

(19)



(11)

EP 2 380 675 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(51) Int Cl.:
B21D 7/04 (2006.01) B21D 53/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11161129.9**

(22) Anmeldetag: **05.04.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Felss Burger GmbH**
87484 Nesselwang (DE)

(72) Erfinder: **Freidl, Thomas**
87435 Kempten (DE)

(74) Vertreter: **Kohler Schmid Möbus**
Patentanwälte
Ruppmannstraße 27
70565 Stuttgart (DE)

(30) Priorität: **26.04.2010 DE 102010018396**

(54) Verfahren zum mäanderförmigen plastischen Verformen von Biegegut mit Überbiegen

(57) Ein Verfahren zum mäanderförmigen, plastischen Verformen von Biegegut (10), insbesondere Rohren, mit folgenden Schritten:

- a) ungebogenes, gerades Biegegut (10) wird mittels einer ersten äußeren Biegeeinheit (4), einer mittleren Biegeeinheit (5) und einer zweiten äußeren Biegeeinheit (6) ergriffen, insbesondere wobei die mittlere Biegeeinheit (5) zentral zwischen den äußeren Biegeeinheiten (4, 6) angreift;
- b) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) werden relativ auf-

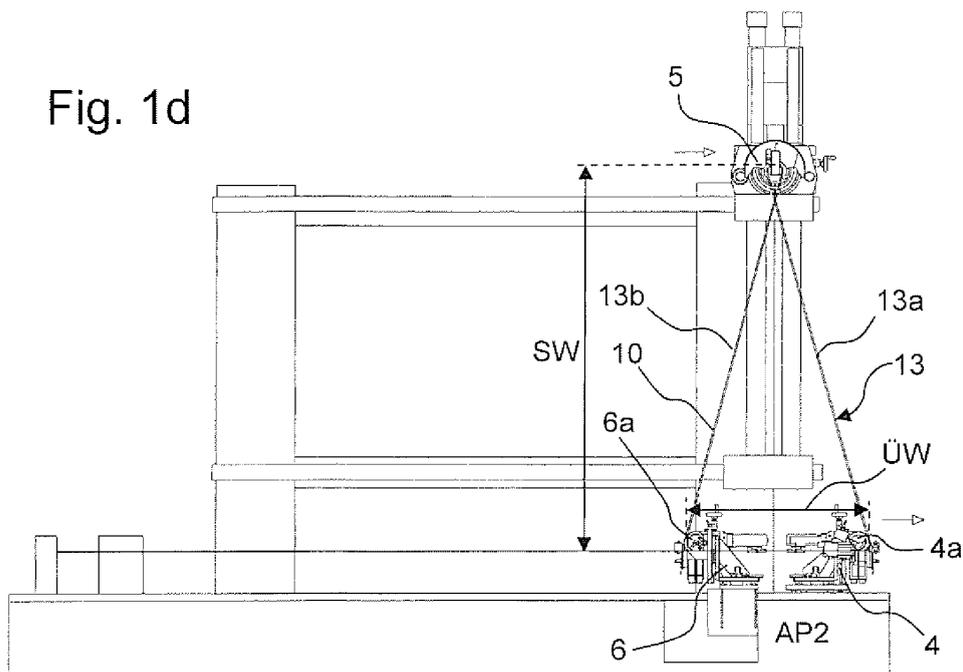
einander zu bewegt und die mittlere Biegeeinheit (5) wird relativ von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) weg bewegt;

ist dadurch gekennzeichnet, dass

c) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) relativ gegeneinander geringfügig versetzt aneinander vorbei geführt werden.

Die Erfindung ermöglicht bei der Fertigung von mäanderförmigen Strukturen größere plastische Biegewinkel im Rahmen des Schlaufenziehens.

Fig. 1d



EP 2 380 675 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum mäanderförmigen, plastischen Verformen von Biegegut, insbesondere Rohren, mit folgenden Schritten:

a) ungebogenes, gerades Biegegut wird mittels einer ersten äußeren Biegeeinheit, einer mittleren Biegeeinheit und einer zweiten äußeren Biegeeinheit ergriffen, insbesondere wobei die mittlere Biegeeinheit zentral zwischen den äußeren Biegeeinheiten angreift;

b) die äußeren Biegeeinheiten werden relativ aufeinander zu bewegt und die mittlere Biegeeinheit wird relativ von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten weg bewegt.

[0002] Mäanderförmig verformte Strukturen, insbesondere mäanderförmig verformte Rohre, werden beispielsweise für die Fertigung von Solarmodulen zur Warmwasserbereitung oder für andere Wärmetauscher-Anwendungen benötigt.

[0003] Bei der Fertigung solcher mäanderförmiger Strukturen wird typischerweise ein Biegegut zunächst von einem spulenartig aufgewickelten Vorrat ("Coil") abgewickelt, zu einem geraden Strang gerichtet und einer Biegestation zugeführt. Es besteht auch die Möglichkeit, dass zuvor abgefangtes und gerichtetes Biegegut der Biegestation zugeführt wird. Das gerade Biegegut wird dann mit (mindestens) drei Biegeeinheiten (auch Biegeköpfe genannt) ergriffen. Zwei äußere Biegeeinheiten werden bei ergriffenem Biegegut relativ aufeinander zu bewegt, und eine dritte Biegeeinheit wird gleichzeitig von der Verbindungslinie der beiden äußeren Biegeeinheiten relativ weg bewegt. Dadurch wird eine Schlaufe gezogen. Durch Wiederholung dieses Vorgangs an aufeinander folgenden Abschnitten des Biegeguts entsteht die mäanderförmige Struktur.

[0004] Das Biegegut, welches typischerweise aus Stahl, Kupfer oder einem anderen metallischen Werkstoff gefertigt ist, wird beim Verfahren der Biegeköpfe nicht nur plastisch, sondern auch elastisch verformt. Nach dem Freigeben des Biegeguts von den Biegeeinheiten federt ein Teil der von den Biegeeinheiten aufgezogenen Verformung des Biegeguts wieder zurück. Daher werden bei der Fertigung einer Struktur die Biegeköpfe etwas weiter verfahren als es der gewünschten Struktur entspricht (so genanntes "Überbiegen"), so dass sich nach dem Rückfedern der elastischen Verformung die gewünschte Struktur ergibt.

[0005] Bei mäanderförmigen Strukturen werden in den meisten Fällen parallele Mäanderarme gewünscht, d.h. in einer zu ziehenden Mäanderschlaufe sollte das Biegegut insgesamt plastisch um einen Winkel von 180° , also 90° pro Mäanderarm, gebogen werden. Die Mäanderarme müssen dafür um einen vom Biegegut (insbesondere dem Material und der Gestalt des Biegeguts) abhängigen Winkel überbogen werden, meist um ca. 5° ,

entsprechend einem gesamten Biegewinkel von 95° pro Mäanderarm.

[0006] Falls die Mäanderarmlänge im Vergleich zum Abstand der Mäanderarme recht groß ist, stoßen jedoch die äußeren Biegeeinheiten beim Schlaufenziehen schon bei einem geringen Überbiegewinkel aufeinander. Dadurch wird der plastisch aufprägbare Biegewinkel pro Mäanderarm begrenzt, bei langen Mäanderarmen unter die für parallele Mäanderarme notwendigen 90° .

[0007] Um bei langen Mäanderarmen dennoch parallele Mäanderarme fertigen zu können, ist es bekannt, das Biegegut im Bereich des Schlaufenendes nach dem Schlaufenziehen geringfügig mit dem Biegefingerring einzu-drücken bzw. zu knicken, so dass im Biegegut eine merkliche Delle entsteht. Dadurch wird jedoch zum einen der Fertigungsprozess komplexer, zum anderen verschlechtert der Knick die Festigkeit der mäanderförmigen Struktur und das Strömungsverhalten von in der mäanderförmigen Struktur fließendem Kreislaufwasser, etwa bei Einsatz der mäanderförmigen Struktur in einem Wärmetauscher.

Aufgabe der Erfindung

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei der Fertigung von mäanderförmigen Strukturen größere plastische Biegewinkel im Rahmen des Schlaufenziehens zu ermöglichen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren der eingangs genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass c) die äußeren Biegeeinheiten relativ gegeneinander geringfügig versetzt aneinander vorbei geführt werden.

[0010] Gemäß der vorliegenden Erfindung wird das Schlaufenziehen beim Verformen von Biegegut so geführt, dass insbesondere zum Zwecke des Überbiegens die beiden äußeren Biegeköpfe nicht nur aufeinander zu, sondern weiterhin aneinander vorbei und darüber hinaus noch eine gewisse Strecke voneinander weg geführt werden. Dazu werden die Biegeköpfe geringfügig gegeneinander versetzt. Der Versatz erfolgt meist im Laufe des relativen Verfahrens der äußeren Biegeköpfe aufeinander zu. Insbesondere kann in einem ersten Zeitabschnitt zunächst eine relative Bewegung der äußeren Biegeköpfe direkt aufeinander zu erfolgen, der dann in einem späteren Zeitabschnitt des Biegeprozesses eine Versatzbewegung überlagert wird. Der Versatz kann ebenso während einer Unterbrechung der Annäherungsbewegung der beiden äußeren Biegeeinheiten erfolgen. Es ist aber auch möglich, den Versatz dadurch zu realisieren, dass die äußeren Biegeeinheiten bereits zu Beginn des Biegeprozesses sich nicht direkt aufeinander zu bewegen, sondern die relative Annäherungsbewegung der äußeren Biegeköpfe von Anfang an eine gewisse Abweichung von der ursprünglichen Verlaufsrichtung des noch unge-

bogenen, geraden Biegeguts hat.

[0011] Im Rahmen der Erfindung wird das ergriffene Biegegut im Bereich zwischen den äußeren Biegeeinheiten und der mittleren Biegeeinheit überkreuzt, und es ist eine deutlich stärkere Überbiegung möglich als ohne Versatz, wenn die äußeren Biegeeinheiten sich gegenseitig blockieren würden. Die stärkere Überbiegung ermöglicht es insbesondere, einen parallelen Mäanderverlauf zu fertigen, auch wenn das Verhältnis von Mäanderlänge zu Mäanderabstand relativ groß ist.

[0012] Rohrförmiges Biegegut, welches im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden kann, hat typischerweise einen kreisrunden Querschnitt; es sind aber auch andere Querschnitte, etwa ovale oder eckige Querschnitte möglich.

Bevorzugte Varianten der Erfindung

[0013] Bevorzugt ist eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei der in Schritt c) der gegenseitige Versatz der äußeren Biegeeinheiten so gering ist, dass im Biegegut bezüglich der Versatzrichtung lediglich eine elastische, nicht aber eine plastische Verformung erfolgt. Wenn der Versatz im elastischen Bereich bleibt, brauchen keine Nachverformung zur Beseitigung von unerwünschten Biegungen in der Richtung der Abfolge der Mäanderschlaufen angewandt werden. Insbesondere können mit dem erfindungsgemäßen Verfahren leicht direkt ebene Mäanderstrukturen gebogen werden.

[0014] Bei einer bevorzugten Weiterentwicklung dieser Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass die relative Bewegung der äußeren Biegeeinheiten in Schritt b) entlang einer ersten Richtung erfolgt, dass der relative Versatz der äußeren Biegeeinheiten in Schritt c) in einer zweiten Richtung erfolgt, die zumindest näherungsweise senkrecht zu einer Biegegutebene ist, welche durch die drei Biegeeinheiten aufgespannt wird, und dass in Schritt c) die äußeren Biegeeinheiten zumindest näherungsweise parallel der ersten Richtung aneinander vorbei geführt werden. Diese Variante hat sich in der Praxis bewährt; sie ist insbesondere einfach und mit geringem Platzbedarf zu realisieren. Man beachte, dass die Versatzbewegung in die zweite Richtung typischerweise einem Teil der relativen Verfahrensbewegung der äußeren Biegeköpfe in die erste Richtung überlagert ist. Unter dem Ort einer Biegeeinheit wird hier der Ort des Zugriffs der Biegeeinheit am Biegegut verstanden.

[0015] Bevorzugt ist auch eine Verfahrensvariante, bei der eine der äußeren Biegeeinheiten während der Schritte b) und c) ortsfest gehalten wird. Dadurch, dass eine äußere Biegeeinheit während des Biegeprozesses (in den Schritten b) und c)) ortsfest gehalten wird, wird der Verfahrensablauf und der Aufbau der zugehörigen Biegemaschine vereinfacht. Man beachte, dass die ortsfeste Biegeeinheit zum Zwecke des Aus- und Einfädelns des Biegeguts bzw. eines Wechsels der Biegerille umgeschaltet werden kann, etwa durch Versatz quer zur ersten Richtung.

[0016] Bei einer vorteilhaften Verfahrensvariante ist vorgesehen, dass in Schritt b) die äußeren Biegeeinheiten horizontal relativ zueinander bewegt werden, und die mittlere Biegeeinheit vertikal und horizontal bewegt wird. Die horizontalen Bewegungen der äußeren Biegeeinheit und der mittleren Biegeeinheit erfolgen typischerweise in parallelen Richtungen. In diesem Fall benötigt das Verfahren bzw. eine zugehörige Biegemaschine nur eine relativ geringe Grundfläche (Stellfläche),

[0017] Besonders bevorzugt ist eine Verfahrensvariante, bei der die äußeren Biegeeinheiten genau so weit aneinander vorbei geführt werden, dass nach elastischer Rückfederung der Überbiegung des Biegeguts parallele Mäanderabschnitte ausgebildet werden. Insbesondere bei relativ langen Mäanderarmen können solche Mäanderstrukturen mit dem erfindungsgemäßen Verfahren besonders leicht gefertigt werden.

[0018] In den Rahmen der vorliegenden Erfindung fällt auch eine Biegemaschine für das mäanderförmige plastische Verformen von Biegegut, insbesondere von Rohren, umfassend

- eine erste äußere Biegeeinheit, eine zweite äußere Biegeeinheit und eine mittlere Biegeeinheit,
- sowie Mittel, um die Biegeeinheiten von einer ersten Arbeitsposition, in welcher sie das ungebogene, gerade verlaufende Biegegut ergreifen können, in eine zweite Arbeitsposition, in welcher sie das Biegegut maximal verformen können, zu Überführen,

wobei die Mittel dazu ausgebildet sind, für das Überführen der Biegeeinheiten von der ersten Arbeitsposition in die zweite Arbeitsposition die äußeren Biegeeinheiten relativ aufeinander zu zu verfahren und die mittlere Biegeeinheit relativ von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten weg zu verfahren, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel dazu ausgebildet sind, in einem zweiten Teil des Überführens der Biegeeinheiten von der ersten Arbeitsposition in die zweite Arbeitsposition die beiden äußeren Biegeeinheiten geringfügig gegeneinander versetzt aneinander vorbei zu führen. Dadurch sind größere Überbiegewinkel möglich als bei herkömmlichen Biegemaschinen, so dass insbesondere bei langen Mäanderarmen große plastische Biegewinkel, insbesondere von 90° pro Mäanderarm, gefertigt werden können. Bevorzugt sind die Mittel dazu ausgebildet, erst im zweiten Teil des Überführens die beiden äußeren Biegeeinheiten gegeneinander zu versetzen; es ist aber auch möglich, die Mittel so auszubilden, dass bereits von Beginn des Biegeprozesses an die relative Bewegung der äußeren Biegeeinheiten geringfügig aneinander vorbei zielt.

[0019] Besonders bevorzugt ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Biegemaschine, die dadurch gekennzeichnet ist, dass eine gerade verlaufende Führung vorgesehen ist, auf welcher die erste äußere Biegeeinheit verfahrbar ist, wobei eine der äußeren Biegeeinheiten mit einem Querschlitten quer zur Führungsrichtung

tung zwischen einer ersten, ausgerichteten Position und einer zweiten, versetzten Position verfahrbar ist, insbesondere wobei die zweite äußere Biegeeinheit entlang der Führung nicht verfahrbar ausgebildet ist, und dass in der ersten, ausgerichteten Position des Querschlittens die erste äußere Biegeeinheit gerade (direkt) auf die zweite äußere Biegeeinheit zu verfahrbar ist, und in der zweiten, versetzten Position die erste äußere Biegeeinheit an der zweiten äußeren Biegeeinheit vorbei verfahrbar ist. Diese Ausführungsform ist platzsparend und hat sich in der Praxis bewährt. Bevorzugt ist die erste äußere Biegeeinheit mit dem Querschlitten verfahrbar, und die zweite äußere Biegeeinheit ist ortsfest (nicht auf der Führung verfahrbar) ausgebildet. Bevorzugt ist eine Weiterbildung dieser Ausführungsform, bei der die Position des Querschlittens in Querrichtung mit einem Antrieb, insbesondere einem Pneumatikzylinder, einstellbar ist. Im einfachsten Fall dient der Antrieb nur dazu, zwischen der ersten, ausgerichteten Position und der zweiten, versetzten Position umzuschalten. In dieser Weiterbildung kann der Ort, an dem der Versatz aufgebracht wird, programmseitig eingestellt werden, wodurch diese Weiterbildung leicht an verschiedene Gestalten von Mäanderschlaufen (insbesondere verschiedene Mäanderlängen und Mäanderabstände) angepasst werden kann. Insbesondere kann ein ausreichender Abstand zu einer Trenneinheit (oder einer anderen Klemmeinheit) vor Anwendung des Versatzes eingerichtet werden, um plastische Verformungen im Bereich zwischen der Trenneinheit und der ersten äußeren Biegeeinheit zu vermeiden. Pneumatikzylinder für das Verfahren des Querschlittens sind besonders kostengünstig.

[0020] Bei einer alternativen Weiterbildung ist vorgesehen, dass die erste äußere Biegeeinheit mit dem Querschlitten verfahrbar ist, und dass entlang der Führung Zwangsführungsmittel angeordnet sind, mit denen der Querschlitten beim Verfahren entlang der Führung in Querrichtung ausgerichtet wird, insbesondere wobei der Querschlitten an seitlichen Banden abrollen oder abgleiten kann. In diesem Fall ist eine Kollision der äußeren Biegeeinheiten im Rahmen einer Fehlbedienung ausgeschlossen. Eine Zwangsführung (etwa eine Kulissenführung) vereinfacht auch die Steuerung der Biegemaschine.

[0021] Eine andere, vorteilhafte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Biegemaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass eine Führung vorgesehen ist, auf welcher die erste äußere Biegeeinheit verfahrbar ist, dass die zweite äußere Biegeeinheit nicht entlang der Führung verfahrbar ausgebildet ist, dass die Führung in einem ersten geraden Abschnitt so verläuft, dass die erste äußere Biegeeinheit im ersten Abschnitt gerade auf die zweite äußere Biegeeinheit zu verfahrbar ist, dass die Führung in einem zweiten geraden Abschnitt parallel zum ersten Abschnitt, jedoch mit einem Versatz zur zweiten äußeren Biegeeinheit verläuft, wobei der Versatz ausreicht, dass die erste äußere Biegeeinheit auf dem zweiten Abschnitt der Führung die zweite äußere Biege-

einheit passieren kann, insbesondere gerade noch passieren kann, und dass zwischen den beiden geraden Abschnitten die Führung einen gekrümmten Zwischenabschnitt aufweist. Bei dieser Ausführungsform ist ebenfalls eine Kollision der äußeren Biegeeinheiten durch Fehlbedienungen ausgeschlossen, da die Führung die erste äußere Biegeeinheit stets an der zweiten äußeren Biegeeinheit vorbei führt. Im Übergang zwischen den geraden Abschnitten ist die Führung hier gekrümmt. Ein Querschlitten ist in dieser Ausführungsform nicht notwendig.

[0022] Bei einer bevorzugten Weiterbildung dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Führung in einer horizontalen Ebene verläuft, und die mittlere Biegeeinheit in einer vertikalen Ebene verfahrbar ist. Dieser Aufbau benötigt nur wenig Grundfläche (Stellfläche).

[0023] Besonders bevorzugt ist weiterhin eine Ausführungsform, bei der die Biegemaschine dazu ausgebildet ist, die mittlere Biegeeinheit um wenigstens 800 mm, bevorzugt wenigstens 2500 mm von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten weg zu führen, und die äußeren Biegeeinheiten um wenigstens 200 mm, bevorzugt wenigstens 500 mm aneinander vorbei zu führen. Mit diesen Dimensionierungen für Streckungsweg und Überbiegeweg können mäanderförmige Strukturen mit langen, parallelen Mäanderarmen gefertigt werden.

[0024] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Biegemaschine ausgebildet zur Durchführung eines oben beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahrens. Schließlich fällt auch in den Rahmen der vorliegenden Erfindung die Verwendung einer erfindungsgemäßen, oben beschriebenen Biegemaschine zum mäanderförmigen, plastischen Verformen von Biegegut, insbesondere von Rohren, insbesondere wobei ein oben beschriebenes, erfindungsgemäßes Verfahren eingesetzt wird.

[0025] Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter ausgeführten Merkmale erfindungsgemäß jeweils einzeln für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung und Zeichnung

[0026] Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a bis 1e den Ablauf des erfindungsgemäßen Biegeverfahrens in verschiedenen Stadien an einer erfindungsgemäßen Biegemaschine, mit gerader Führung, in schematischer Seitenansicht;

Fig. 2a das Stadium gemäß Fig. 1 a in einer

- schematischen Aufsicht;
- Fig. 2b das Stadium gemäß Fig. 1d in einer schematischen Aufsicht;
- Fig. 3 eine schematische Aufsicht auf eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Biegemaschine, mit gekrümmter Führung.

[0027] Die Figuren 1a bis 1e und Fig. 2a und 2b illustrieren beispielhaft den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens an einer beispielhaften, erfindungsgemäßen Biegemaschine 1.

[0028] Die Biegemaschine 1, vgl. **Figuren 1a und 2a**, weist ein Maschinenbett 2 auf, auf welchem eine gerade Führung 3 ausgebildet ist. Auf der Führung 3 ist in Führungsrichtung (hier x-Richtung; x, y und z bilden ein orthogonales System) eine erste äußere Biegeeinheit (Biegekopf) 4 mittels eines Grundschlittens 15 verfahrbar. Eine mittlere Biegeeinheit (Biegekopf) 5 (in Fig. 2a ist davon zur Vereinfachung nur deren Biegekern 5a eingezeichnet) ist in einer vertikalen Ebene (hier xz-Ebene) mit Linearschlitten 7a, 7b verfahrbar. Weiterhin ist eine ortsfeste (nicht entlang der Führungsrichtung verfahrbare) zweite äußere Biegeeinheit (Biegekopf) 6 am Maschinenbett 2 befestigt. Auf der Führung 3 sind weiterhin eine Kerbeinheit 8 und Trenneinheit 9 verfahrbar (Die Bewegungen der Kerbeinheit 8 und der Trenneinheit 9 während des Biegeprozesses werden im Folgenden zur Vereinfachung nicht dargestellt).

[0029] Die Biegemaschine 1 verformt Biegegut 10 zu einer mäanderförmigen Struktur 11, wobei die Schlaufen 12 der mäanderförmigen Struktur 11 nacheinander gezogen werden.

[0030] In einer Ausgangsstellung (Fig. 1a, Fig. 2a) ist das Biegegut 10 gerade ausgerichtet und wird von den drei Biegeeinheiten 4, 5, 6 ergriffen; dabei werden Biegekern 4a, 5a, 6a (Biegewerkzeuge) und Biegefingern (beispielsweise Biegerollen oder Gleitstücke) von zwei Seiten an das Biegegut 10 angelegt. Die Biegeeinheiten 4, 5, 6 (d.h. die Orte, an denen die Biegeeinheiten 4, 5, 6 jeweils am Biegegut 10 angreifen) sind dabei in einer Linie angeordnet (erste Arbeitsposition, AP1).

[0031] Sodann wird mit dem Ziehen der nächsten Schlaufe begonnen, vgl. **Fig. 1b**. Dabei wird die mittlere Biegeeinheit 5 mit ergriffenem Biegegut 10 nach oben (weg von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten 4, 6) gezogen (man beachte, dass die Proportionen in den Figuren übertrieben sind; das Biegegut 10 wird in axialer Richtung nicht merklich gestreckt), und die beiden äußeren Biegeeinheiten 4, 6 bewegen sich relativ aufeinander zu (so genannte erste Richtung, hier x-Richtung). Für letztere Relativbewegung verfährt jedoch lediglich die erste äußere Biegeeinheit 4 auf der Führung 3 nach rechts. Um in x-Richtung mittig zwischen den äußeren Biegeeinheiten 4, 6 zu bleiben, verfährt die mittlere Biegeeinheit 5 gleichzeitig etwas nach rechts. Die Ver-

fahrwege der Biegeeinheiten 4, 5 sind typischerweise für die gewünschte Struktur 11 vorberechnet und über eine nicht näher dargestellte elektronische Steuerung synchronisiert.

[0032] Man beachte, dass beim Bewegen der ersten äußeren Biegeeinheit 4 Biegegut 10 in die Biegemaschine 1 von links nachgezogen wird.

[0033] Beim weiteren Verfahren der Biegeeinheiten 4, 5, vgl. **Fig. 1c**, nähern sich die beiden äußeren Biegeeinheiten 4, 6 weiter an, bis schließlich die Mäanderarme (Mäanderabschnitte) 13a, 13b der zu ziehenden Schlaufe 13 parallel zueinander ausgerichtet sind. Würde der Verformungsprozess hier abgebrochen, würden die Mäanderarme 13a, 13b elastisch zurückfedern und sich wieder aufspreizen (ähnlich wie in Fig. 1b dargestellt). Daher wird erfindungsgemäß der Verformungsprozess weiter fortgesetzt.

[0034] Zur Fortsetzung des Verformungsprozesses, vgl. **Fig. 1d** und **Fig. 2b**, wird ein Querschlitten 14 eingesetzt, der auf dem Grundschlitten 15 in einer Richtung quer zur Führungsrichtung (so genannte Versatzrichtung oder zweite Richtung, hier γ -Richtung), mit einem Pneumatikzylinder 16 verfahrbar ist. Auf dem Querschlitten 14 ist die erste äußere Biegeeinheit 4 angeordnet.

[0035] Im ersten Teil des Biegeprozesses befand sich der Querschlitten in einer ersten, ausgerichteten Position GP, vgl. Fig. 2a, mit der der Biegekern 4a direkt auf den Biegekern 6a zu verfahrbar war. Der Querschlitten 14 wird nun vor Erreichen der zweiten äußeren Biegeeinheit 6 in γ -Richtung von der zweiten äußeren Biegeeinheit 6 weg in eine zweite, versetzte Position VP verfahren, so dass die erste äußere Biegeeinheit 4 (und insbesondere deren Biegekern 4a) die zweite äußere Biegeeinheit 6 (und insbesondere deren Biegekern 6a) bei weiterem Verfahren in der x-Richtung (ersten Richtung) passieren kann. Aufgrund der Geringfügigkeit des Versatzes wird das Biegegut 10 lediglich elastisch, nicht aber plastisch verformt. Dann wird die versetzte, erste äußere Biegeeinheit 4 mitsamt gehaltenem Biegegut 10 an der zweiten äußeren Biegeeinheit 6 vorbei verfahren. Dabei überkreuzt sich in der Projektion auf die vertikale Ebene (hier xz-Ebene, näherungsweise entsprechend der Biegegutebene) das Biegegut 10 bzw. die Mäanderarme 13a, 13b, vgl. Fig. 2b. Die mittlere Biegeeinheit 5 (in Fig. 2b nur angedeutet durch den zugehörigen Biegekern 5a) muss dabei weiter nachgeführt werden (in x-Richtung entsprechend dem halben Weg der ersten äußeren Biegeeinheit 4, und geringfügig auch in z-Richtung).

[0036] Die Figur 2b zeigt die zweite Arbeitsposition AP2, in der das Biegegut 10 maximal verformt ist (plastisch und elastisch). Im Bereich zwischen etwa der Trenneinheit 9 und der ersten äußeren Biegeeinheit 4 (bzw. deren Biegekern 4a) und weiterhin zwischen der ersten äußeren Biegeeinheit 4 (bzw. deren Biegekern 4a) und der mittleren Biegeeinheit (bzw. deren Biegekern 5a) verläuft das Biegegut 10 aufgrund des Versatzes der ersten äußeren Biegeeinheit 4 nicht ganz parallel zur xz-Ebene. Hingegen verläuft das Biegegut zwischen der mittleren

Biegeeinheit 5 (bzw. deren Biegekern 5a) und der zweiten äußeren Biegeeinheit (bzw. deren Biegekern 6a) parallel zur xz-Ebene. Man beachte, dass die Grundaufbauten der äußeren Biegeeinheiten 4, 6 jeweils auf gegenüberliegenden Seiten bezüglich des Biegeguts 10 (bzw. der Biegegutebene) angeordnet sind, so dass gegenseitige Behinderungen im Wesentlichen auf die Biegekerne (Biegewerkzeuge) 4a, 6a beschränkt sind.

[0037] Die hier vorgestellte Biegemaschine 1 ist dazu ausgebildet, insbesondere durch eine ausreichend lange Führung 3, einen Überbiegeweg ÜW von wenigstens 500 mm zur Verfügung zu stellen. Die mittlere Biegeeinheit 5 hat in der vorgestellten Biegemaschine 1 weiterhin einen Streckungsweg SW weg von der Verbindungslinie der ersten und zweiten äußeren Biegeeinheit 4, 6 von wenigstens 2500 mm.

[0038] Sodann werden die Biegeeinheiten 4, 5 wieder zurück gefahren. In der Stellung von **Fig. 1e** ist die elastische Verformung der Schlaufe 13 gerade zurückgefedert (sowohl in x-Richtung als auch in γ -Richtung), so dass die Biegeeinheiten 4, 5, 6 vom Biegegut 10 gelöst werden können. Die bleibende plastische Verformung resultiert in einer parallelen Ausrichtung der Mäanderarme 13a, 13b. Die gefertigte Schlaufe 13 (bzw. die gesamte bisherige Mäanderstruktur kann mit einer nicht dargestellten Handhabungseinheit um einen Mäanderabstand nach rechts versetzt werden.

[0039] Man beachte, dass die Biegeeinheiten 4, 5, 6 im Rahmen der Erfindung besondere Mechaniken zum Ein- und Ausfädeln des Biegeguts 10 aufweisen können, insbesondere (entlang einer hier vertikalen) Biegegutebene teilbare Biegekerne, oder auch in γ -Richtung verstellbare Biegekerne, etwa mit drei Stellungen für zwei verschiedene Biegerillen am Biegekern (eine für Anfangs- und Endstücke einer Mäanderstruktur 11, und eine für normale Schlaufen 12) und für eine zurückgezogene Position zum Ein- und Ausfädeln. Die Verfahrenswege der Biegeeinheiten 4, 5 zum Überbiegen sind frei programmierbar und können insbesondere bei einem Chargenwechsel (d.h. zu einer anderen Gestalt der Mäanderstruktur) leicht verändert (korrigiert) werden.

[0040] Man beachte, dass im Rahmen der Erfindung auch mehr als drei Biegeeinheiten eingesetzt werden können, etwa zwei separate mittlere Biegeeinheiten, wenn ein besonders großer Abstand der Mäanderarme gewünscht ist.

[0041] Die **Figur 3** illustriert in einer schematischen Aufsicht eine weitere Bauweise einer erfindungsgemäßen Biegemaschine 1.

[0042] Bei dieser Biegemaschine 1 ist eine erste äußere Biegeeinheit 4 auf einer Führung 20 verfahrbar, welche einen ersten, geraden Abschnitt 20a, einen gekrümmten Zwischenabschnitt 20b und einen zweiten geraden Abschnitt 20c aufweist.

[0043] Während die erste äußere Biegeeinheit 4 auf dem ersten Abschnitt 20a verfährt, wird sie (bzw. ihr Biegekern 4a) direkt auf eine ortsfeste zweite äußere Biegeeinheit 6 (bzw. deren Biegekern 6a) zu oder von dieser

weg geführt. Während die erste äußere Biegeeinheit 4 in einer Ausgangsstellung (ersten Arbeitsposition, in Fig. 3 gezeigt) auf diesem Abschnitt 20a ist, kann das Biegegut 10 in gerader Ausrichtung mit allen Biegeeinheiten 4, 5, 6 ergriffen werden, vgl. dazu auch die mittlere Biegeeinheit 5.

[0044] Im Zwischenabschnitt 20b wird die erste äußere Biegeeinheit 4 gegenüber der zweiten äußeren Biegeeinheit 6 geringfügig in γ -Richtung versetzt, so dass die erste äußere Biegeeinheit 4 (bzw. deren Biegekern 4a) im zweiten geraden Abschnitt 20c an der zweiten äußeren Biegeeinheit 6 (bzw. deren Biegekern 6a) vorbei geführt werden kann, vgl. die gestrichelt gezeichnete, vorbeigeführte erste äußere Biegeeinheit 4'.

[0045] Zusammenfassend schlägt die vorliegende Erfindung vor, für die Fertigung von mäanderförmigen Strukturen im Rahmen eines Biegeprozesses eine Überbiegung einzurichten, bei der die Enden des zu verformenden Biegegutabschnittes (typischerweise definiert durch die Klemmung von zwei äußeren Biegeeinheiten) relativ gegeneinander geringfügig versetzt und aneinander vorbeigeführt werden. Dadurch wird eine sehr starke Überbiegung möglich, die auch bei großen Aspektverhältnissen bei Mäanderschlaufen eine parallele Ausrichtung der Mäanderarme im Rahmen der plastischen Verformung ermöglicht. Das Versetzen erfolgt typischerweise in einem zweiten Teil des Biegevorgangs, während im ersten Teil des Biegevorgangs typischerweise die Enden des zu verformenden Biegegutabschnittes direkt aufeinander zu bewegt werden. Der gesamte Biegevorgang erfolgt typischerweise im Wesentlichen in nur einer Ebene (Biegegutebene); lediglich durch den Versatz zum gegenseitigen Passieren der Enden des Biegegutabschnittes wird diese Ausrichtung geringfügig (im elastischen Verformungsbereich) verlassen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum mäanderförmigen, plastischen Verformen von Biegegut (10), insbesondere Rohren, mit folgenden Schritten:

a) ungebogenes, gerades Biegegut (10) wird mittels einer ersten äußeren Biegeeinheit (4), einer mittleren Biegeeinheit (5) und einer zweiten äußeren Biegeeinheit (6) ergriffen, insbesondere wobei die mittlere Biegeeinheit (5) zentral zwischen den äußeren Biegeeinheiten (4, 6) angreift;

b) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) werden relativ aufeinander zu bewegt und die mittlere Biegeeinheit (5) wird relativ von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) weg bewegt;

dadurch gekennzeichnet, dass

c) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) relativ gegeneinander geringfügig versetzt aneinander

vorbei geführt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt c) der gegenseitige Versatz der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) so gering ist, dass im Biegegut (10) bezüglich der Versatzrichtung (y) lediglich eine elastische, nicht aber eine plastische Verformung erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative Bewegung der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) in Schritt b) entlang einer ersten Richtung (x) erfolgt, dass der relative Versatz der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) in Schritt c) in einer zweiten Richtung (y) erfolgt, die zumindest näherungsweise senkrecht zu einer Biegeebene ist, welche durch die drei Biegeeinheiten (4, 5, 6) aufgespannt wird, und dass in Schritt c) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) zumindest näherungsweise parallel der ersten Richtung (x) aneinander vorbei geführt werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine der äußeren Biegeeinheiten (6) während der Schritte b) und c) ortsfest gehalten wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Schritt b) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) horizontal relativ zueinander bewegt werden, und die mittlere Biegeeinheit (5) vertikal und horizontal bewegt wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) genau so weit aneinander vorbei geführt werden, dass nach elastischer Rückfederung der Überbiegung des Biegeguts (10) parallele Mäanderabschnitte (13a, 13b) ausgebildet werden.
7. Biegemaschine (1) für das mäanderförmige plastische Verformen von Biegegut (10), insbesondere von Rohren, umfassend
- eine erste äußere Biegeeinheit (4), eine zweite äußere Biegeeinheit (6) und eine mittlere Biegeeinheit (5),
 - sowie Mittel, um die Biegeeinheiten (4, 5, 6) von einer ersten Arbeitsposition (AP1), in welcher sie das ungebogene, gerade verlaufende Biegegut (10) ergreifen können, in eine zweite Arbeitsposition (AP2), in welcher sie das Biegegut (10) maximal verformen können, zu überführen,
- wobei die Mittel dazu ausgebildet sind, für das Über-
- führen der Biegeeinheiten (4, 5, 6) von der ersten Arbeitsposition (AP1) in die zweite Arbeitsposition (AP2) die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) relativ aufeinander zu zu verfahren und die mittlere Biegeeinheit (5) relativ von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) weg zu verfahren, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel dazu ausgebildet sind, in einem zweiten Teil des Überführens der Biegeeinheiten (4, 5, 6) von der ersten Arbeitsposition (AP1) in die zweite Arbeitsposition (AP2) die beiden äußeren Biegeeinheiten (4, 6) geringfügig gegeneinander versetzt aneinander vorbei zu führen.
8. Biegemaschine (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine gerade verlaufende Führung (3) vorgesehen ist, auf welcher die erste äußere Biegeeinheit (4) verfahrbar ist, wobei eine der äußeren Biegeeinheiten (4) mit einem Querschlitzen (14) quer zur Führungsrichtung (x) zwischen einer ersten, ausgerichteten Position (GP) und einer zweiten, versetzten Position (VP) verfahrbar ist, insbesondere wobei die zweite äußere Biegeeinheit (6) entlang der Führung (3) nicht verfahrbar ausgebildet ist, und **dass** in der ersten, ausgerichteten Position (GP) des Querschlitzens (14) die erste äußere Biegeeinheit (4) gerade auf die zweite äußere Biegeeinheit (6) zu verfahrbar ist, und in der zweiten, versetzten Position (VP) die erste äußere Biegeeinheit (4) an der zweiten äußeren Biegeeinheit (6) vorbei verfahrbar ist.
9. Biegemaschine (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Position des Querschlitzens (14) in Querrichtung (y) mit einem Antrieb, insbesondere einem Pneumatikzylinder (16), einstellbar ist.
10. Biegemaschine (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste äußere Biegeeinheit (4) mit dem Querschlitzen (14) verfahrbar ist, und dass entlang der Führung (3) Zwangsführungsmittel angeordnet sind, mit denen der Querschlitzen (14) beim Verfahren entlang der Führung (3) in Querrichtung (y) ausgerichtet wird, insbesondere wobei der Querschlitzen (14) an seitlichen Banden abrollen oder abgleiten kann.
11. Biegemaschine (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Führung (20) vorgesehen ist, auf welcher die erste äußere Biegeeinheit (4) verfahrbar ist, **dass** die zweite äußere Biegeeinheit (6) nicht entlang der Führung (20) verfahrbar ausgebildet ist, **dass** die Führung (20) in einem ersten geraden Ab-

schnitt (20a) so verläuft, dass die erste äußere Biegeeinheit (4) im ersten Abschnitt (20a) gerade auf die zweite äußere Biegeeinheit (6) zu verfahrbar ist, **dass** die Führung (20) in einem zweiten geraden Abschnitt (20c) parallel zum ersten Abschnitt (20a), jedoch mit einem Versatz zur zweiten äußeren Biegeeinheit (6) verläuft, wobei der Versatz ausreicht, dass die erste äußere Biegeeinheit (4) auf dem zweiten Abschnitt (20c) der Führung (20) die zweite äußere Biegeeinheit (6) passieren kann, insbesondere gerade noch passieren kann, und **dass** zwischen den beiden geraden Abschnitten (20a, 20c) die Führung (20) einen gekrümmten Zwischenabschnitt (20b) aufweist.

5

10

15

12. Biegemaschine (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führung (20) in einer horizontalen Ebene verläuft, und die mittlere Biegeeinheit (5) in einer vertikalen Ebene verfahrbar ist.

20

13. Biegemaschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegemaschine (1) dazu ausgebildet ist, die mittlere Biegeeinheit (5) um wenigstens 800 mm, bevorzugt wenigstens 2500 mm von der Verbindungslinie der äußeren Biegeeinheiten (4, 6) weg zu führen, und die äußeren Biegeeinheiten (4, 6) um wenigstens 200 mm, bevorzugt wenigstens 500 mm aneinander vorbei zu führen.

25

30

14. Biegemaschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 13, ausgebildet zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6.

15. Verwendung einer Biegemaschine (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 14 zum mäanderförmigen, plastischen Verformen von Biegegut (10), insbesondere von Rohren, insbesondere wobei ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6 eingesetzt wird.

35

40

45

50

55

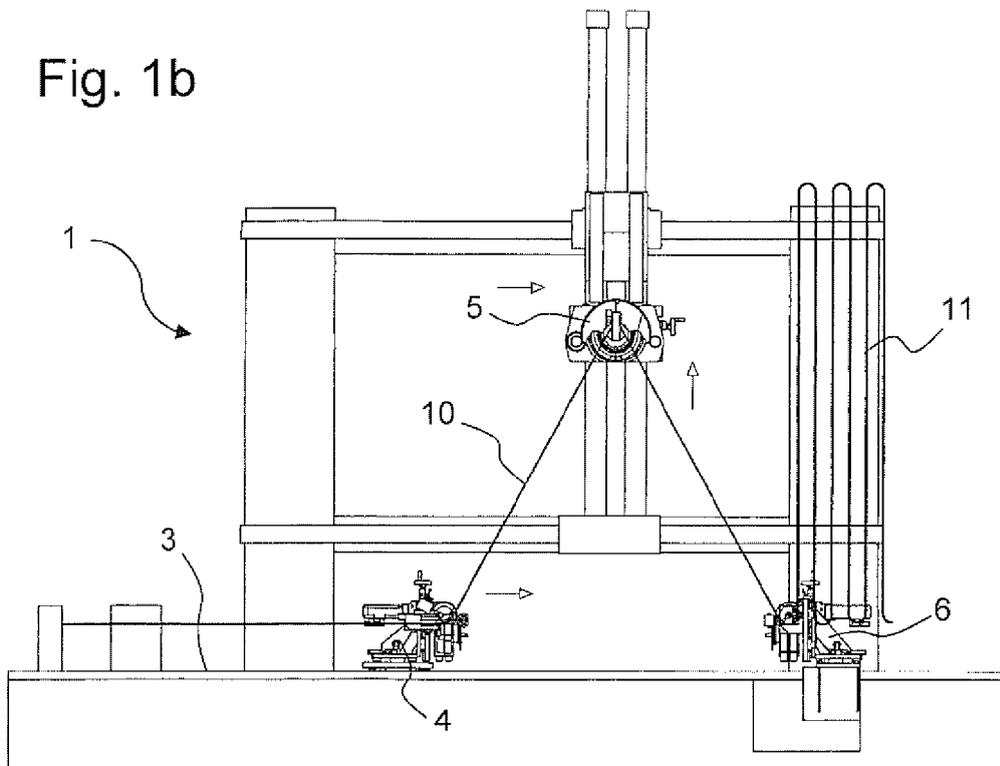
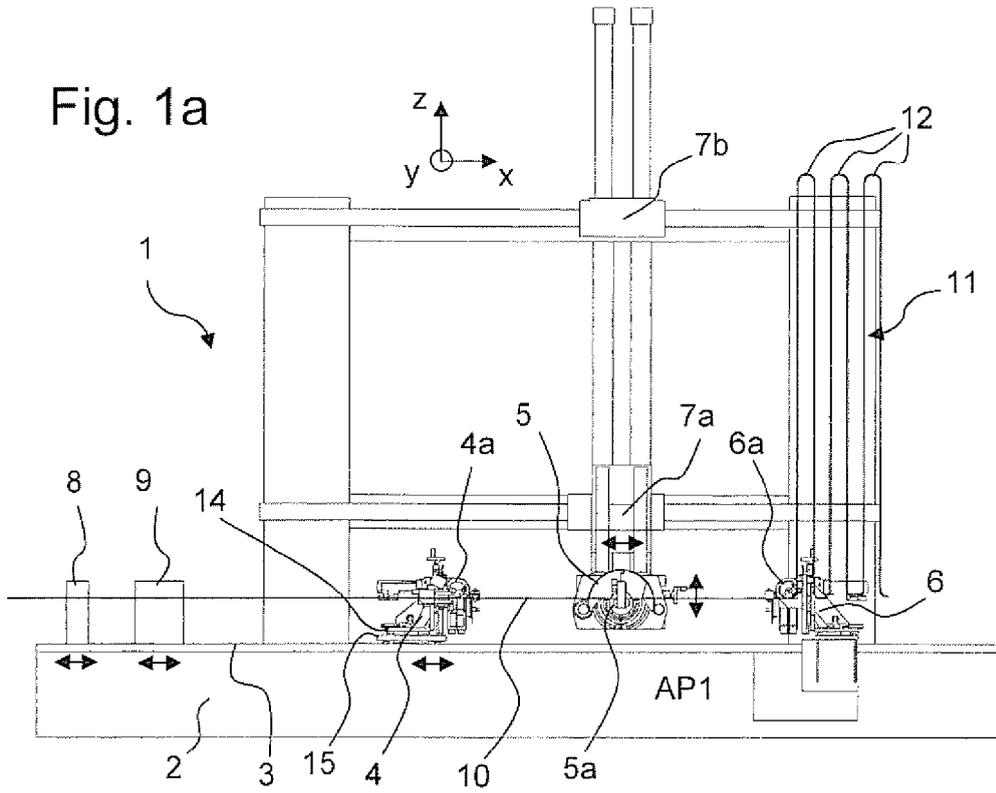


Fig. 1c

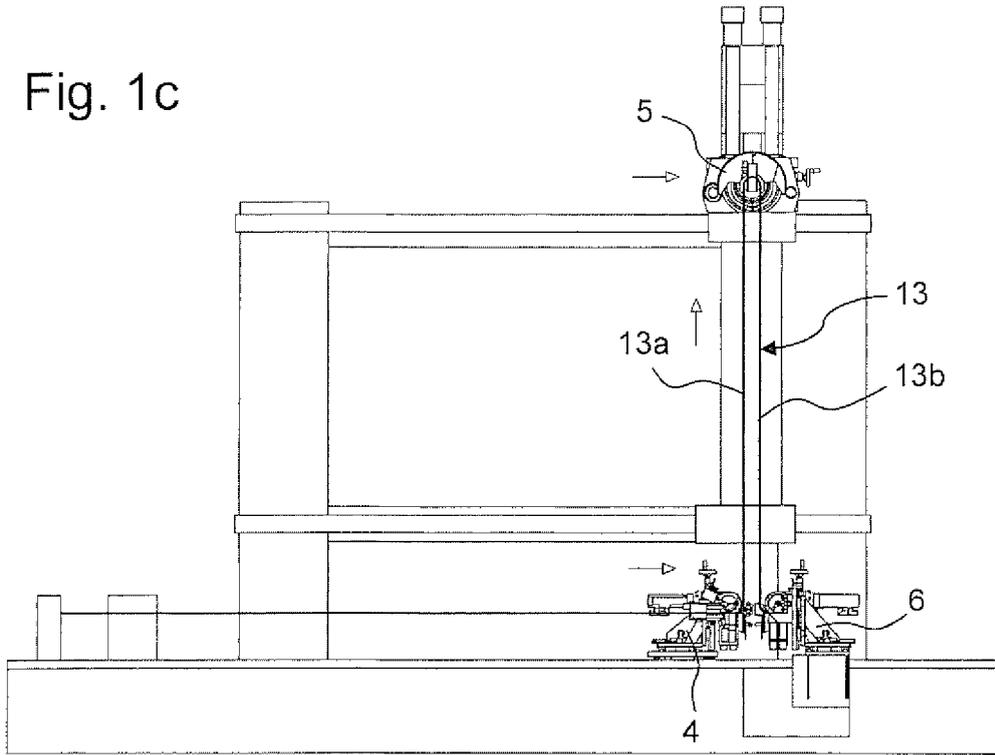


Fig. 1d

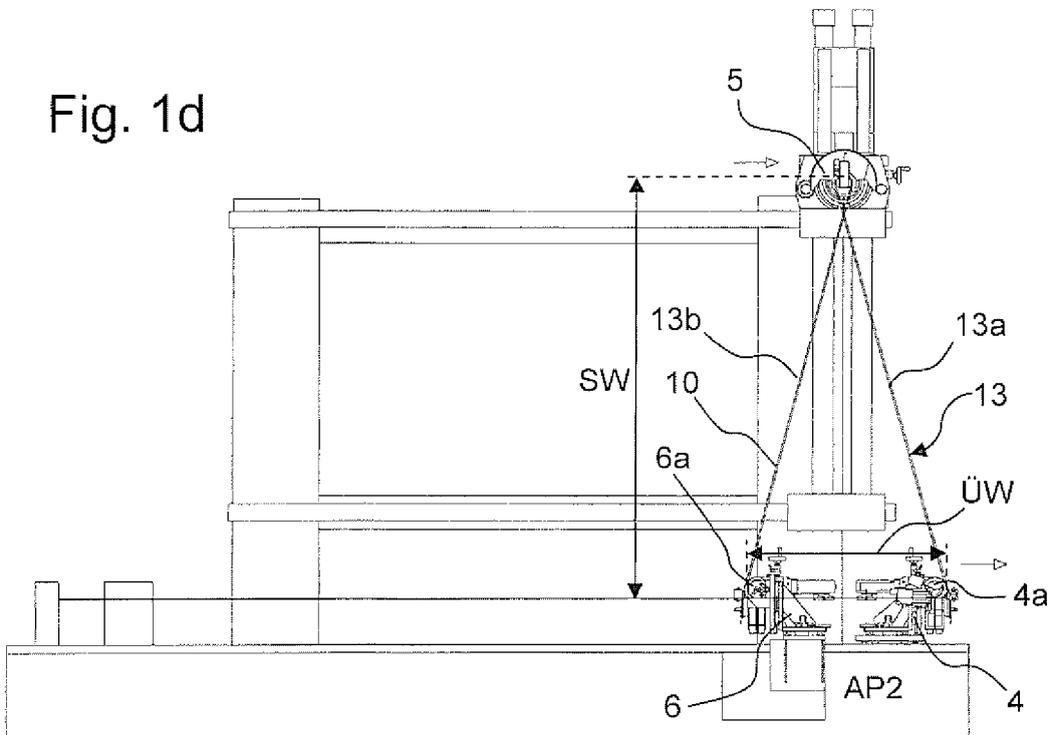


Fig. 1e

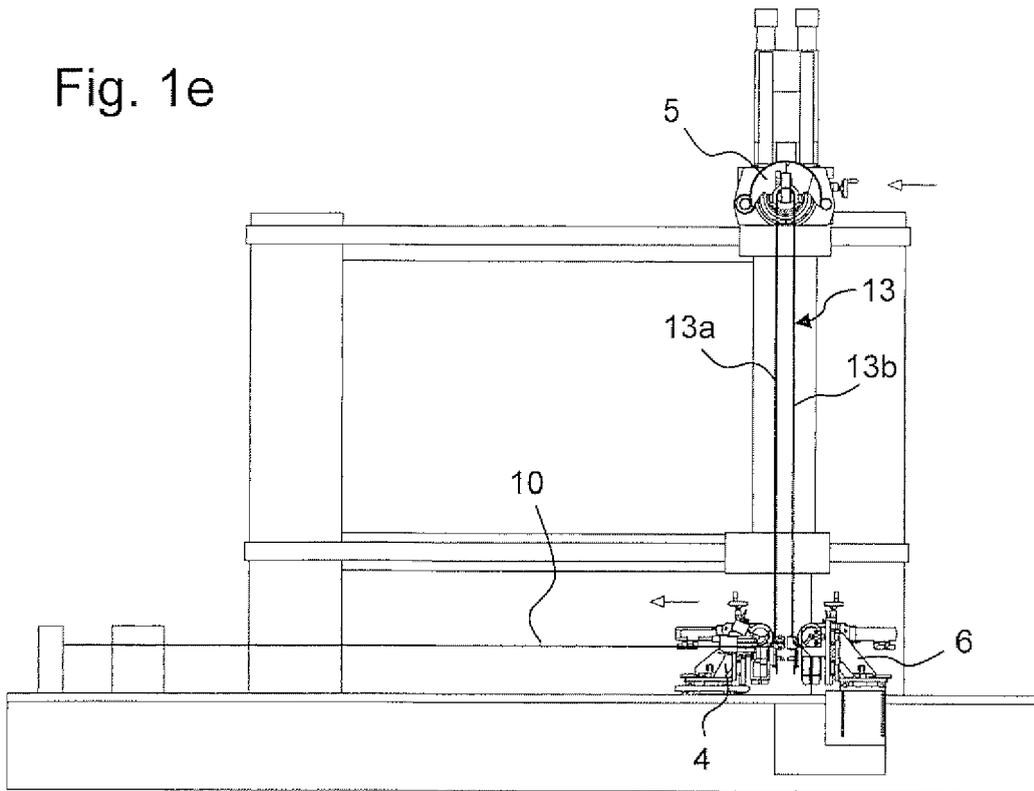


Fig. 2a

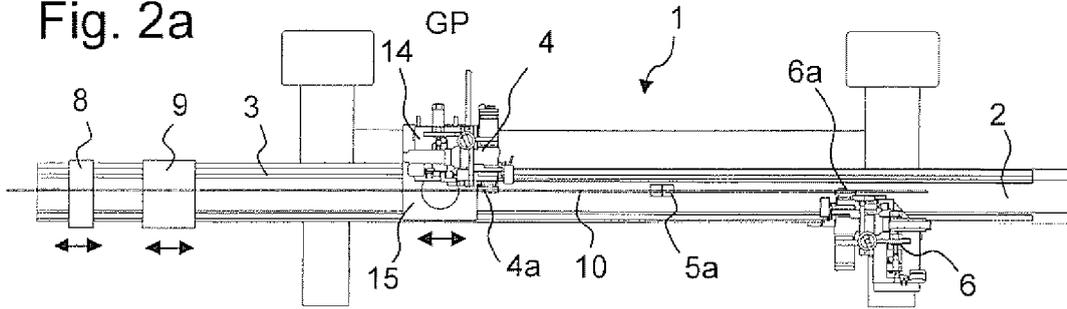


Fig. 2b

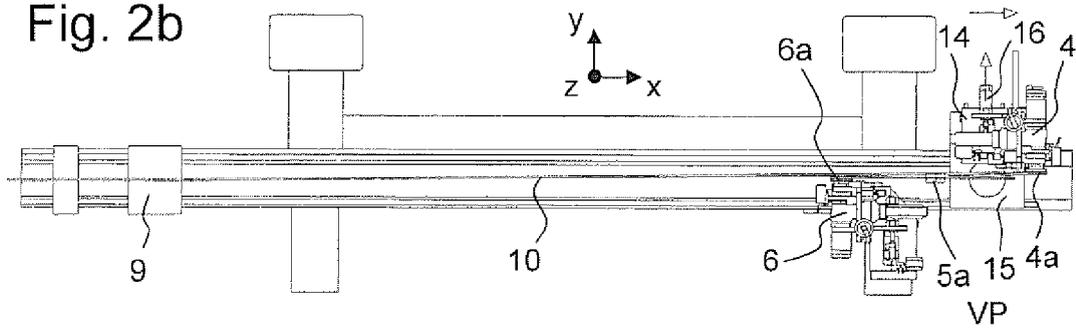


Fig. 3

