(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. April 2013 (11.04.2013)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/050021 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
*B21C 37/083* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2012/000970

(22) Internationales Anmeldedatum:
5. Oktober 2012 (05.10.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 114 847.0
5. Oktober 2011 (05.10.2011) DE
10 2011 117 166.9
28. Oktober 2011 (28.10.2011) DE

(71) Anmelder: **SMS MEER GMBH** [DE/DE]; Ohlerkirchweg 66, 41069 Mönchengladbach (DE).

(72) Erfinder: **ROSSBACH, Axel**; Bromberger Strasse 7, 41516 Grevenbroich (DE).

(74) Anwalt: **REUTHER, Martin**; Zehnthofstrasse 9, 52349 Düren (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht**:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe g)*

WO 2013/050021 A2

(54) **Title**: INSTALLATION AND METHOD FOR CONTINUOUSLY MOULDING LONGITUDINALLY SLOTTED PIPES

(54) **Bezeichnung** : ANLAGE UND VERFAHREN ZUM KONTINUIERLICHEN EINFORMEN LÄNGSGESCHLITZTER ROHRE

(57) **Abstract**: The invention relates to a method and an installation for continuously moulding longitudinally slotted pipes from a flat material, in which markings in the material can be minimised or avoided if the rolling forces of at least two rolls acting successively on the flat material are introduced centered into the roll stand and/or the two successively acting rolls are able to align freely relative to one another.

(57) **Zusammenfassung**: Bei einem Verfahren bzw. einer Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial können Markierungen in dem Material minimiert bzw. vermieden werden, wenn die Walzkräfte von wenigstens zwei sukzessive auf das Flachmaterial wirkenden Walze gemittelt in das Walzgerüst eingebracht und/oder die beiden sukzessiv wirkenden Walzen sich relativ zueinander frei anstellen können.

# Anlage und Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre

[01] Die Erfindung betrifft eine Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial mit in Anlagenrichtung hintereinander angeordnete Walzgerüsten, die jeweils wenigstens eine Walze tragen, sowie ein Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial, wobei das Flachmaterial sukzessive an mehreren Walzenanordnungen vorbeigeführt und entsprechend gebogen wird.

[02] Beispielsweise aus der DE 31 50 382 C2 ist eine Anlage sowie ein Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzte Rohre aus einem Flachmaterial bekannt, wobei hierzu das Flachmaterial in einem ersten Walzengerüst durch Presswalzen U-förmig vorgebogen und sodann über in einem nachfolgenden Walzgerüst angeordnete Fertigwalzen fertig umgeformt wird. Ebenso zeigen die EP 0 976 468 B1 und die EP 0 250 594 B2 derartige Anordnungen, wobei bei letzterer jedoch je Walzengerüst lediglich eine Walze in Anlagenrichtung hintereinander angeordnet sind, die jeweils entlang einer Kontur in gewissen Grenzen anstellbar sind, und die jeweilige Anordnung der Walzen von Walzengerüst zu Walzengerüst variiert. Erster Anordnung zeigt Walzengerüste mit zwei in Anlagenrichtung hintereinander angeordneten Walzen, die an einem Walzenträger frei gelagert sind, so dass sie einer Materialbewegung in gewissen Grenzen folgen können.

[03] Es ist Aufgabe vorliegender Erfindung, etwaige Markierungen am Produkt möglichst zu vermeiden.

[04] Als Lösung werden Anlagen mit den Merkmalen der Ansprüche 1 und 4 sowie Verfahren mit den Merkmalen der Ansprüche 6 bis 8 vorgeschlagen. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in der nachfolgenden Beschreibung sowie in den Unteransprüchen. Hierbei liegt der Erfindung die grundlegende Erkenntnis zu Grunde, dass durch eine Stabilisierung der Walzen in sich der Aufgabe zielgerichtet gefolgt werden kann.

[05] Als Lösung wird eine Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial mit Anlagenrichtung hintereinander angeordneten Walzgerüsten, die jeweils wenigstens eine Walze tragen, vorgeschlagen, wobei sich die Anlage dadurch auszeichnet, dass wenigstens eines der Walzgerüste einen Walzenträger aufweist, welcher

BESTÄTIGUNGSKOPIE

wenigstens drei in Anlagenrichtung hintereinander angeordnete Walzen trägt und über Walzenanstellmittel mit einem Rotationsfreiheitsgrad parallel zu wenigstens einer Walzenachse einer von dem Walzenträger getragenen Walze und/oder senkrecht zur Materiallaufrichtung wenigstens einer von dem Walzenträger getragenen Walze frei an dem den Walzenträger tragenden Walzgerüst gelagert ist. Dieses ermöglicht es, den lokalen Anpressdruck der von dem Walzenträger getragenen Walzen bzw. der sukzessiv auf das Flachmaterial wirkenden Walzen möglichst gleichmäßig auf das Flachmaterial zu verteilen und insbesondere Instabilitäten erheblich zu reduzieren. Insbesondere können gegenüber der Anlage nach der EP 0 976 468 B1 durch Schwingungen und ähnliche Instabilitäten bedingte Kraftspitzen und dementsprechend etwaige Markierungen am Produkt vermieden werden. Hierbei hat sich heraus gestellt, dass durch drei oder mehr Walzen, die an einem sich frei anstellendem Walzenträger angeordnet sind, bzw. durch drei oder mehr sich frei zueinander anstellende Walzen etwaige Wellen oder sonstige Unregelmäßigkeiten des umzuformenden Materials, die in dem umzuformenden Material zu finden sind, nicht weiter verstärkt werden, da sich zwei der Walzen untereinander und die dritte der Walzen stabilisieren, wenn die dritte Walze an eine derartige Welle oder an eine sonstige Unregelmäßigkeit gerät.

[06] Insbesondere ist es vorteilhaft, wenn der Walzenträger hinsichtlich des vorgenannten Rotationsfreiheitsgrades frei an dem Walzgerüst gelagert ist. Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn die drei sukzessiv auf das Flachmaterial wirkende Walzen sich relativ zueinander frei anstellen können. Auf diese Weise kann die Walzkraft möglichst gleichmäßig auf die beiden Walzen verteilt werden, sodass die von einer der beiden Walzen auf das Flachmaterial aufgebrachte Kraft minimiert werden kann, was dementsprechend die Gefahr von Markierungen minimiert.

[07] Ein freies Anstellen bzw. eine freie Lagerung kann beispielsweise durch eine wippähnliche Lagerung des Walzenträgers oder auch mittels einer hydraulischen Lagerung in Form einer hydraulischen Waage erfolgen.

[08] Dementsprechend ist es von Vorteil, wenn die beiden sukzessiv wirkenden Walzen gemeinsam geführt sind, da sich diese auf diese Weise verhältnismäßig einfach frei relativ zueinander anstellen lassen können.

[09] In diesem Zusammenhang sei hervorgehoben, dass unter der Bezeichnung „Walzgerüst" Anordnungen verstanden werden, welche die Walzkräfte aufnehmen und diesen derart entgegen wirken, dass die Walzenpositionen während des Walzens in vorgegebenem Maße gehalten

werden. Hierbei können die Walzkräfte einerseits in das die Anlage umgebende Gebäude eingeleitet oder vorzugsweise über entsprechend ringförmig oder sonst wie geschlossene Walzgerüste neutralisiert werden.

[10] Die Möglichkeit der freien Anstellung der Walzenträger bedingt bei der vorstehend genannten Lösung, dass die Achsen der beiden Walzen einerseits starr miteinander verbunden sind, sich jedoch andererseits Kraftunterschiede über die freie Anstellbarkeit ausgleichen, sodass die Walzkräfte dieser beiden Walzen gemittelt und mithin drehmomentfrei in das Walzengerüst eingebracht werden.

[11] Dementsprechend wird auch ein Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial vorgeschlagen, wobei das Flachmaterial sukzessive an mehreren Walzenanordnungen vorbeigeführt und entsprechend gebogen wird und wobei sich das Verfahren dadurch auszeichnet, dass die Walzkräfte von wenigstens drei sukzessiv auf das Flachmaterial wirkenden Walzen gemittelt in das Walzengerüst eingebracht werden und/oder drei sukzessiv wirkenden Walzen sich relativ zueinander frei anstellen.

[12] In Abweichung vom Stand der Technik, bei welchem mit verhältnismäßig großen Walzendurchmessern gearbeitet werden muss, um die Walzkräfte nicht zu punktuell an dem Flachmaterial wirken zu lassen und somit Markierungen am Produkt zu vermeiden, können durch die Anordnung dreier oder mehr Walzen an einem Walzenträger bzw. durch gemittelte, in das Walzgerüst eingebrachte Walzkräfte kleinere Walzen eng hintereinander angeordnet werden, sodass diese letztlich in ihrer lokalen Belastung das Flachmaterial weniger belasten, als diese bei großen Walzen, bei denen naturgemäß die vorhandene Querschnittsfläche rein platzmäßig schnell ausgefüllt ist, möglich wäre. Insbesondere ist es auch möglich, die Gefahr von Schwingungen und ähnlichen Instabilitäten zu reduzieren. Die an sich zunächst scheinbare Überbestimmung trägt derart wesentlich zu einer Erhöhung der Laufruhe bei, dass hierdurch sehr effektiv Markierungen vermieden werden können.

[13] Vorzugsweise sind die beiden sukzessiv auf das Flachmaterial wirkenden Walzen gemeinsam angelenkt, sodass sie sich im Wesentlichen wie eine Walze verhalten.

[14] Des Weiteren sei in diesem Zusammenhang erläutert, dass vorliegend der Begriff „Anlagenrichtung" die mittlere Durchlaufrichtung des Materials durch die Anlage bezeichnet. Hierbei steht die Anlagenrichtung senkrecht auf der Querrichtung, welche im Wesentlichen durch gleichzeitig die Anlage durchlaufende Querschnitte des Flachmaterials definiert wird.

Dementsprechend bezeichnet der Begriff „in Anlagenrichtung hintereinander" eine Anordnung, welche sukzessive von einem Querschnitt des Flachmaterials passiert wird.

[15] Nicht gemittelt sondern jeweils lokal weist eine derartige Anlage auch eine Materiallaufrichtung auf, welche jeweils durch die Bewegung eines Punktes des Flachmaterials lokal definiert ist. Abgesehen von natürlichen Oszillationen bzw. Laufunruhen die bei derartigen Walzprozessen auftreten, bleibt die Materiallaufrichtung an einem Punkt der Anlage konstant, wenn die Anlage eingelaufen ist.

[16] Vorzugsweise sind die drei von dem Walzenträger getragenen Walzen in Materiallaufrichtung hintereinander angeordnet, sodass wenigstens ein Materialpunkt des Flachmaterials, welcher eine erste der beiden in Anlagenrichtung hintereinander angeordneten Walzen berührt, auch die zweite der beiden in Anlagenrichtung hintereinander angeordneten Walzen berührt. Dieses Berühren muss jedoch nicht unbedingt auf gleicher axialer Höhe der beiden Walzen geschehen, sodass der Träger in Bezug auf die Materiallaufrichtung leicht schief stehen kann. Auf diese Weise lässt sich die Walzkraft, welche über den gemeinsamen Walzenträger aufgebracht wird, noch weiter im Flachmaterial verteilen.

[17] Hierbei hat sich herausgestellt, dass ein Walzenträger nicht mehr als zehn in Anlagenrichtung hintereinander angeordnete Walzen tragen bzw. dass die Walzkräfte von nicht mehr als zehn sukzessiv auf das Flachmaterial wirkende Walzen gemittelt in das Walzgerüst eingebracht werden und/oder nicht mehr als zehn sukzessiv wirkende Walzen sich relativ zueinander frei anstellen sollten, da ansonsten die Vorteile einer freien Walzenanstellung bzw. der entsprechenden Mittelung nicht mehr zum Tragen kommen.

[18] Die Gefahr von Markierungen lässt sich desweiteren dadurch reduzieren, dass der Walzenträger über Walzenanstellmittel mit einem Rotationsfreiheitsgrad senkrecht zu einer Walzenachse einer von ihm getragenen Walze und/oder parallel zur Materiallaufrichtung der zu dieser Walzenachse gehörigen Walze an dem den Walzenträger tragenden Walzengerüst angeordnet ist. Auf diese Weise können die an dem Walzenträger angeordneten Walzen in Bezug auf lokale Krümmung des Flachmaterials in Querrichtung möglichst optimal angestellt werden, um auf diese Weise ebenfalls eine möglichst gleichmäßige Kraftverteilung zu gewährleisten.

[19] Letzteres lässt sich insbesondere sehr einfach verfahrenstechnisch umsetzen, wenn der Walzenträger in Bezug auf einen Rotationsfreiheitsgrad senkrecht zu einer Walzenachse einer von dem Walzenträger getragenen Walze und/oder parallel zur Materiallaufrichtung der zu

dieser Walzenachse gehörigen frei an dem den Walzenträger tragenden Walzgerüst gelagert ist. Durch diese freie Lagerung kann sich der Walzenträger derart anstellen, dass im Querschnitt auf die Walzen wirkende Kräfte minimiert werden, was letztlich dementsprechend auch eine Minimierung der lokalen Kräfte und mithin eine dementsprechende Reduktion von Markierungen bedingt. Hierbei versteht es sich, dass diese Ausgestaltung auch unabhängig von der Verwendung eines Walzenträgers dazu genutzt werden kann, dass sich eine Walze in Bezug auf den Querschnitt des Flachmaterials selbstständig möglichst materialschonend anstellt.

[20] Dementsprechend ist eine Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial mit in Anlagenrichtung hintereinander angeordneten Walzgerüsten, die jeweils wenigstens eine Walze tragen, vorteilhaft, bei welcher wenigstens eine der Walzen über Walzenanstellmittel mit einem Rotationsfreiheitsgrad senkrecht zu einer Walzenachse und/oder parallel zur Materiallaufrichtung der zu dieser Walzenachse gehörigen bzw. parallel zur Materiallaufrichtung einer von dem Walzenträger getragenen Walze frei an dem die Walze tragenden Walzgerüst gelagert ist.

[21] Ebenso ist ein Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial als Lösung vorteilhaft, wobei das Flachmaterial sukzessive an mehreren Walzenanordnungen vorbeigeführt und entsprechend gebogen wird und wobei sich das Verfahren dadurch auszeichnet, dass wenigstens eine Walze senkrecht zu ihrer Walzenachse und/oder parallel zur Materiallaufrichtung dieser Walze frei den jeweiligen Walzkräften folgt.

[22] Insgesamt hat die freie Anstellbarkeit bei geeigneter Ausgestaltung der Gesamtanlage auch den Vorteil, dass die Anlage verhältnismäßig einfach an- bzw. einzustellen ist, da durch die freie Anstellbarkeit sich Winkelabweichungen, die aufgrund der verhältnismäßig komplexen Verformungen des Werkstücks zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohren zwischen Werkstück und Walzen bei einer Veränderung der An- bzw. Einstellung sich an sich bei starren Führung fast nicht vermeiden lassen, durch die freie Anstellbarkeit in entsprechenden Grenzen selbsttätig ausgleichen. Dieser Vorteil folgt schon bei einer freien Anstellbarkeit lediglich in einer Dimension, wobei eine Kombination der freien Anstellbarkeit senkrecht und parallel zur Walzenachse bzw. senkrecht und parallel zur Materiallaufrichtung, wie sie vorstehend beschrieben sind, entsprechend kumulativ vorteilhaft ist.

[23] Die oben genannten Rotationsfreiheitsgrade lassen sich durch geeignete Führungen bzw. durch Dreh- oder Kugelgelenke der Anlage bereitstellen. Hierbei ist es in der Regel maschinenbaulich einfacher umzusetzen, wenn die beiden oben genannten Rotationsfreiheits-

grade jeweils in einer separaten Führungseinrichtung bzw. in einem separaten Drehgelenk dargestellt werden. Baulich besonders einfach geschieht dieses durch Drehgelenke mit kreisringförmigen Lagerflächen, die beispielsweise durch einen in eine Gabel eingebrachten Gelenkbolzen, der einen Gelenkkopf der beweglichen Baugruppe trägt, realisiert werden können. Die bauliche Einfachheit hat hingegen – je nach konkreten Gegebenheiten – den Nachteil, dass auch die Rotationsachse koaxial zu dem Gelenkbolzen zu finden ist. Größere Freiheiten bieten hier geeignete Führungen, wie beispielsweise Linearführungen mit gekrümmten Laufflächen. Derartige Anordnungen erlauben es, wesentlich komplexere Bewegungsabläufe der jeweiligen Baugruppen zueinander zu realisieren, sodass insbesondere auch die Rotationsachse freier gewählt werden kann und – bei komplexeren Bewegungsabläufen – auch in Abhängigkeit von der Anstellposition der zueinander beweglichen Baugruppen verlagerbar gewählt werden kann.

[24] In diesem Zusammenhang sei betont, dass in baulicher Hinsicht als geeignete Lager sowohl Wälz- als auch Gleitlager jeglicher Art zur Anwendung kommen können.

[25] Je nach Lage der Rotationsachse der oben genannten Rotationsfreiheitsgrade kann die Gesamtanordnung bezüglich des Drehgelenks bzw. der Führung sich in einer labilen Gleichgewichtslage befinden, sodass, insbesondere bei hohen Walzkräften, die Gefahr besteht, dass die Anordnung auf Höhe der Führung bzw. auf Höhe des Drehgelenks ausbricht, was beispielsweise durch prozessimmanente Schwingungen oder ähnliche ausgelöst werden kann. Um diese Gefahr zu minimieren, können einerseits die Walzen breiter als ihr halber Durchmesser, insbesondere sogar breiter als ihr Durchmesser, gewählt werden. Die Umsetzung derartig breiter Walzen steht an sich diametral zu den Bemühungen des Standes der Technik, Walzen mit möglichst großen Durchmessern zu verwenden, um Markierungen zu vermeiden bzw. zu minimieren, und steht in unmittelbarem Einklang mit der eingangs genannten Lösung, die Walzkräfte auf mehrere kleinere, ggf. hintereinander angeordnete, Walzen zu verteilen. Derartig breite Walzen vereinfachen es im Übrigen auch, die Walzen in Materiallaufrichtung hintereinander anzuordnen und hierbei einen Versatz zu erlauben.

[26] Als weitere Maßnahme, um einer derartigen labilen Situation entgegen zu wirken, können die Walzenanstellmittel wenigstens in einer Anstellposition eine Rotationsachse aufweisen, die in einer Anstellposition der Walzenanstellmittel hinsichtlich der Rotationsfreiheitsgrade aus Sicht der entsprechenden Walze jenseits des Flachmaterials dargestellt ist. Hierdurch bedingt stabilisiert sich die Walze selbst, sodass prozessimmanenten Laufunruhen letztlich jeweils stabil von der Walze begegnet werden kann.

[27] Es versteht sich, dass eine derartig dargestellte Rotationsachse sowie das oben genannte Durchmesser-Längen-Verhältnis der Walzen auch unabhängig von den übrigen Merkmalen vorliegender Erfindung für eine Anlage bzw. für ein Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre aus einem Flachmaterial mit in Anlagenrichtung hintereinander angeordneten Walzgerüsten, die jeweils wenigstens eine Walze tragen, bzw. mit einem sukzessive an mehreren Walzanordnungen vorbeigeführten und entsprechend gebogenem Flachmaterial von Vorteil sind.

[28] Dementsprechend ist es auch von Vorteil, wenn die Walze senkrecht zu ihrer Walzenachse und parallel zur Materiallaufrichtung dieser Walze wenigstens in einer Anstellposition mit einer aus Sicht der entsprechenden Walze jenseits des Flachmaterials dargestellten Rotationsachse den jeweiligen Walzkräften folgt.

[29] Insbesondere bei sukzessiv auf das Flachmaterial wirkenden Walze sind die beiden Walzen vorzugsweise in wenigstens einer Anstellposition mit einer aus Sicht der beiden sukzessiv wirkenden Walzen jenseits des Flachmaterials dargestellten Rotationsachse geführt, um die vorstehend erläuterten Vorteile zu realisieren.

[30] Es versteht sich im Übrigen, dass eine aus Sicht der Walze jenseits des Flachmaterials dargestellte Rotationsachse nicht zwingend in sämtlichen Anstellpositionen sowie nicht zwingend bezüglich beider oben genannter Rotationsfreiheitsgrade vorgesehen sein muss. Dieses hängt insbesondere von den übrigen Prozessparametern, wie beispielsweise den Walzkräften, den Geometrien der Walzen sowie den erwarteten Laufunruhen, ab.

[31] Zur Erhöhung der Laufruhe und insbesondere auch zur Erhöhung der Stabilität bei sich frei anstellenden Walzen bzw. Walzenträgern können in Bewegungsrichtung wirksame Federanordnung bzw. eine dementsprechende Federung der Walzenanstellmittel vorgesehen sein, sodass die Walzen bzw. Walzenträger stets zu einer Nulllage streben. Hierzu können insbesondere mechanische Federungen jeglicher Art genutzt werden. Ebenso sind jedoch auch hydraulische oder pneumatische Federeinrichtungen dementsprechend denkbar. Insbesondere bei einem Wechsel des Flachmaterials kann auf diese Weise verhältnismäßig einfach sichergestellt werden, dass neue Flachmaterial ohne weiteres in die Anlage einlaufen kann.

[32] Es versteht sich, dass die Merkmale der vorstehend bzw. in den Ansprüchen beschriebenen Lösungen gegebenenfalls auch kombiniert werden können, um die Vorteile entsprechend kumuliert umsetzen zu können.

[33] Weitere Vorteile, Ziele und Eigenschaften vorliegender Erfindung werden anhand nachfolgender Beschreibung von Ausführungsbeispielen erläutert, die insbesondere auch in anliegender Zeichnung dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 eine perspektivische Schemaansicht einer ersten Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre;

Figur 2 eine perspektivische Schemaansicht einer zweiten Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre;

Figur 3 eine perspektivische Schemaansicht einer dritten Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre;

Figur 4 eine perspektivische Ansicht eines ersten Walzenträgers, der in den vorgenannten Anlagen zur Anwendung kommen kann;

Figur 5 den Walzenträger nach Figur 4 in einer Frontansicht;

Figur 6 den Walzenträger nach Figuren 4 und 5 in einer Seitenansicht;

Figur 7 den Walzenträger nach Figuren 4 bis 6 in einer weiteren Seitenansicht;

Figur 8 einen weiteren Walzenträger, der in einer der vorgenannten Anlagen zur Anwendung kommen kann, in einer Frontansicht;

Figur 9 den Walzenträger nach Figur 8 in einer perspektivischen Darstellung ähnlich Figur 4;

Figur 10 den Walzenträger nach Figuren 8 und 9 in einer ersten Explosionsdarstellung;;

Figur 11 den Walzenträger nach Figuren 8 bis 10 in einer weiteren Explosionsdarstellung;

Figur 12 eine perspektivische Ansicht eines weiteren Walzenträgers, der in einer der vorgenannten Anlagen zur Anwendung kommen kann;

Figur 13 den Walzenträger nach Figur 12 in einer weiteren perspektivischen Ansicht;

Figur 14 den Walzenträger nach Figuren 12 und 13 in einer Seitenansicht; und

Figur 15 den Walzenträger nach Figuren 12 bis 14 in einer Explosionsdarstellung.

[34] Bei den in Figuren 1 bis 3 dargestellten Anlagen zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre 10 aus einem Flachmaterial 15 sind mehrere Walzengerüste 45 (hier nur exemplarisch beziffert und schematisch durch einen feststehenden Zylinder, der nicht separat beziffert ist, dargestellt) hintereinander in einer Anlagenrichtung 31 angeordnet, sodass jeder Querschnitt des Flachmaterials 15 sukzessive an jedem der Walzgerüste 45 vorbeiläuft. Die Walzgerüste 45 tragen jeweils Walzen 40 an Walzenträgern 48, wobei aus Gründen der Klarheit in den Figuren 1 bis 3 lediglich ein Teil der Walzen, die jeweils zum Einformen notwendig sind, dargestellt ist. Insbesondere ist in den Figuren 1 bis 3 aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die

Darstellung der Walzen 40, Walzenträger 48 und Walzgerüste 45 auf der rechten Anlagenseite aus Gründen der Klarheit verzichtet worden, da diese letztlich in der Regel spiegelbildlich zu den Walzen 40, Walzenträgern 48 und Walzgerüsten 45 auf der linken Anlagenseite ausgestaltet sind. Es versteht sich, dass die Anordnung der Walzen 40 ohnehin jeweils den Materialerfordernissen und gewünschten Biegeradien in geeigneter Weise bei jeder konkreten Ausführungsform angepasst wird.

[35] Wie unmittelbar ersichtlich, weist die in Figur 1 dargestellte Anlage zwei nebeneinander angeordnet Walzenträger 48 mit Walzen 40 auf, welche auf die Seite des Flachmaterials 15 wirken, die nach dem Prozess die Innenseite des Rohrs 10 darstellt. Demgegenüber weist die Anlage nach Figur 2 lediglich eine derartige Anordnung auf, während die Anlage nach Figur 3 auf eine derartige Anordnung verzichtet.

[36] Hierbei versteht es sich, dass entsprechend der Materialeigenschaften des Flachmaterials 15 sowie der Dimensionierung des Rohres 10 geeignete Anlagen bzw. Anordnungen gewählt werden können, wobei insbesondere auch die Anordnungen nach Figuren 1 bis 3 kombinierbar sind.

[37] Es versteht sich desweiteren, dass das Rohr 10 anschließend noch einer Nachbearbeitung zugeführt werden kann, insbesondere beispielsweise einer Verschweißung des noch offen gebliebenen Schlitzes.

[38] Die Anlagenrichtung 31 stellt letztlich ungefähr einem Mittelwert der Durchlaufrichtung des Flachmaterials 15 durch die Anlage dar, wobei letztlich prozessbedingt ein Querschnitt des Flachmaterials sukzessive an den Walzgerüsten 45 bzw. an den Walzen 40 vorbeiläuft. Die einzelnen Materialpunkte eines derartigen Querschnitts weisen entsprechend des Biegeprozesses jedoch unterschiedliche Materiallaufrichtungen 32 auf, wobei davon auszugehen ist, dass, abgesehen von prozessbedingten Schwankungen, jeder im Querschnitt identische angeordnete Materialpunkt des Flachmaterials 15 auf derselben Anlagenhöhe auch die selbe Materiallaufrichtung 32 aufweisen wird. Dort wo die Walzen 40 jeweils mit dem Flachmaterial 15 in Kontakt treten, folgt unmittelbar eine Materiallaufrichtung 32 der jeweiligen Walze 40 bzw. an der jeweiligen Walze 40. Eine entsprechende Materiallaufrichtung 32 ist auch in den Figuren 4, 6, 7 und 10 schematisch angedeutet.

[39] Im Einzelnen umfassen die Walzenanordnungen nach Figuren 4 bis 11 jeweils vier Walzen 40, welche an einem gemeinsamen Walzenträger 48 gelagert sind. Auf diese Weise verteilen sich die auf den Walzenträger 48 wirkenden Walzkräfte auf die vier an ihnen

vorgesehen Walzen 40 und werden somit verhältnismäßig großflächig in das Flachmaterial 15 eingebracht.

[40] Beide in Figuren 4 bis 11 dargestellten Anordnungen können in den Anlagen der Figuren 1 bis 3 zur Anwendung kommen, wobei vorzugsweise die Anordnung der Figuren 4 bis 7 für seitliche Walzenanordnungen, welche von der Seite des Flachmaterials 15, die später die Außenseite des Rohrs 10 darstellt, auf das Flachmaterial 15 wirken, besonders geeignet erscheinen, da diese Anordnungen bereits in sich verhältnismäßig stabil laufen und die Wahrscheinlichkeit eines seitlichen Ausbrechens an etwaigen Gelenken verhältnismäßig gering ist. Anders gilt dieses bei Walzenanordnungen, die auf die Seite des Flachmaterials 15 wirken, welche später die Innenseite des Rohrs 10 darstellt. Diese Walzen laufen häufig in einem labilen Gleichgewicht und neigen dazu seitlich auszubrechen, insbesondere wenn die Walzkräfte zu groß werden oder prozessimmanente Schwankungen auftreten. Für derartige Fälle ist die Anordnung nach Figuren 8 bis 11 besser geeignet. Hierbei versteht es sich, dass je nach konkreten Erfordernissen die Anordnungen der Figuren 8 bis 11 bzw. 4 bis 7 auch anderweitig eingesetzt werden können. Insbesondere versteht es sich, dass in abweichenden Ausführungsformen diese Anordnungen auch mit anderen Walzenanordnungen kombiniert werden können und dass die Anlagen 1 bis 3 auch mit anderen Walzenanordnungen, insbesondere natürlich mit weiteren Walzenanordnungen, welche die Merkmale der vorliegenden Ansprüche umsetzen, versehen sein können.

[41] Hierbei sind bei den Anordnungen nach Figuren 4 bis 11 die Walzen 40 jeweils über eine Gabel 52 der Walzenanstellmittel 50 mit dem Walzgerüst 45 verbunden, welches seinerseits einen Zylinder (nicht beziffert) aufweist, in welchen die Gabel 52 mit einem Kolben (nicht dargestellt) eingesetzt ist. Auf diese Weise kann die Gabel 52 jedes einzelnen Walzenträgers 48 parallel zur Ausrichtung des Zylinders bzw. des Kolbens in Richtung Anlagenmitte angestellt werden, was eine sehr genaue Anstellung der Walzenträger 48 und mithin der Walzen 40 bedingt. Hierbei ist es insbesondere in einer besonderen Ausführungsform auch möglich, diese Zylinder jeweils alle oder gruppenweise mit einem Druckausgleich untereinander zu koppeln, so dass der Anpressdruck, der auf allen Walzenträgern lastet, gleich ist. Letzteres muss jedoch nicht zwingend dergestalt umgesetzt werden. Vielmehr ist es auch denkbar, sämtliche oder wenigstens zwei Gabeln 52, die an einer Anlagenseite angeordnet sind, also beispielsweise wenigstens zwei Gabeln 52 auf der rechten Anlagenseite oder wenigstens zwei Gabeln 52 auf der linken Anlagenseite bzw. zwei Gabeln 52 in der Mitte der Anlage, unmittelbar an einem gemeinsamen Träger vorzusehen, der seinerseits wiederum über geeignete Anstellmittel, wie beispielsweise über Kolben-Zylinder-Einheiten, anstellbar ist, wobei dieses

einerseits entlang einer vorgegebenen Bahn oder aber beispielsweise durch zwei oder mehr Kolben-Zylinder-Einheiten auch hinsichtlich veränderbarer Anstellwinkel sowohl senkrecht als auch parallel zur Anlagenrichtung 31 oder durch Verändern der Neigung um eine zur Anlagenrichtung 31 parallel Achse erfolgen kann.

[42] Die Gabel 52 trägt jeweils einen Zwischenträger 54, wobei dieses bei dem Ausführungsbeispiel nach Figuren 4 bis 7 durch einen Drehgelenkbolzen 57 umgesetzt ist, während dieses bei der Anordnung nach Figuren 8 bis 11 mittels Drehführungsflächen 58, welche einerseits an der Gabel 52 und andererseits an dem Zwischenträger 54 ausgebildet sind, sowie über eine Sicherungskulisse 59 (siehe Figur 8) geschieht, die in einer nicht separat bezifferten Sicherungsnut läuft, so dass der Zwischenträger 54 an der Gabel 52 gesichert ist.

[43] Wie unmittelbar nachvollziehbar, bedingt der Drehgelenkbolzen 57 eine Rotationsachse 35 des Zwischenträgers 54 einschließlich der von ihm getragenen Baugruppen, welche koaxial zu dem Drehgelenkbolzen 57 ausgerichtet ist. Je nach Krümmung der beiden Drehführungsflächen 58 an der Gabel 52 und dem Zwischenträger 54 des in Figuren 8 bis 11 dargestellten Ausführungsbeispiels kann die Rotationsachse 35 dieser Anordnung hingegen letztlich in verhältnismäßig weiten Grenzen verlagert werden. Hierdurch ergibt sich bei der in Figuren 8 bis 11 dargestellten Ausführungsform ein Rotationsfreiheitsgrad 33 welcher, wie unmittelbar in Figuren 8 und 9 nachvollziehbar, jenseits des Flachmaterials 15 dargestellt ist, sodass auf diese Weise ein stabiles Gleichgewicht des entsprechenden Drehgelenks gewährleistet ist. Wie insbesondere in Figur 9 ersichtlich, liegt die Rotationsfreiheitsgrad 33 parallel zu wenigstens einer Walzenachse 41 der Walzen 40, welche von dem Walzenträger 48 getragen werden, bzw. senkrecht zur Materiallaufrichtung 32 der zu dieser Materiallaufrichtung 32 gehörigen Walzen 40.

[44] Auch der Rotationsfreiheitsgrad 33 des zwischen Gabel 52 und Zwischenträger 54 befindlichen Drehgelenks des Ausführungsbeispiels nach Figuren 4 bis 7 liegt parallel zu wenigstens einer Walzenachse 41 der von dem Walzenträger 48 getragenen Walze 40, insoweit der Walzenträger 48 entsprechend ausgerichtet ist. In diesem Zusammenhang sei ganz allgemein klargestellt, dass die vorgenannten Parallelität komplementär dadurch umgesetzt werden kann, dass der Rotationsfreiheitsgrad 33 senkrecht zur Materiallaufrichtung 32 wenigstens einer vom Walzenträger 48 getragenen Walze ausgerichtet sein sollte.

[45] An dem Zwischenträger 54 ist der Walzenträger 48 jeweils über Drehführungsflächen 58 (bei dem Ausführungsbeispielen nach Figuren 4 bis 7 nicht expliziert dargestellt) gelagert, wobei er stirnseitig über Seitenplatten 56 gesichert ist.

[46] Hierbei ist in den Seitenplatten 56 des in Figuren 4 bis 7 dargestellten Ausführungsbeispiels jeweils ein nicht bezifferter Drehbolzen angeordnet, welcher den Walzenträger 48 in dem Zwischenträger 54 sichert und eine Rotationsachse 35 mit einem Rotationsfreiheitsgrad 34 definiert, welche parallel zur Materiallaufrichtung 32 an den Walzen 40 ausgerichtet ist. Hierbei werden die Walzkräfte der sukzessiv auf das Flachmaterial 15 wirkenden Walzen 40 über die Drehführungsflächen zwischen Walzenträger 48 und Zwischenträger 54 übertragen und lediglich ein kleiner Teil dieser Kräfte von dem Drehbolzen aufgenommen. Wie unmittelbar ersichtlich, liegt auch die Rotationsachse 35 des Rotationsfreiheitsgrads 34 aus Sicht der Walzen 40 diesseits des Flachmaterials 15. Dieses führt zwar ggf. zu einem etwas labileren Gleichgewicht, wenn Walzkräfte auf diese Anordnung wirken. Dieses ist jedoch je nach Dimensionierung der Walzkräfte und der Walzen ggf. tolerierbar.

[47] Auch bei dem Ausführungsbeispiel nach Figuren 8 bis 11 ist der Walzenträger 48 an dem Zwischenträger 54 über Drehführungsflächen 58 gelagert, wobei bei diesem Ausführungsbeispiel die Seitenplatten 56 Sicherungskulissen 59 aufweisen, welche in korrespondierenden, nicht separat bezifferten Sicherungsnuten laufen und den Walzenträger 48 in seiner Position an der Drehführungsfläche 58 des Zwischenträgers 54 sichern. Hierbei können die Drehführungsflächen 58 sowie die Sicherungsführungsbahn der Sicherungskulisse 59 in weiten Grenzen frei gewählt werden, sodass bei diesem Ausführungsbeispiel die Rotationsachse 35 des Rotationsfreiheitsgrades 34 aus Sicht der Walzen 40 jenseits des Flachmaterials 15 zu finden ist. Es versteht sich, dass unter gegebenen Umständen die Rotationsachsen 35 des in Figuren 8 bis 11 dargestellten Ausführungsbeispiels auch innerhalb des Flachmaterials 15 oder sogar diesseits des Flachmaterials 15 vorgesehen sein können, wenn dieses prozessbedingt möglich oder auch notwendig erscheint. Die gewählte Ausgestaltung der Drehführungsflächen 58 hingegen ermöglicht jeweils ein äußerst stabiles Gleichgewicht, wenn die Anordnung nach Figuren 8 bis 11 unter Last gestellt wird.

[48] Wie unmittelbar ersichtlich, ist auch bei diesem Ausführungsbeispiel die Rotationsachse 35 des Rotationsfreiheitsgrades 34 parallel zur Materiallaufrichtung 32 ausgerichtet.

[49] Es versteht sich, dass durch geeignete Federanordnungen, welche beispielsweise jeweils einen Rückzug in eine neutrale Position bedingen, der Zwischenträger 54 und/oder der Walzenträger 48 ohne weiteres derart vorgespannt werden können, dass sie jeweils in eine entsprechend vorgegebene neutrale Position zurückzufedern neigen. Derartige Federn können beispielsweise mechanische Federn sein, welche parallel zur Führungsrichtung wirken. Ebenso können beispielsweise Druckfedern oder auch hydraulische oder pneumatische Anordnungen beispielsweise vorne und hinten auf den Zwischenträger wirken, um ein entsprechendes Anstellverhalten zu bedingen.

[50] Die in den Figuren 12 bis 15 dargestellte Anordnung entspricht im Wesentlichen der Anordnung nach Figuren 4 bis 7 und kann ebenfalls in den Anlagen der Figuren 1 bis 3 zur Anwendung kommen. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird auf die Erläuterung identischer Baugruppen an dieser Stelle verzichtet und auf die diesbezüglichen Ausführungen zu der Anordnung nach Figuren 4 bis 7 verwiesen.

[51] In Abweichung zu der Anordnung nach Figuren 4 bis 7 weist die Anordnung nach Figuren 12 bis 15 ergänzend zwei Ansätze 62 an dem Walzengerüst 45 auf, an welchen Federn 64 ansetzen, die ihrerseits auf den Zwischenträger 54 wirken. Wie unmittelbar anhand der Figuren nachvollziehbar, sind die Ansätze 62 entsprechend der Ausrichtung des Zwischenträgers 54 beidseits der Gabel 52 vorgesehen, sodass diese den Walzenträger 48 hinsichtlich des Rotationsfreiheitsgrades 33 (in Figuren 12 bis 15 nicht dargestellt, entspricht jedoch diesbezüglich den Darstellungen in Figuren 4 bis 7) um die zugehörige Drehachse 35 (in Figuren 12 bis 15 nicht dargestellt, entspricht jedoch den Darstellungen in Figuren 4 bis 7) in eine Nulllage streben lässt, sodass der Walzenträger 48 bezüglich des Rotationsfreiheitsgrades 33 auch in unbelastetem Zustand eine definierte Lage einnimmt.

[52] Derartige Federmittel 60 können jedoch auch anders, beispielsweise durch flache Spiralfedern, durch pneumatische Federn oder durch sonstige rückstellend wirksame Einrichtungen, realisiert werden und auch bezüglich des Rotationsfreiheitsgrades 34 vorgesehen sein. Ebenso versteht es sich, dass entsprechende Federmittel 60 auch bei der Anordnung nach Figuren 8 bis 11 vorgesehen sein können.

Bezugszeichenliste:

| | |
|---|---|
| 10 | Rohr |
| 15 | Flachmaterial |
| 31 | Anlagenrichtung |
| 32 | Materiallaufrichtung |
| 33 | Rotationsfreiheitsgrad |
| 34 | Rotationsfreiheitsgrad |
| 35 | Rotationsachse |
| 40 | Walze |
| 41 | Walzenachse |
| 45 | Walzgerüst |
| 48 | Walzenträger |
| 50 | Walzenanstellmittel |
| 52 | Gabel |
| 54 | Zwischenträger |
| 56 | Seitenplatte |
| 57 | Drehgelenkbolzen |
| 58 | Drehführungsfläche |
| 59 | Sicherungskulisse |
| 60 | Federmittel |
| 62 | Ansatz |
| 64 | Feder |

Patentansprüche:

1. Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre (10) aus einem Flachmaterial (15) mit in Anlagenrichtung (31) hintereinander angeordnete Walzgerüsten (45), die jeweils wenigstens eine Walze (40) tragen, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eines der Walzgerüste (45) einen Walzenträger (48) aufweist, welcher wenigsten drei in Anlagenrichtung (31) hintereinander angeordnete Walzen (40) trägt und über Walzenanstellmittel (50) mit einem Rotationsfreiheitsgrad (33) parallel zu wenigstens einer Walzenachse (41) einer von ihm getragenen Walze (40) und/oder senkrecht zur Materiallaufrichtung (32) einer von dem Walzenträger getragenen Walze (40) frei an dem den Walzenträger (48) tragenden Walzgerüst (45) gelagert ist.

2. Anlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzenträger (48) über Walzenanstellmittel (50) mit einem Rotationsfreiheitsgrad (34) senkrecht zu einer Walzenachse (41) einer von ihm getragenen Walze (40) und/oder parallel zur Materiallaufrichtung (32) der zu dieser Walzenachse (41) gehörigen Walze (40) an dem den Walzenträger (48) tragenden Walzgerüst (45) angeordnet ist.

3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzenanstellmittel (50) wenigsten in einer Anstellposition eine aus Sicht der entsprechenden Walze (40) jenseits des Flachmaterials (15) dargestellten Rotationsachse (35) aufweisen.

4. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzenträger (48) nicht mehr als zehn in Anlagenrichtung (31) hintereinander angeordnete Walzen (40) trägt.

5. Anlage zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre (10) aus einem Flachmaterial (15) mit in Anlagenrichtung (31) hintereinander angeordnete Walzgerüsten (45), die jeweils wenigstens eine Walze (40) tragen, wobei wenigstens eine der Walzen (40) über Walzenanstellmittel (50) mit einem Rotationsfreiheitsgrad (34) senkrecht zu einer Walzenachse (41) und/oder parallel zur Materiallaufrichtung (32) der zu dieser Walzenachse (41) gehörigen Walze frei an dem die Walze (40)

tragenden Walzgerüst (45) gelagert ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Walzenanstellmittel (50) wenigsten in einer Anstellposition eine aus Sicht der entsprechenden Walze (40) jenseits des Flachmaterials (15) dargestellten Rotationsachse (35) aufweisen.

6. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzenanstellmittel (50) in Bewegungsrichtung gefedert sind.

7. Anlage nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Walze (40) breiter als ihr halber Durchmesser, insbesondere sogar breiter als ihr Durchmesser, ist.

8. Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre (10) aus einem Flachmaterial (15), wobei das Flachmaterial (15) sukzessive an mehreren Walzenanordnungen vorbeigeführt und entsprechend gebogen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Walzkräfte von wenigstens drei sukzessiv auf das Flachmaterial (15) wirkende Walzen (40) gemittelt in das Walzgerüst (45) eingebracht werden und/oder drei sukzessiv wirkenden Walzen (40) sich relativ zueinander frei anstellen.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Walzkräfte von nicht mehr als zehn sukzessiv auf das Flachmaterial (15) wirkende Walzen (40) gemittelt in das Walzgerüst (45) eingebracht werden und/oder nicht mehr als zehn sukzessiv wirkende Walzen (40) sich relativ zueinander frei anstellen.

10. Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre (10) aus einem Flachmaterial (15), wobei das Flachmaterial (15) sukzessive an mehreren Walzenanordnungen vorbeigeführt und entsprechend gebogen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei sukzessiv wirkende, sich relativ zueinander frei anstellende Walzen (40) gemeinsam in wenigstens einer Anstellposition mit einer aus Sicht der beiden sukzessiv wirkenden Walze (40) jenseits des Flachmaterials (15) dargestellten Rotationsachse (35) geführt sind.

11. Verfahren zum kontinuierlichen Einformen längsgeschlitzter Rohre (10) aus einem Flachmaterial (15), wobei das Flachmaterial (15) sukzessive an mehreren Walzenanordnungen vorbeigeführt und entsprechend gebogen wird, wobei wenigstens eine Walze (40) senkrecht zu ihrer Walzenachse (41) und/oder parallel zur Materiallaufrichtung (32) dieser Walze (40) frei den jeweiligen Walzkräften folgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Walze (40) senkrecht zu ihrer Walzenachse (41) und parallel zur Materiallaufrichtung (32) dieser Walze (40) wenigsten in einer Anstellposition mit einer aus Sicht der entsprechenden Walze (40) jenseits des Flachmaterials (15) dargestellten Rotationsachse (35) den jeweiligen Walzkräften folgt.

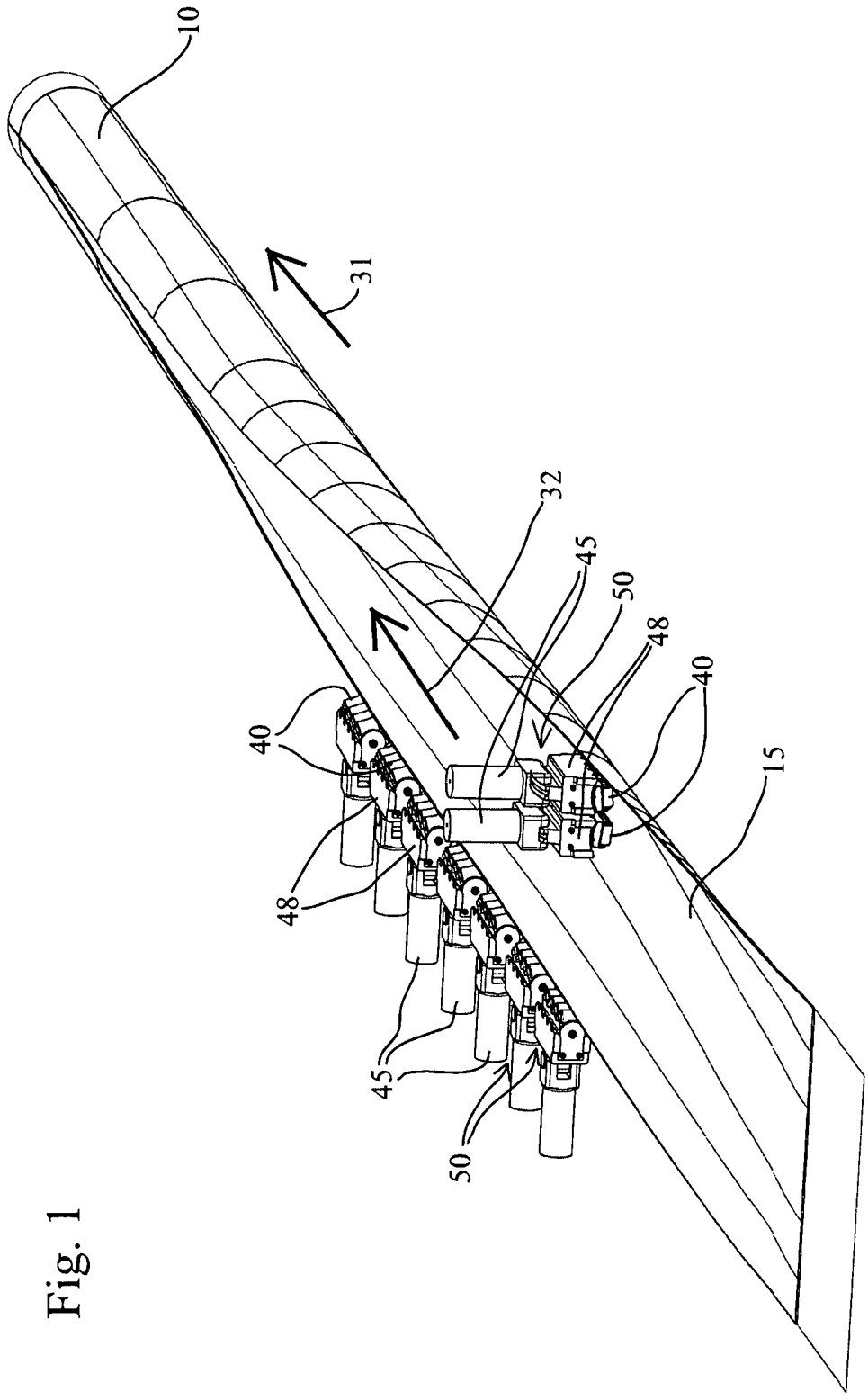



Fig. 1

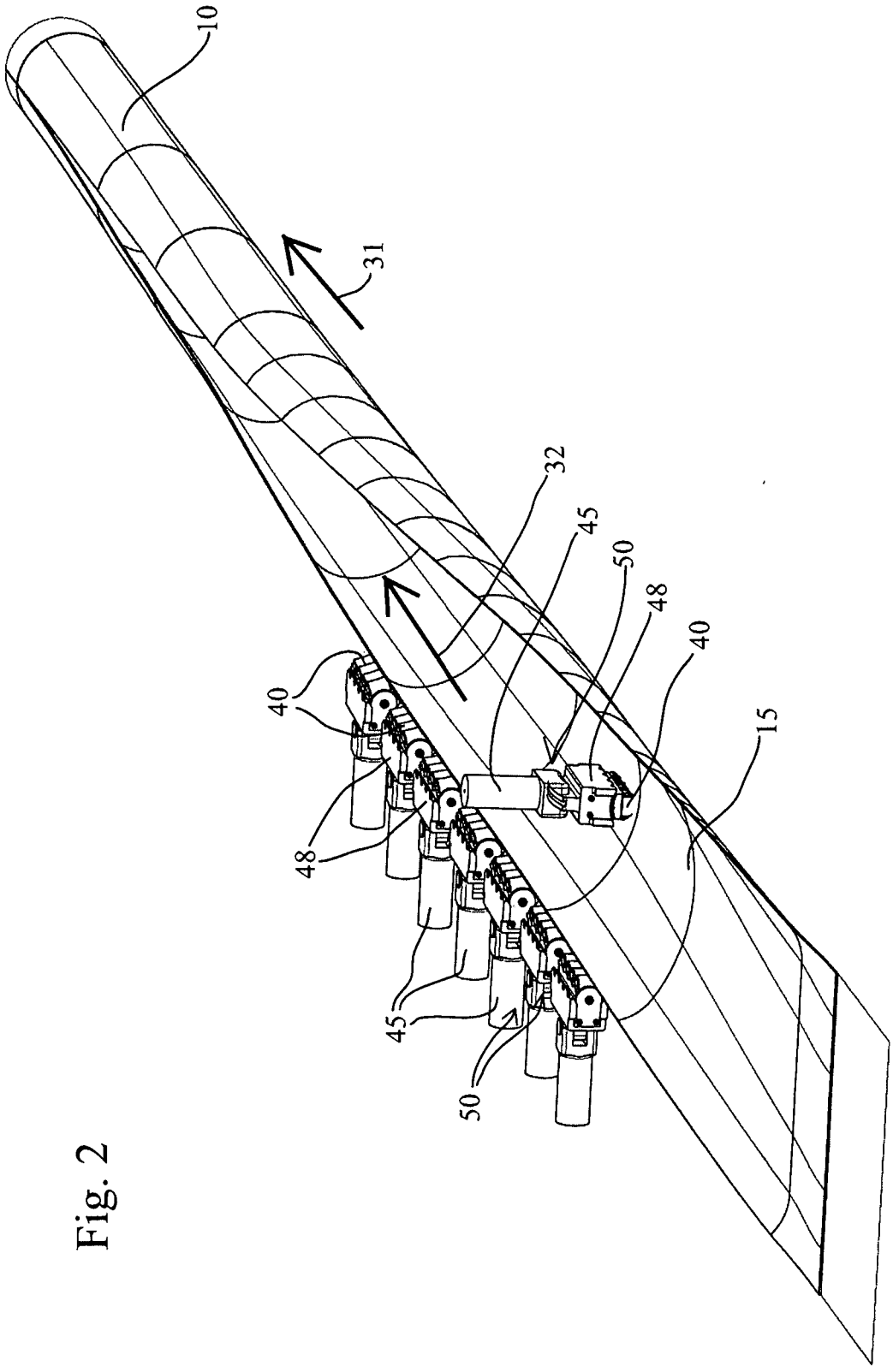



Fig. 2

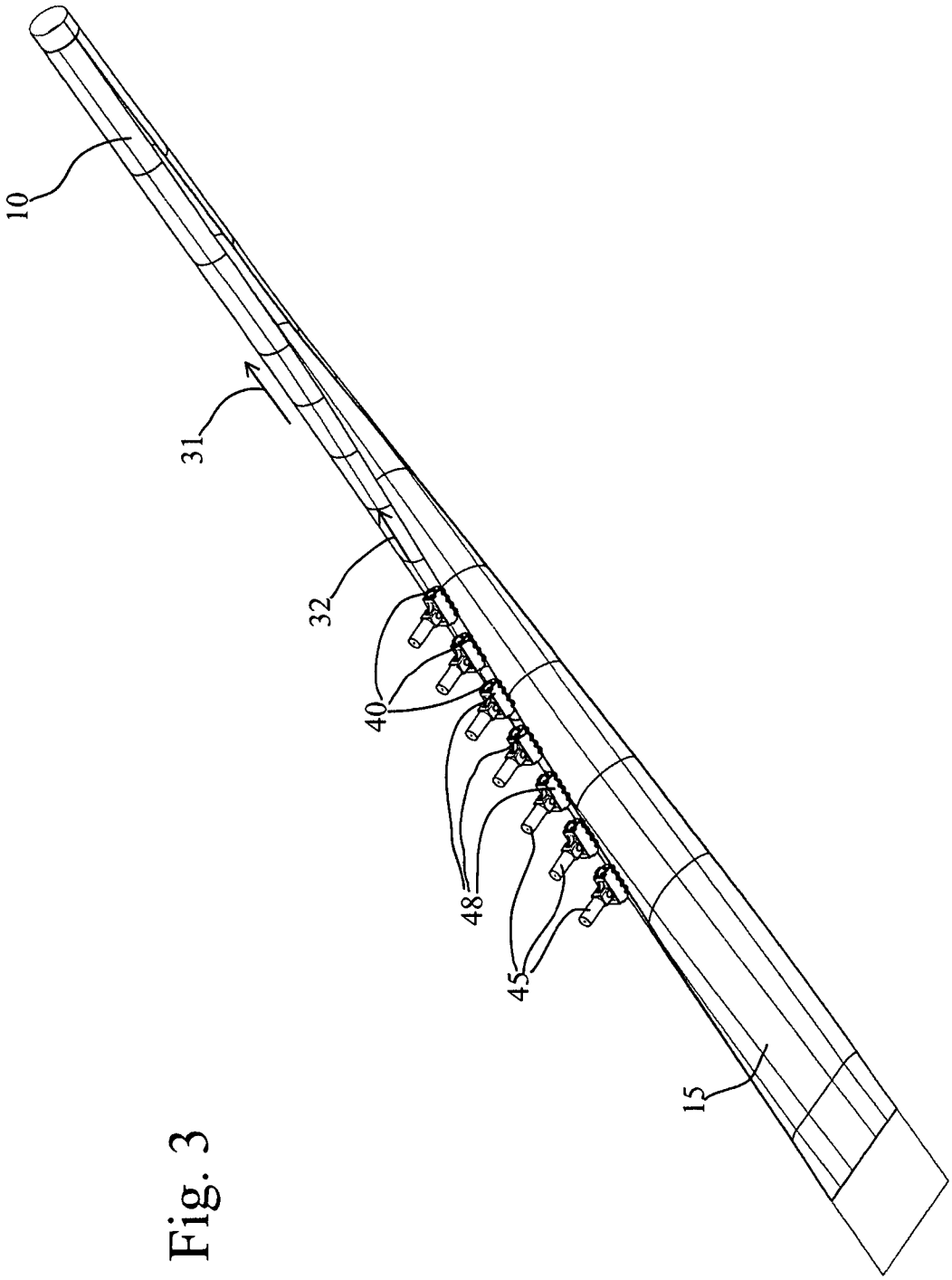



Fig. 3

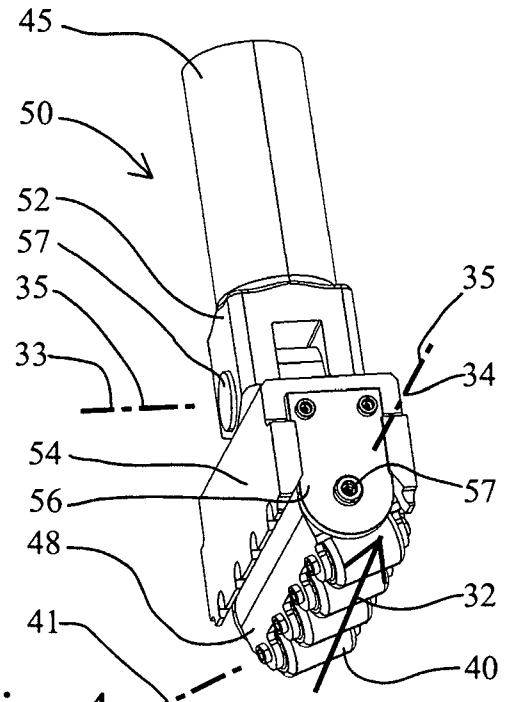



Fig. 4

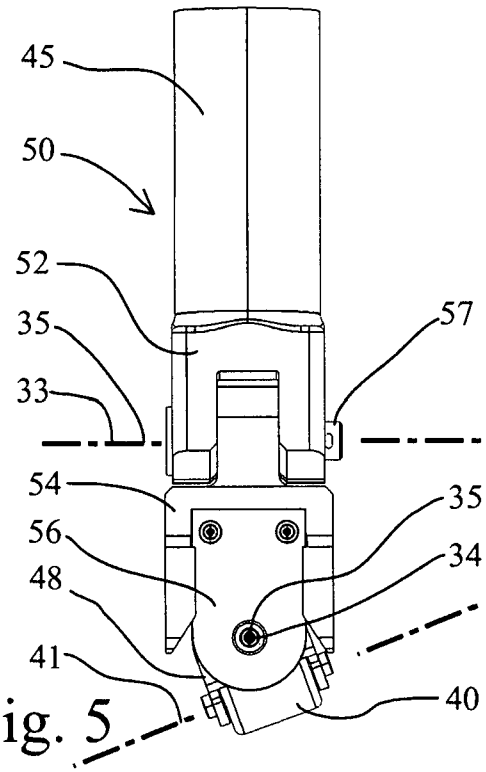



Fig. 5

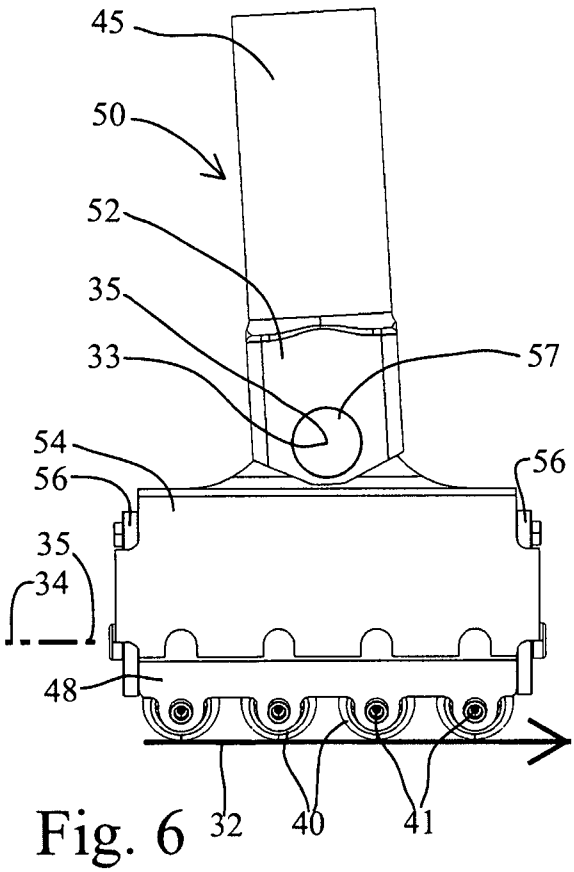



Fig. 6

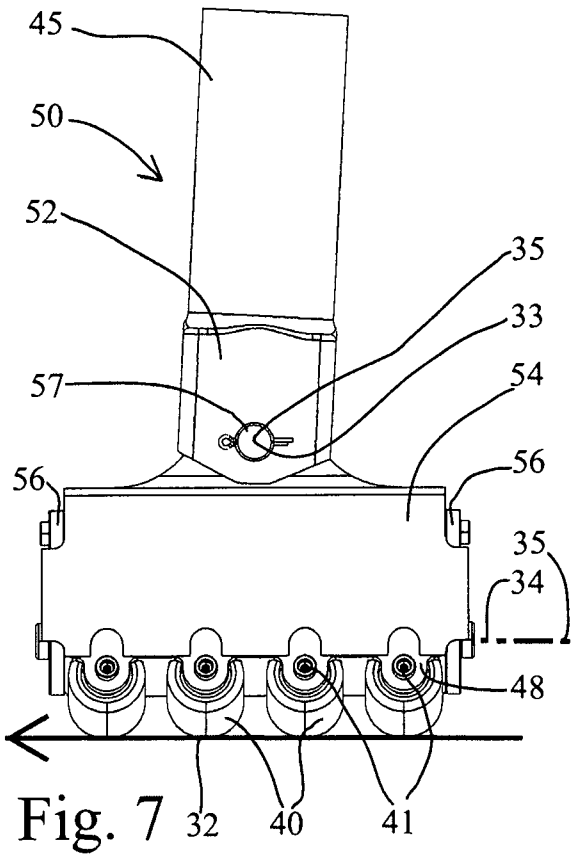



Fig. 7

Fig. 8

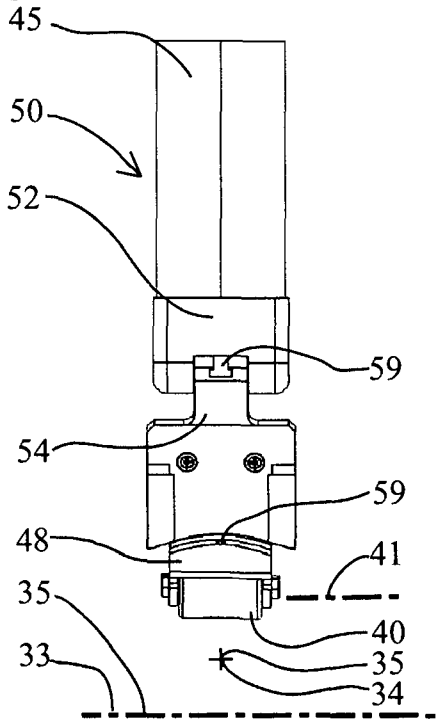
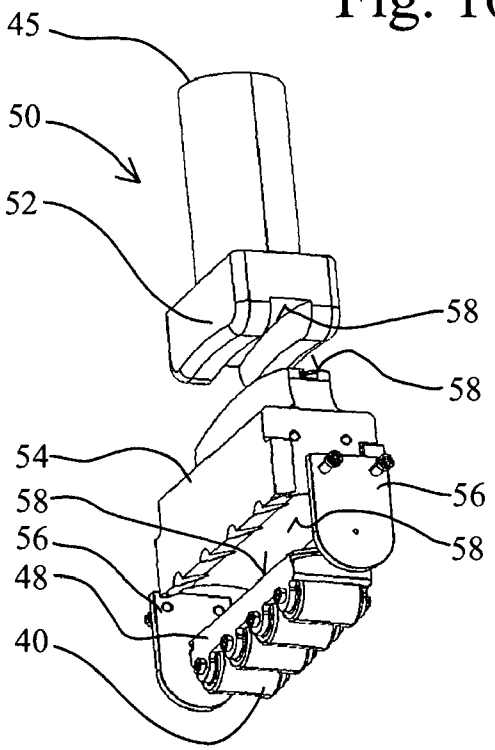



Fig. 10



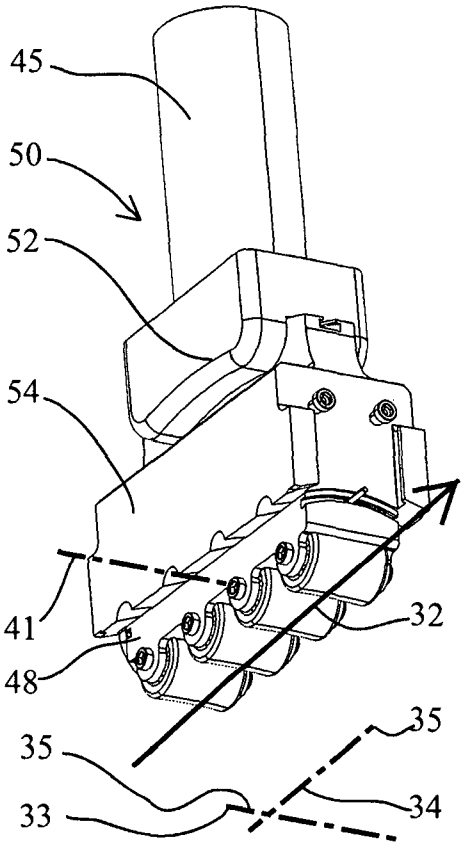




Fig. 9

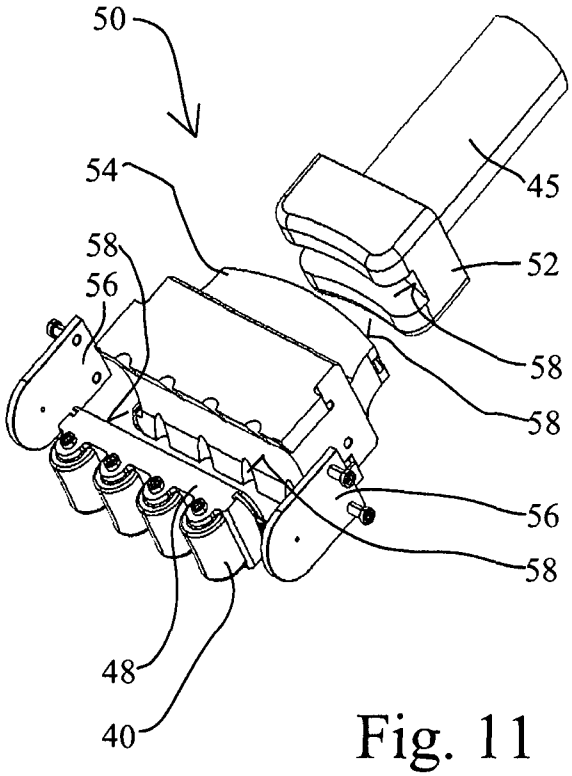



Fig. 11

Fig. 12

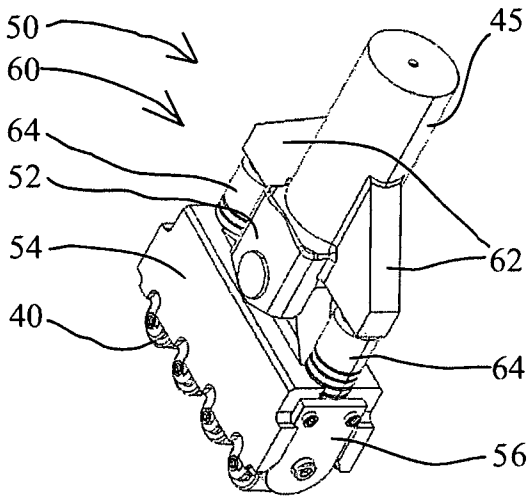



Fig. 13

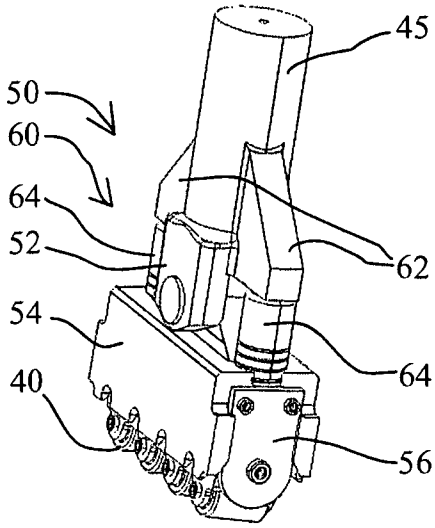



Fig. 14

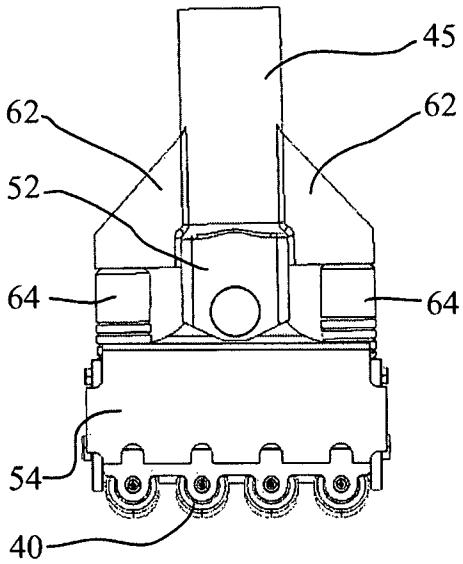



Fig. 15

