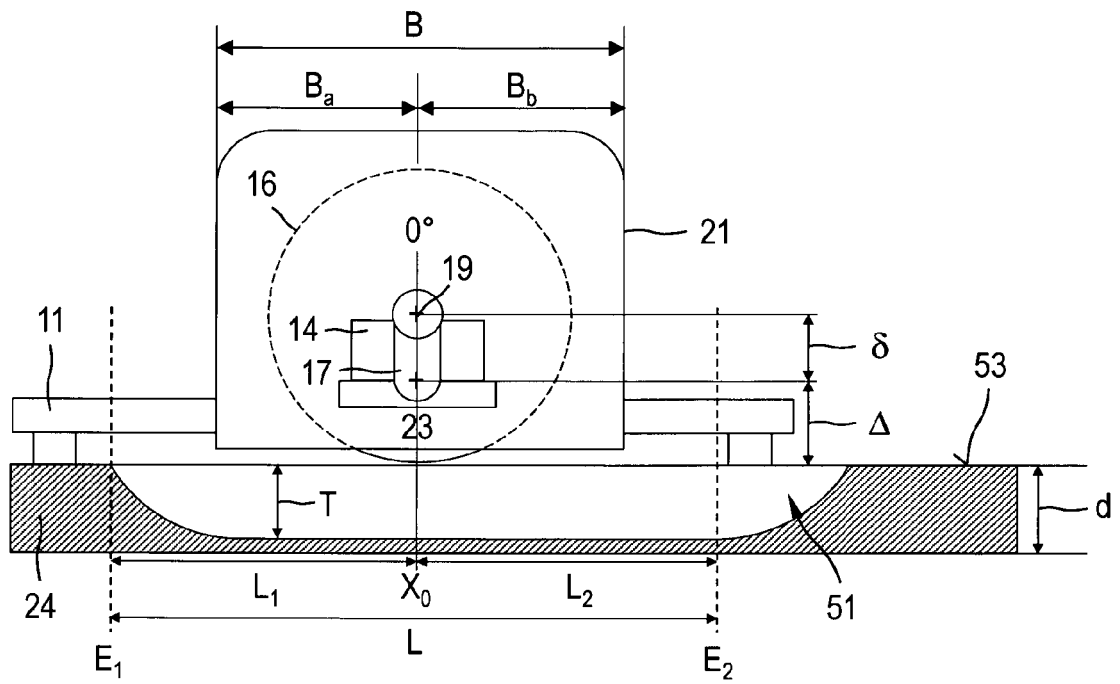


FIG. 2A

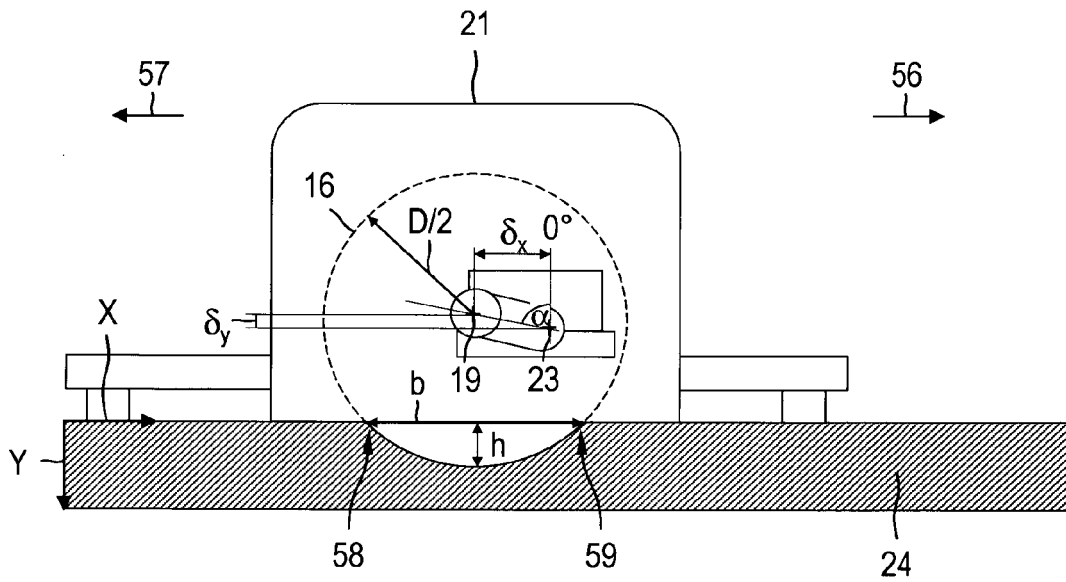


FIG. 2B

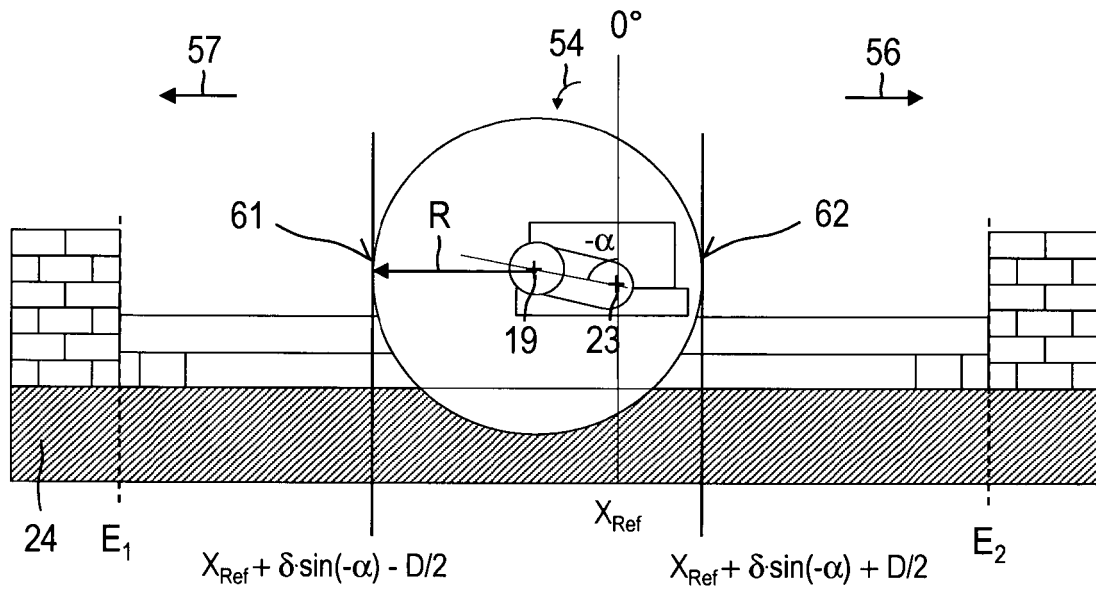


FIG. 3A

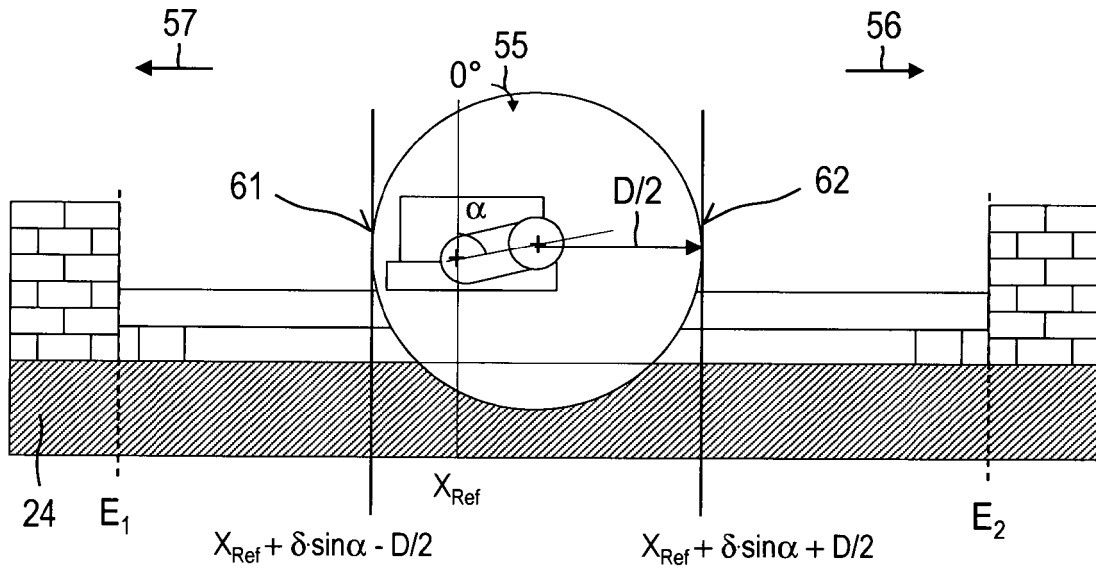


FIG. 3B

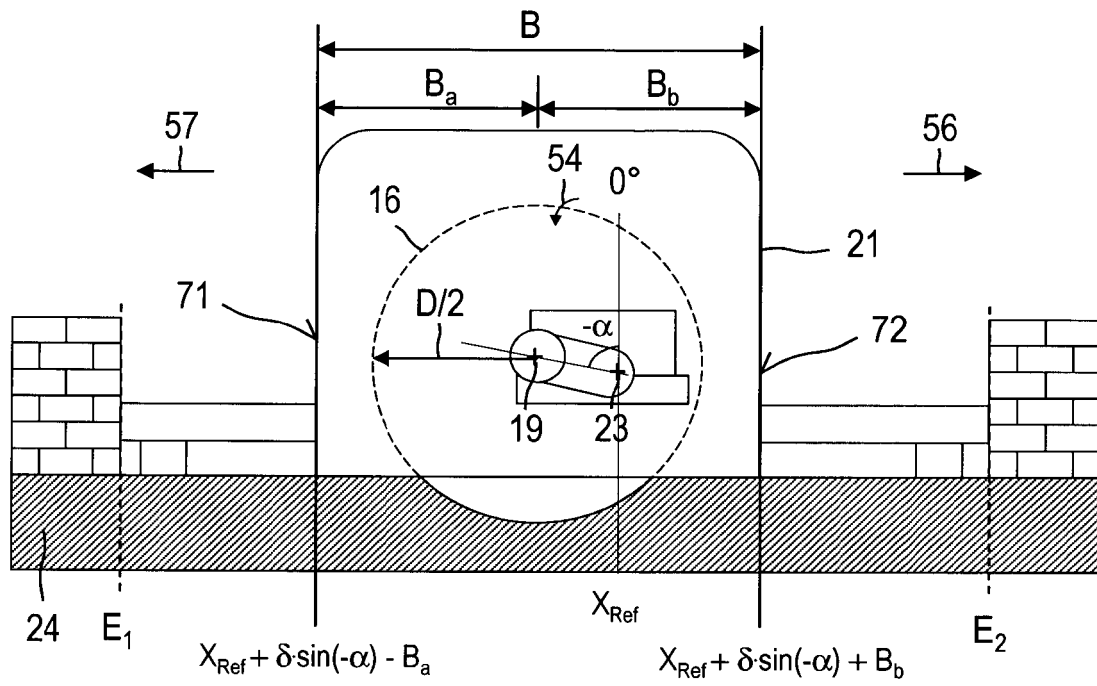


FIG. 4A

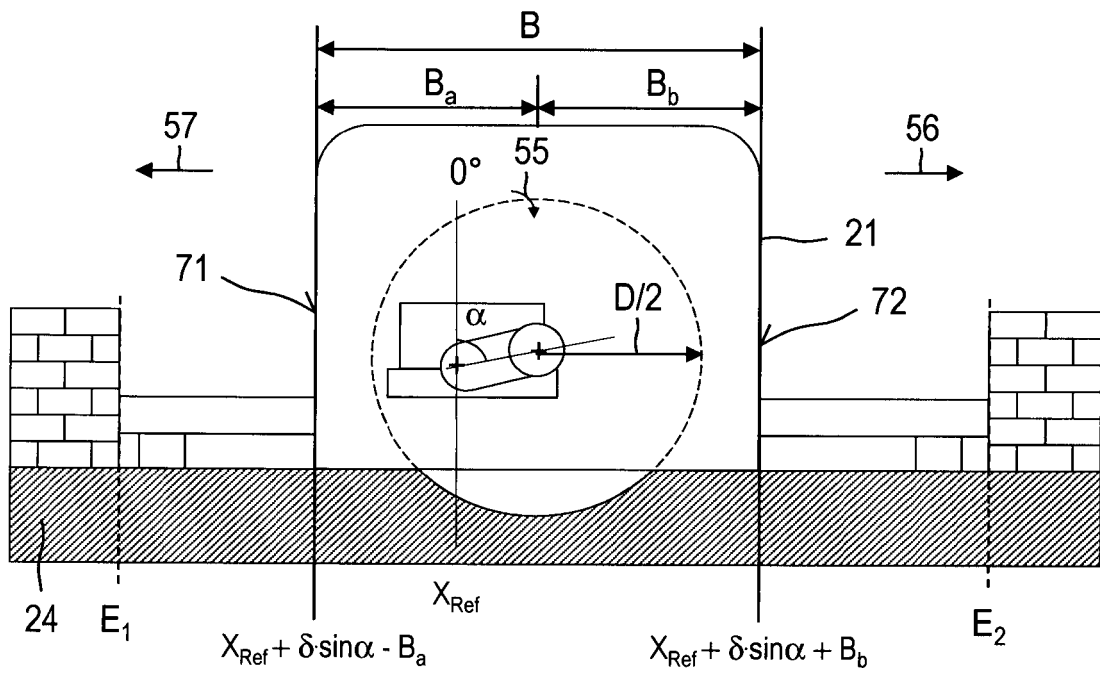
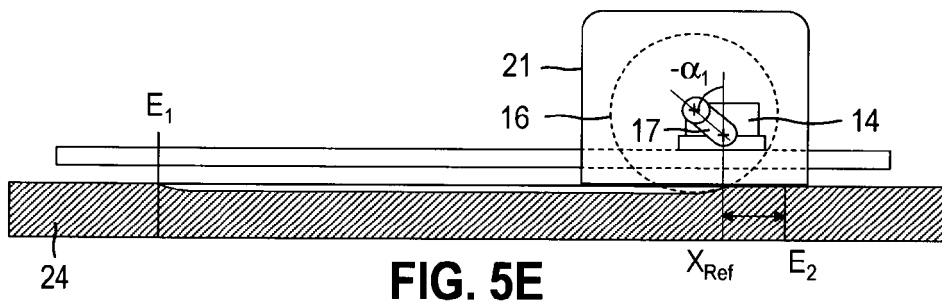
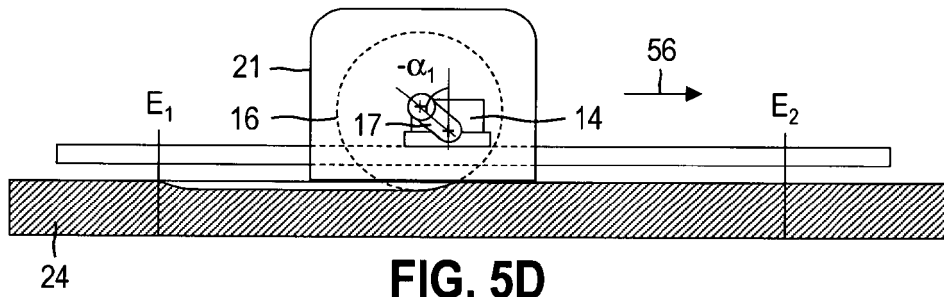
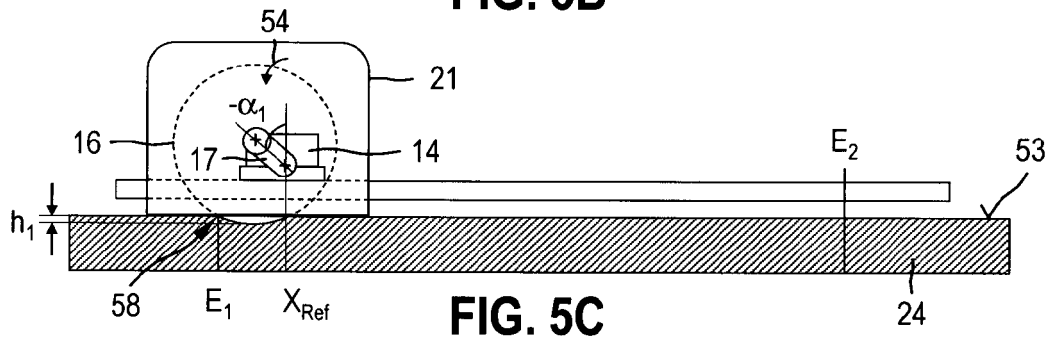
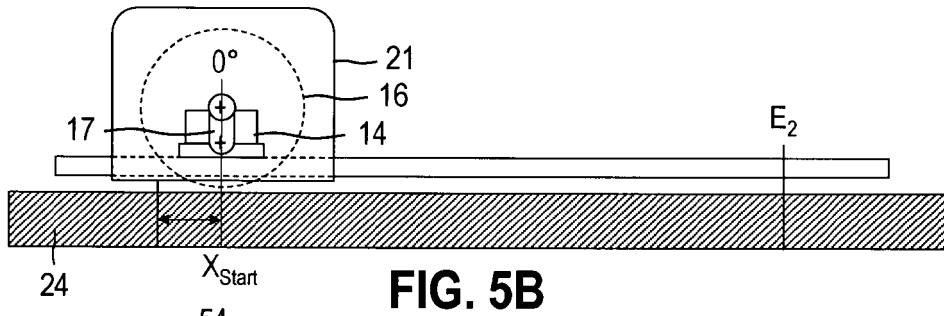
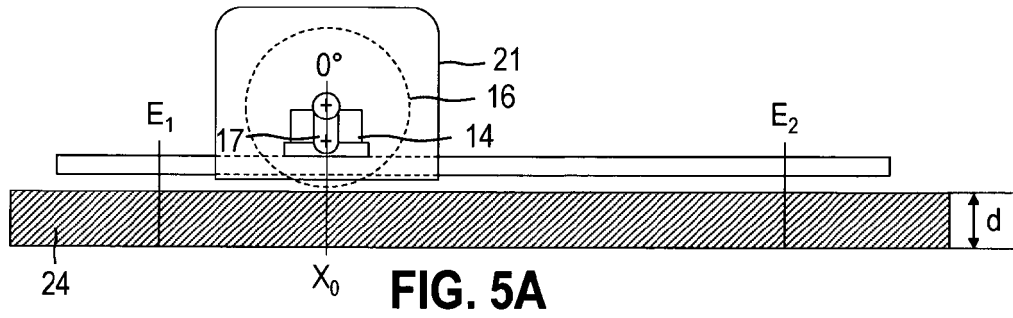
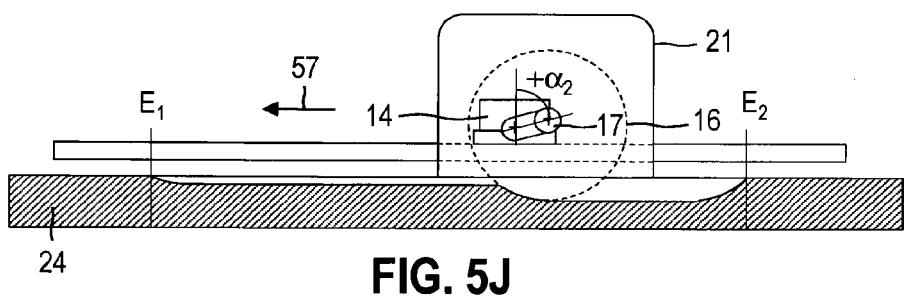
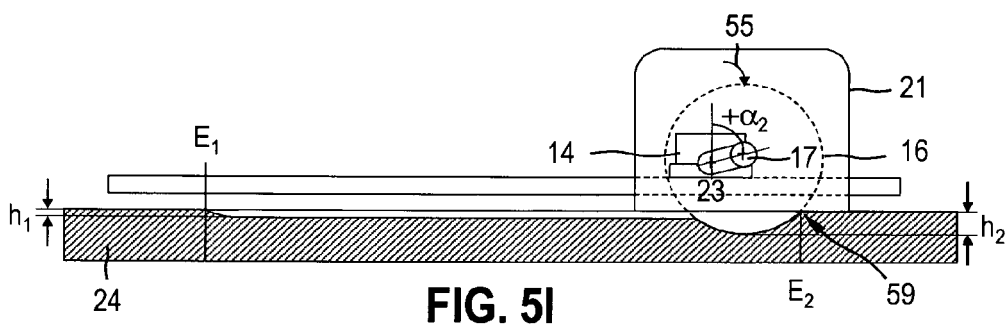
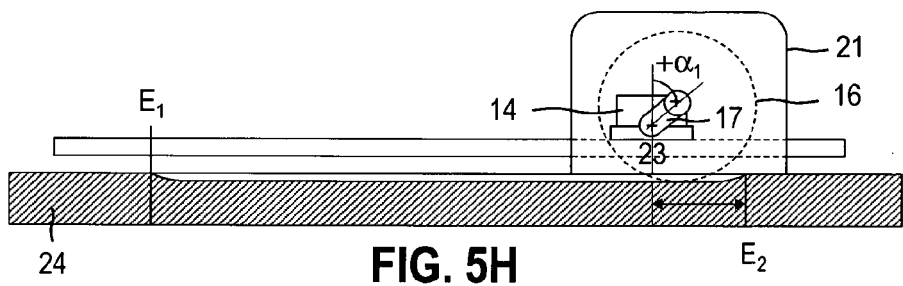
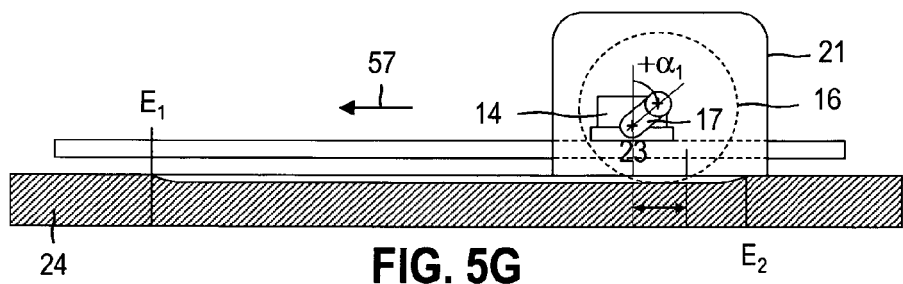
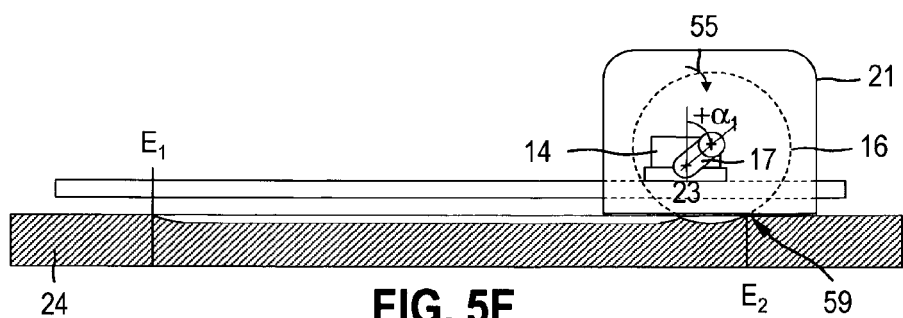


FIG. 4B





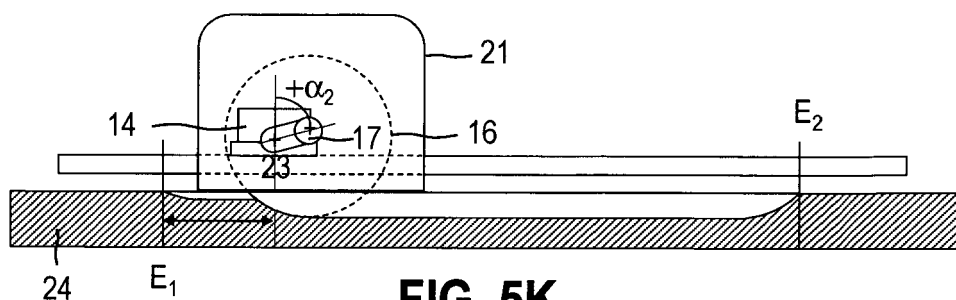


FIG. 5K

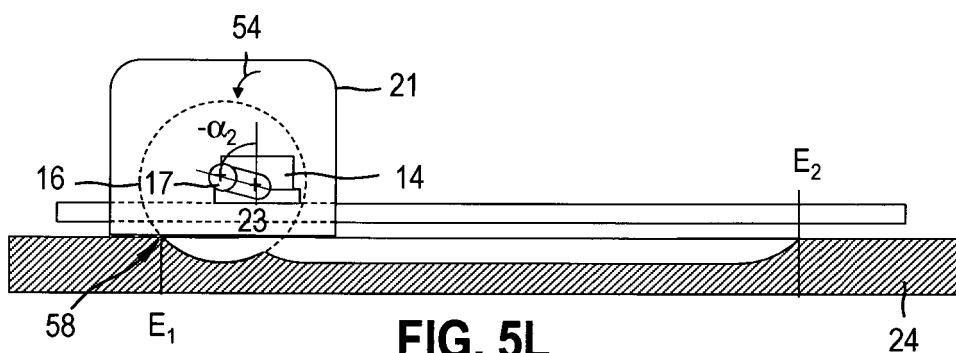


FIG. 5L

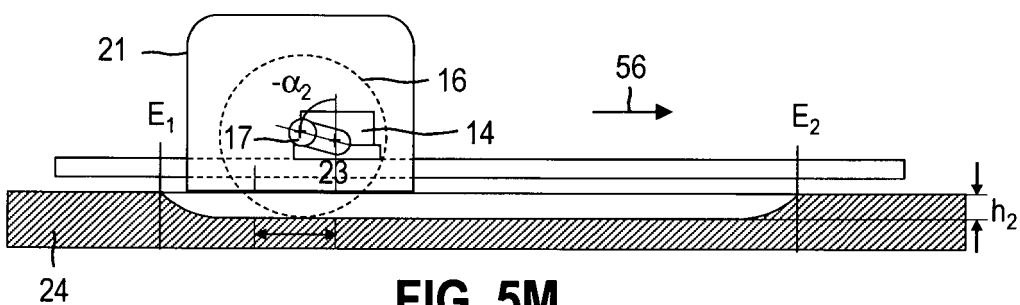


FIG. 5M

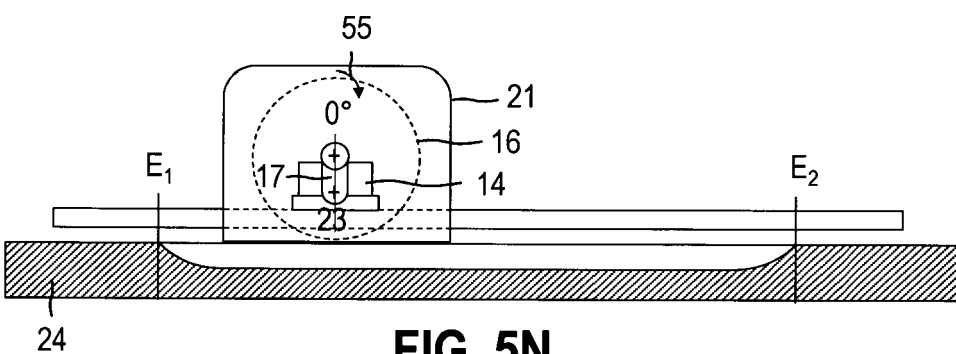


FIG. 5N

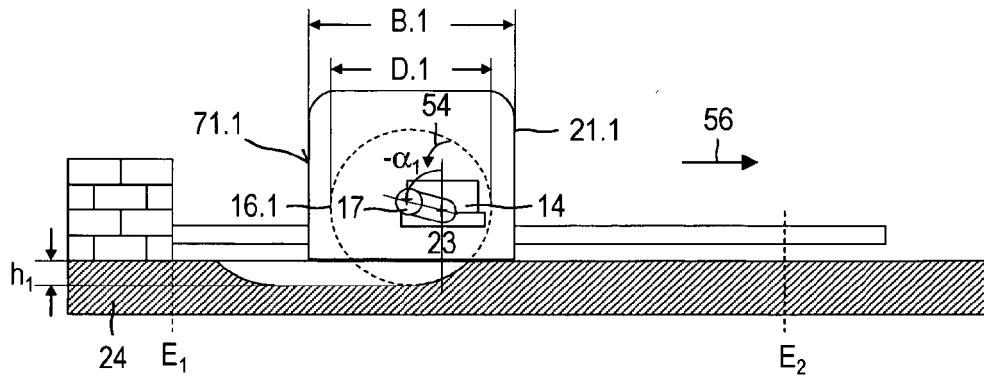


FIG. 6A

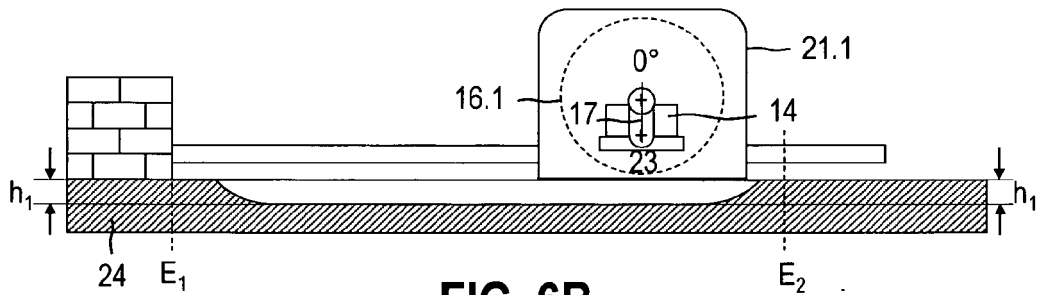


FIG. 6B

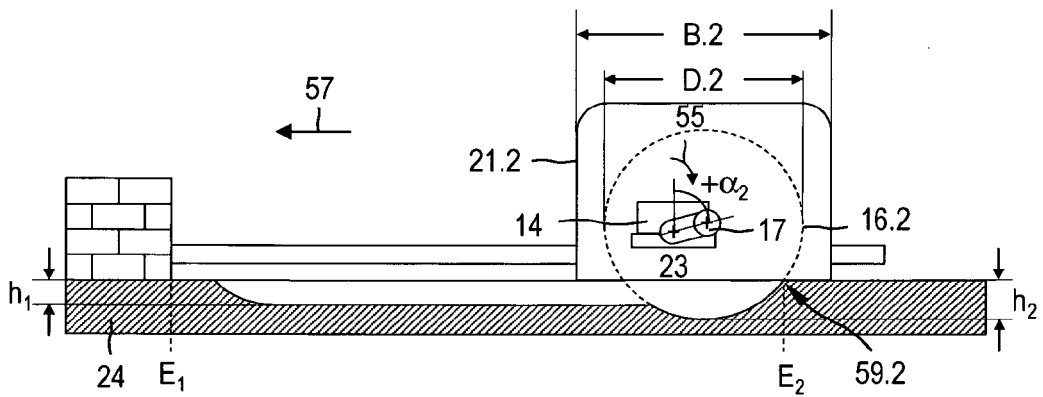


FIG. 6C

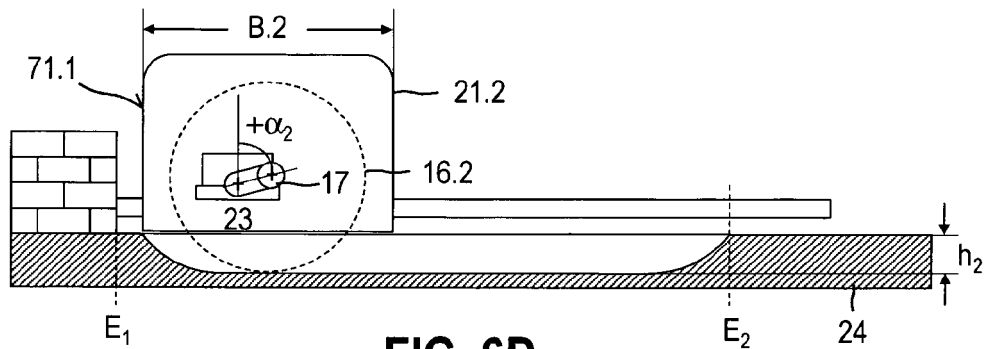


FIG. 6D

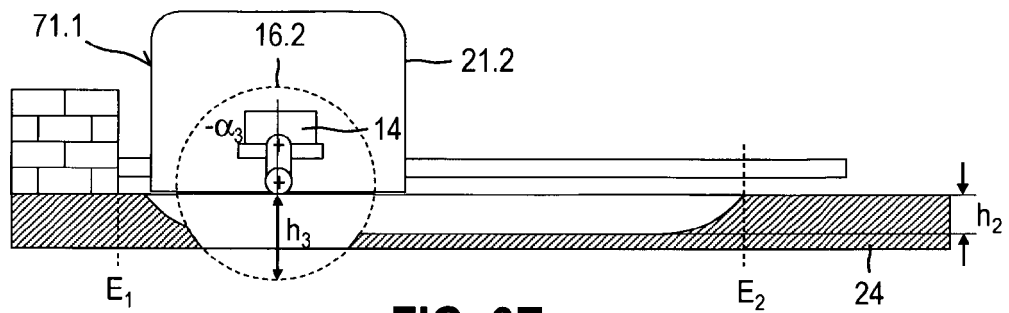


FIG. 6E

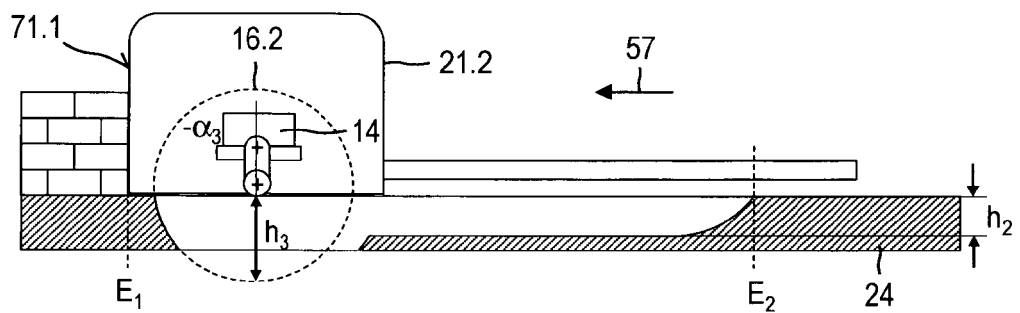


FIG. 6F

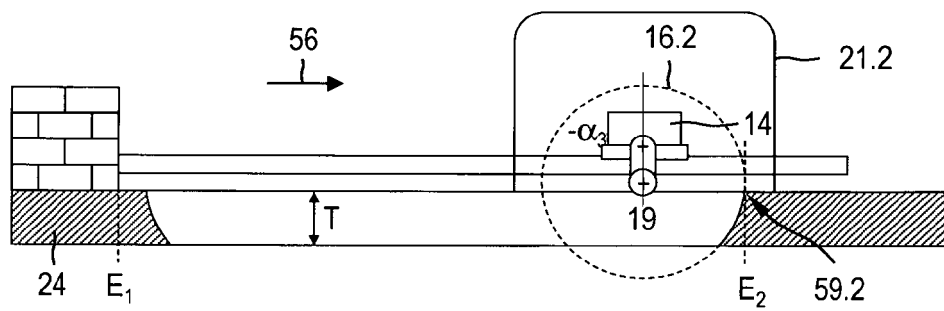


FIG. 6G

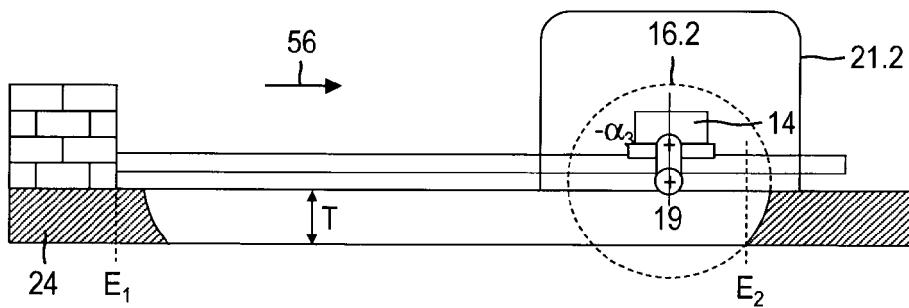


FIG. 6H



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 14 00 3103

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)
X,D	EP 1 693 173 B1 (HILTI AG [LI]) 27. November 2013 (2013-11-27) * das ganze Dokument *	1-20	INV. B28D1/04 B28D7/00
X	DE 10 2013 202445 A1 (HILTI AG [LI]) 14. August 2014 (2014-08-14) * Absätze [0029], [0030]; Abbildungen *	1-20	
X	DE 10 2013 202442 A1 (HILTI AG [LI]) 14. August 2014 (2014-08-14) * Absätze [0007], [0029]; Abbildungen *	1-20	
X	DE 10 2011 089878 A1 (HILTI AG [LI]) 27. Juni 2013 (2013-06-27) * Absätze [0021], [0031], [0037] - [0040]; Abbildungen *	1-20	
X	DE 10 2013 202754 A1 (HILTI AG [LI]) 21. August 2014 (2014-08-21) * Absätze [0032] - [0035]; Abbildung 3 *	1-20	
A	US 2012/234305 A1 (JOENSSON ANDREAS [SE]) JÖNSSON ANDREAS [SE] 20. September 2012 (2012-09-20) * Absatz [0047]; Abbildung 1 *	1-20	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B28D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 21. April 2015	Prüfer 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	

 1
 EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 14 00 3103

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.

21-04-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	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
20	DE 102013202445 A1	14-08-2014	DE 102013202445 A1	14-08-2014
			WO 2014124931 A1	21-08-2014
	DE 102013202442 A1	14-08-2014	DE 102013202442 A1	14-08-2014
			WO 2014124912 A1	21-08-2014
25	DE 102011089878 A1	27-06-2013	DE 102011089878 A1	27-06-2013
			EP 2607003 A1	26-06-2013
			RU 2012155567 A	27-06-2014
			US 2013180371 A1	18-07-2013
30	DE 102013202754 A1	21-08-2014	DE 102013202754 A1	21-08-2014
			WO 2014128095 A1	28-08-2014
35	US 2012234305 A1	20-09-2012	CA 2772235 A1	10-03-2011
			CN 102481644 A	30-05-2012
			EP 2473305 A1	11-07-2012
			JP 5575901 B2	20-08-2014
			JP 2013503762 A	04-02-2013
			US 2012234305 A1	20-09-2012
			WO 2011028154 A1	10-03-2011
40				
45				
50				
55				

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]