

(19)



(11)

EP 3 849 723 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

19.02.2025 Patentblatt 2025/08

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B21D 7/024^(2006.01) B21D 11/14^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

B21D 7/024; B21D 11/14

(21) Anmeldenummer: **19753357.3**

(22) Anmeldetag: **13.08.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2019/071689

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2020/052890 (19.03.2020 Gazette 2020/12)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES BIEGETEILS UND BIEGEMASCHINE ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS**

METHOD FOR PRODUCING A BENT PART AND BENDING MACHINE FOR PERFORMING THE METHOD

PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE PIÈCE PLIÉE ET MACHINE DE PLIAGE POUR LA MISE EN OEUVRE DU PROCÉDÉ

(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

(30) Priorität: **12.09.2018 DE 102018215501**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

21.07.2021 Patentblatt 2021/29

(73) Patentinhaber: **WAFIOS Aktiengesellschaft**

72764 Reutlingen (DE)

(72) Erfinder:

- **PANDTLE, Julian**
72379 Hechingen (DE)
- **WOLF, Jürgen**
72141 Walddorfhäslach (DE)

(74) Vertreter: **Patentanwälte**

Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 1 857 195 JP-A- 2010 188 406
JP-A- S5 868 430 US-A- 4 757 702
US-A1- 2005 126 245

EP 3 849 723 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

ANWENDUNGSGEBIET UND STAND DER TECHNIK

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Biegeteils gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie auf eine zur Durchführung des Verfahrens eingerichtete Biegemaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 5. Ein bevorzugtes Anwendungsbereich ist das Biegen von Werkstücken mit einem Rechteckquerschnitt.

[0002] Bei der automatisierten Herstellung von zwei- oder mehrdimensional gebogenen Biegeteilen mit Hilfe numerisch gesteuerter Biegemaschinen werden die Bewegungen von Maschinenachsen einer Biegemaschine mit Hilfe einer Steuereinrichtung koordiniert angesteuert, um an dem Werkstück, z.B. einem Stab oder einem Rohr oder einem Draht, durch plastisches Umformen eine oder mehrere bleibende Biegungen zu erzeugen.

[0003] In einem automatisierten Biegeprozess der in dieser Anmeldung betrachteten Art wird das Werkstück mit Hilfe einer Biegemaschine umgeformt, die einen Biegekopf mit einer Biegeform und mit einem um die Biegeform drehbaren Biegearm aufweist. Der Biegearm weist eine Spanneinrichtung zum Spannen eines Endabschnitts des Werkstücks gegen einen Umfangsabschnitt bzw. eine Außenkontur der Biegeform auf. Der Biegearm ist mittels eines durch die Steuereinrichtung gesteuerten Biegeantriebs um eine Biegeachse drehbar.

[0004] Die Biegemaschine weist weiterhin eine Gegenhaltereinrichtung auf, die für die Biegeoperation in Eingriff mit einem zufuhrseitigen Abschnitt des Werkstücks gebracht werden kann, um durch Aufnahme von Querkraften die Ausrichtung der Längsachse des zufuhrseitigen Abschnitts während einer Biegeoperation zu stabilisieren.

[0005] Beim Biegeprozess wird zunächst ein umzuformender Abschnitt des Werkstücks in eine Ausgangsstellung im Eingriffsbereich des Biegekopfs gebracht. Wenn vorkonfektionierte, bereits abgelängte Einzelwerkstücke gebogen werden sollen, können diese hierzu in die Biegemaschine eingelegt werden. Es ist auch möglich, von einem längeren Werkstückvorrat ein Stück geeigneter Länge durch eine Zufuhroperation in die Ausgangsstellung zu bewegen.

[0006] Danach wird die Spanneinrichtung in Kontakt mit dem Endabschnitt gebracht, um den Endabschnitt gegen einen Umfangsabschnitt der Biegeform zu spannen und an der Biegeform festzuklemmen. Der Endabschnitt kann dabei zwischen einer Spannbacke der Spanneinrichtung und der Biegeform fixiert werden.

[0007] Zeitgleich oder zeitlich versetzt dazu wird die Gegenhaltereinrichtung in Eingriff mit einem zufuhrseitigen Abschnitt des Werkstücks gebracht, um die Ausrichtung der Längsachse des zufuhrseitigen Abschnitts während einer Biegeoperation zu stabilisieren.

[0008] Danach wird in einer Biegeoperation durch Drehen des Biegearms um die Biegeachse eine Biegung

zwischen dem durch die Gegenhaltereinrichtung gegen Querkraften stabilisierten zufuhrseitigen Abschnitt und dem Endabschnitt erzeugt. Durch die synchrone Drehung der Biegeform und der Spanneinrichtung um die Biegeachse wird das Werkstück gleichsam um die Biegeform bzw. einen Umfangsabschnitt desselben "herumgezogen". Die Außenkontur der Biegeform kann dabei die Innenkontur der Biegung stabilisieren und deren Radius genau vorgeben. Der hintere, gerade Schenkel des Werkstücks, also der zufuhrseitige Abschnitt, wird dabei von der Gegenhaltereinrichtung, die als Gegenlager die aus der Biegung resultierenden Querkraften aufnimmt, gestützt und bleibt dadurch idealerweise parallel zu einer Zufuhrrichtung ausgerichtet. Die Zufuhrrichtung ist diejenige Richtung, in der beim Biegen Material in Richtung der Biegeform zugeführt bzw. nachgezogen wird.

[0009] Es wird im Idealfall eine ebene Biegung erzeugt, bei der die Schenkel vor und hinter der Biegung, gebildet durch den in seiner Orientierung veränderten Endabschnitt und den in seiner Orientierung nicht geänderten zufuhrseitigen Abschnitt, in einer gemeinsamen Ebene liegen. Die relative Orientierung des Endabschnitts gegenüber dem zufuhrseitigen Abschnitt wird üblicherweise durch den Biegewinkel beschrieben.

[0010] Diese Charakteristika sind typisch für das Biegeverfahren "Rotationszugbiegen". Das Rotationszugbiegen ist ein weit verbreitetes und präzises Biegeverfahren vor allem für Rohre mit kleinem Biegeverhältnis (Biegeradius/Rohrdurchmesser) und hohem Wanddickenfaktor (Rohrdurchmesser/Wanddicke).

[0011] US 2005/126245 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung eines Biegeteils nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Biegemaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5. Weitere ähnliche Biegemaschinen und Verfahren sind aus US 4 757 702 A und JP 2010 188406 A bekannt.

AUFGABE UND LÖSUNG

[0012] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein gattungsgemäßes Verfahren und eine gattungsgemäße Biegemaschine so weiterzubilden, dass damit Biegeteile mit verbesserter Biegegeometrie herstellbar sind.

[0013] Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie eine Biegemaschine mit den Merkmalen von Anspruch 5 bereit. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

[0014] Bei einem Verfahren gemäß der beanspruchten Erfindung greift die Gegenhaltereinrichtung am zufuhrseitigen Abschnitt des Werkstücks an. Der Angriff bzw. Eingriff der Gegenhaltereinrichtung am Werkstück erfolgt so, dass mittels der Gegenhaltereinrichtung ein Torsionsmoment in das Werkstück eingeleitet und/oder dass ein Torsionsmoment aufgenommen werden kann.

Die Gegenhaltereinrichtung und/oder der Biegekopf wird dann vor, während und/oder nach der Drehung des Biegearms wenigstens phasenweise um eine Drehachse gedreht. Der Biegearm wird bei seiner Drehung um seine Biegeachse gedreht. Die Drehachse der Gegenhaltereinrichtung und/oder des Biegekopfs verläuft parallel zur Längsrichtung des zufuhrseitigen Abschnitts. Die Drehung der Gegenhaltereinrichtung und/oder des Biegekopfs erfolgt so, dass in einem Bereich zwischen der Gegenhaltereinrichtung und der dahinter angeordneten Biegeform ein verdrehter Abschnitt erzeugt wird. Der verdrehte Abschnitt wird auch als tordierter Abschnitt bezeichnet. Die Relativverdrehung zwischen Gegenhaltereinrichtung und Biegekopf, also die Drehung der Gegenhaltereinrichtung und/oder des Biegekopfs, die zur Erzeugung des tordierten Abschnitts führt, beginnt erst, nachdem der Endabschnitt zwischen der Biegeform und der Spanneinrichtung eingeklemmt wurde, so dass sich der Endabschnitt nicht mehr verdrehen kann.

[0015] Es wird also zusätzlich zu der ebenen Biegung um die Biegeachse eine weitere Umformoperation durchgeführt, nämlich eine Torsion des Werkstücks in einem Bereich zwischen der Biegeform und der Gegenhaltereinrichtung. Das Werkstück wird dabei auf der einen Seite (am Endabschnitt) durch die Fixierung zwischen Biegeform und Spanneinrichtung festgehalten und auf der anderen Seite durch die Gegenhaltereinrichtung, die derart am zufuhrseitigen Abschnitt angreift, dass damit ein torsionserzeugendes Drehmoment in das Werkstück eingeleitet werden kann und/oder das ein durch Drehung der Biegeform um die Drehachse erzeugtes Torsionsmoment aufgenommen werden kann. Es kann somit eine bleibende Verformung in Form eines verdrehten bzw. tordierten Abschnitts in der Nähe einer Biegung erzeugt werden. Die Biegung und der tordierte Abschnitt können unmittelbar ineinander übergehen.

[0016] Entscheidend für die Erzeugung des tordierten Abschnitts ist eine Relativverdrehung zwischen dem Biegekopf und der Gegenhaltereinrichtung um die Drehachse, die parallel zur Längsrichtung des zufuhrseitigen Abschnitts verläuft. Die Relativverdrehung kann auf unterschiedliche Weisen erzeugt werden. Es ist möglich, dass nur die Gegenhaltereinrichtung gedreht wird, während am Biegekopf keine Drehung um die Drehachse stattfindet. Es ist auch möglich, dass die Gegenhaltereinrichtung während der Erzeugung des tordierten Abschnitts stillsteht und ausschließlich der Biegekopf um die Drehachse gedreht wird. Es ist auch möglich, dass sowohl die Gegenhaltereinrichtung als auch der Biegekopf um die Drehachse gedreht werden, um die Relativverdrehung zu erzeugen. Die beiden Drehungen, die in der Regel gegensinnig zueinander verlaufen, können synchron oder zeitlich versetzt erzeugt werden.

[0017] An der Biegemaschine kann diese neue Funktionalität gemäß der beanspruchten Erfindung dadurch realisiert werden, dass die Gegenhaltereinrichtung zum Einführen und/oder Aufnehmen eines Torsionsmoments am zufuhrseitigen Abschnitt ausgebildet ist und dass die

Gegenhaltereinrichtung und/oder der Biegekopf mittels eines durch die Steuereinrichtung steuerbaren Drehantriebs um eine Drehachse drehbar ist, die parallel zu einer Zufuhrrichtung eines Werkstücks verläuft. Dabei ist die Steuereinrichtung der Biegemaschine dafür konfiguriert oder konfigurierbar, die Gegenhaltereinrichtung und/oder den Biegekopf vor, während und/oder nach einer Drehung des Biegearms um die Biegeachse wenigstens phasenweise um eine parallel zur Längsrichtung des zufuhrseitigen Abschnitts verlaufende Drehachse derart zu drehen, dass in einem Bereich zwischen der Gegenhaltereinrichtung und der in Materialzufuhrrichtung dahinter angeordneten Biegeform des Biegekopfs eine bleibende Verformung in Form eines verdrehten bzw. tordierten Abschnitts erzeugbar ist. Das Torsionsmoment kann durch Formschluss und/oder durch Kraftschluss von der Gegenhaltereinrichtung auf das Werkstück übertragen und/oder von diesem aufgenommen werden. Die Steuereinrichtung ist zur Durchführung des Verfahrens konfigurierbar, wenn sie einen Betriebsmodus bereitstellen kann, in welchem wenigstens phasenweise eine gleichzeitige koordinierte Drehung des Biegearms und der Gegenhaltereinrichtung und/oder des Biegekopfs erfolgen.

[0018] Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, die zur Torsion führende Drehung der Gegenhaltereinrichtung und/oder des Biegekopfs mit der Erzeugung der Biegung durch Drehung der Biegeform zeitlich zu koordinieren.

[0019] Bei einer Variante wird zunächst durch Drehen der Gegenhaltereinrichtung das Torsionsmoment eingeleitet, bevor im Anschluss der Biegearm um die Biegeachse gedreht wird. Die Drehung der Gegenhaltereinrichtung kann vollständig abgeschlossen sein, bevor die Drehung der Biegeform beginnt, so dass diese beiden Operationen zeitlich versetzt hintereinander ablaufen. Bei dieser Variante können bei Bedarf besonders starke Verdrehungen bzw. Torsionen im Werkstück erzeugt werden.

[0020] Es ist auch möglich, die Bewegungen so zu koordinieren, dass das Einleiten des Torsionsmoments (durch Drehung der Gegenhaltereinrichtung) phasenweise oder vollständig zeitgleich bzw. synchron mit der Drehung des Biegearms stattfindet, so dass sich diese Operationen zeitlich überlappen.

[0021] Es ist auch möglich, zuerst die Biegung über eine Drehung des Biegearms bzw. der Biegeform zu erzeugen und anschließend das Torsionsmoment einzuleiten.

[0022] Möglich sind auch andere Varianten. So ist es z.B. möglich, zunächst die Drehung der Gegenhaltereinrichtung zu beginnen und zeitlich versetzt dazu die Drehung des Biegearms einzuleiten, bevor die Gegenhaltereinrichtung ihre angestrebte End-Drehstellung erreicht hat. Dann verlaufen die Einleitung des Torsionsmoments (durch Drehung der Gegenhaltereinrichtung) und die Erzeugung der Biegung (durch Drehung des Biegearms) wenigstens phasenweise synchron. Es wäre auch möglich, zunächst die Biegung zu beginnen (durch

Beginn der Drehung des Bieearms) und zeitlich versetzt dazu die Drehung der Gegenhaltereinrichtung einzuleiten, bevor der Bieearm seine End-Stellung erreicht hat. Auch in diesem Fall verlaufen die Einleitung des Torsionsmoments (durch Drehung der Gegenhaltereinrichtung) und die Erzeugung der Biegung (durch Drehung des Bieearms) wenigstens phasenweise synchron.

[0023] Bei den obigen Varianten ist eine Drehung des Biegekopfs um die parallel zum Zufuhrseitigen Abschnitt nicht nötig und auch nicht vorgesehen. Diese Varianten können mit Biegemaschinen durchgeführt werden, deren Biegekopf nicht um die genannte Drehachse drehbar ist.

[0024] Analoge Varianten können genutzt werden, wenn die Biegemaschine einen Biegekopf aufweist, der gesteuert um die parallel zum Zufuhrseitigen Abschnitt verlaufende Drehachse drehbar ist.

[0025] Bei einer Variante wird zunächst durch Drehen des Biegekopfs das Torsionsmoment eingeleitet, bevor im Anschluss der Bieearm um die Biegeachse gedreht wird. Die Drehung des Biegekopfs kann vollständig abgeschlossen sein, bevor die Drehung der Biegeform beginnt, so dass diese beiden Operationen zeitlich versetzt hintereinander ablaufen. Es ist auch möglich, die Bewegungen so zu koordinieren, dass das Einleiten des Torsionsmoments (durch Drehung des Biegekopfs) phasenweise oder vollständig zeitgleich bzw. synchron mit der Drehung des Bieearms stattfindet, so dass sich diese Operationen zeitlich überlappen.

[0026] Es ist auch möglich, zuerst die Biegung über eine Drehung des Bieearms bzw. der Biegeform zu erzeugen und anschließend das Torsionsmoment durch Drehung des Biegekopfs um die parallel zum Zufuhrseitigen Abschnitt verlaufende Drehachse einzuleiten. Es ist auch möglich, zunächst die Drehung des Biegekopfs zu beginnen und zeitlich versetzt dazu die Drehung des Bieearms einzuleiten, bevor der Biegekopf seine angestrebte End-Drehstellung erreicht hat.

[0027] Mithilfe des Verfahrens kann die Biegegeometrie des fertigen Biegeteils positiv beeinflusst werden, da ein zusätzlicher Freiheitsgrad zur Materialumformung in unmittelbarer Nähe eine Biegung oder überlappend mit einer Biegung geschaffen wird. Dies kann zur Korrektur der Biegegeometrie genutzt werden, um die erzielte Ist-Geometrie genau an die angestrebte Soll-Geometrie anzupassen. Es können auch sehr komplexe, ggf. auch völlig neuartige Biegegeometrien realisiert werden, also Biegegeometrien, die bisher mit reinen Biegeverfahren nicht herstellbar waren.

[0028] Es kann Rundmaterial verarbeitet werden, also Werkstücke mit kreisförmigem Querschnitt. Besondere Vorteile ergeben sich bei der Verarbeitung von Profilmaterial, worunter hier Werkstücke mit unrunder Querschnittsform gemeint sind, z.B. Ovaldraht oder Draht oder Rohr mit Rechteckquerschnitt.

[0029] Gemäß einer Weiterbildung wird das Biegeteil aus einem langgestreckten Werkstück mit Rechteckquerschnitt hergestellt. Die Biegemaschine ist dementspre-

chend konstruktiv zur Herstellung eines Biegeteils aus einem lang gestreckten Werkstück mit Rechteckquerschnitt ausgebildet. Bei dem Werkstück handelt es sich also um Profilmaterial, welches im unverbogenen Zustand vier im Wesentlichen ebenen Seitenflächen aufweist, die sich parallel zur Längsrichtung des Werkstücks erstrecken, wobei die in Umfangsrichtung benachbarten Seitenflächen jeweils im Wesentlichen in einem rechten Winkel zueinander stehen. An den dazwischen liegenden Kanten kann eine Abrundung vorgesehen sein. Das Werkstück kann einen im Wesentlichen quadratischen Querschnitt haben, bei dem alle vier Seitenflächen im Wesentlichen gleich breit sind. Es ist auch möglich, dass das Werkstück zwei einander gegenüber liegende Breitseiten und zwei senkrecht zu den Breitseiten angeordnete, einander gegenüberliegende Schmalseiten mit geringerer Breite aufweist. Es kann sich beispielsweise um Flachmaterial handeln, wie es beispielsweise zur Herstellung von elektrisch leitenden Leiterabschnitten mit besonderer Biegegeometrie verwendet wird.

[0030] Für die Verarbeitung von Werkstücken mit Rechteckquerschnitt ist die Gegenhaltereinrichtung vorzugsweise so gestaltet, dass sie eine Führung für das Werkstück aufweist, welche dem Rechteckquerschnitt des Werkstücks derart angepasst ist, dass die Führung den Zufuhrseitigen Abschnitt des Werkstücks an mindestens zwei gegenüberliegenden Seitenflächen führt, wenn die Gegenhaltereinrichtung den Eingriff mit dem Werkstück steht. In manchen Fällen kann ein Angriff an nur einer Seitenfläche ausreichen, um Torsionsmomente einzuleiten.

[0031] Dann kann beim Drehen der Gegenhaltereinrichtung mittels Drehachse das Drehmoment über einen in Drehrichtung (Umfangsrichtung) wirkenden Formschluss zwischen Gegenhaltereinrichtung und Werkstück in Drehrichtung übertragen werden. Bei der Führung kann es sich um eine einseitig offene Rechtecknut handeln, so dass das Werkstück beim Herstellen des Eingriffs zwischen Gegenhaltereinrichtung und Werkstück von der offenen Seite in die Führungsnut eingreift. Es ist auch möglich, dass die Gegenhaltereinrichtung eine parallel zur Längsrichtung des Zufuhrseitigen Abschnitts durchgehende Durchgangsöffnungen aufweist, die eine dem Rechteckquerschnitt des Werkstücks angepasste Rechteckform aufweist. Es ist auch möglich, dass die Führung dadurch realisiert wird, dass das Werkstück durch einen Spalt zwischen Paaren von Rollen oder Walzen mit zylindrischer Umfangsfläche hindurchgeführt wird.

[0032] Die Erfinder haben erkannt, dass es insbesondere beim Biegen von Profilen, z.B. solchen mit Rechteckquerschnitt, von Nutzen sein kann, während der Rotation, also zeitlich überlappend mit der Biegeoperation, eine Ebenenverdrehung in das Profil einzuleiten. Beispielsweise kann es beim Biegen von im Wesentlichen U-förmigen Biegeteilen so sein, dass nach dem Biegen der zwei mit Abstand zueinander liegenden 90°-Bögen das Biegeteil nicht völlig flach auf einer ebenen Auflage-

fläche aufliegt, dass also die Schenkel der U-Form gegeneinander verschränkt sind. Ursache dafür kann eine z.B. Verwindung innerhalb des Werkstückmaterials sein. Dieser Biegefehler kann durch eine gezielte Verdrehung des Profils in der Weise, dass während des Biegens wenigstens einer der Biegungen zusätzlich ein verdrehter Abschnitt erzeugt wird, verringert oder vermieden werden, so dass die beiden Schenkel des U-förmigen Biegeteils danach mit hoher Genauigkeit in einer gemeinsamen Ebene liegen. Die Einführung eines verdrehten Abschnitts kann auch nützlich sein, wenn der Winkel der Profillage beeinflusst werden muss. Unter anderem kann durch die Erfindung in Verbindung mit dem Rotationszugbiegen eine gezielte Änderung der Profillage von Schenkeln in Bezug auf eine Biegung bzw. einen Bogen erreicht werden. Beispielsweise können bei einem Rechteckprofil die breiteren Seitenflächen der parallel zueinander verlaufenden Schenkel vor und hinter einer U-förmigen Biegung schräg zueinander ausgerichtet sein.

[0033] Gemäß einem anderen Aspekt kann man Vorteile der beanspruchten Erfindung auch so beschreiben. Nach Erzeugen einer Biegung durch die Biegeoperation stehen die Schenkel vor und hinter der Biegung in einem Biegewinkel zueinander. Dabei wird der vordere Schenkel durch den in seiner Orientierung geänderten Endabschnitt gebildet, der hintere Schenkel durch den in seiner Orientierung nicht geänderten zufuhrseitigen Abschnitt. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kann zusätzlich zu der Biegung in das Werkstückmaterial in der Nähe der Biegung ein verdrehter Abschnitt erzeugt werden, so dass zusammenhängende Seitenflächenabschnitte der Schenkel vor und hinter der Biegung nun unterschiedliche Orientierung haben bzw. nicht mehr in einer gemeinsamen Ebene liegen.

[0034] Anders ausgedrückt kann eine ebene Biegung eines Rechteckmaterials um eine der Seitenflächen idealerweise so ausgeführt sein, dass Seitenflächenabschnitte einer Seitenfläche vor und hinter der Biegung genau wie vor der Erzeugung der Biegung in einer gemeinsamen Ebene liegen. Durch die zusätzliche Torsion kann erreicht werden, dass ein Seitenflächenabschnitt in einem Schenkel vor der Biegung in einer ersten Ebene liegt und ein Seitenflächenabschnitt der gleichen Seitenfläche hinter der Biegung eine zweite Ebene definiert, die schräg zu der ersten Ebenen steht. Der von den beiden Ebenen eingeschlossene Winkel kann durch das Ausmaß der Torsion bestimmt werden.

[0035] Das Verfahren gemäß der Erfindung kann für unterschiedliche Arten von Ausgangswerkstücken genutzt werden. In manchen Fällen, insbesondere bei Werkstücken mit relativ großem Durchmesser bzw. großem Querschnitt, wird so vorgegangen, dass das Werkstück vor dem Biegen bereits in abgelängter Form als vorkonfektioniertes Werkstück vorliegt und zur Durchführung einer Biegeoperation manuell oder maschinell in die Biegemaschine eingelegt wird. Ein zufuhrseitiges Ende kann z.B. in eine Rohrzange oder eine andere

Spanneinrichtung eingespannt sei, um gesteuerte Eindrehungen und axiale Vorschubbewegungen zu ermöglichen. Insbesondere bei dünnerem Querschnitt wird häufig von einem längeren Werkstückvorrat (Coil) gearbeitet und das fertig gebogene Biegeteil wird nach Abschluss aller vorgesehenen Biegeoperation mittels einer Schnitteinrichtung vom zugeführten Werkstückmaterial abgetrennt.

[0036] Erfindungsgemäß hat die Biegemaschine eine Einzugseinrichtung zum Einziehen von Werkstückmaterial von einem Materialvorrat in Richtung des Biegekopfs. Die Einzugseinrichtung ist um eine Einzugsachse drehbar. Die Zufuhrrichtung des Werkstücks verläuft dann parallel zur Einzugsachse, wobei eine Längsmittelachse des Werkstücks im Wesentlichen koaxial mit der Einzugsachse liegt. Diese Funktionalität ist häufig vorgesehen, wenn an einem Biegeteil Biegungen in unterschiedlichen, im Winkel zueinander stehenden Biegeebenen benötigt werden, so dass die resultierenden Biegeteile dreidimensional gebogen sind. Für die Drehung der Einzugseinrichtung um die Einzugsachse ist in der Regel ein gesonderter Antrieb vorgesehen, der mittels der Steuerungseinrichtung gesteuert werden kann.

[0037] Erfindungsgemäß, kann mit drehbarer Einzugseinrichtung dagegen auf eine gesonderte Gegenhaltereinrichtung verzichtet werden. Stattdessen wird die Einzugseinrichtung als Gegenhaltereinrichtung verwendet. In anderen Worten: die Gegenhaltereinrichtung wird durch die Einzugseinrichtung gebildet. Die Einzugseinrichtung kann dann um ihre Einzugsachse gedreht werden, während mit Hilfe des Biegekopfs am Werkstück die Biegung um die Biegeachse erzeugt wird, um zwischen Biegekopf und Einzugseinrichtung einen tordierten Abschnitt zu erzeugen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0038] Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung und andere nicht erfindungsgemäße Ausführungsformen die nachfolgend anhand der Figuren erläutert sind.

Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf den Biegekopf und die Gegenhaltereinrichtung einer Biegemaschine gemäß einer nicht erfindungsgemäße Ausführungsform vor Einspannen des Werkstücks;

Fig. 2 zeigt die Komponenten aus Fig. 1 nach Einspannen des Werkstücks vor Beginn der Biegeoperation;

Fig. 3 zeigt die Komponenten aus Fig. 1 und 2 während oder nach der Biegeoperation;

Fig. 4 und 5 zeigen Ansichten einer weiteren nicht

erfindungsgemäßen Ausführungsform;

Fig. 6 und 7 zeigen Ansichten einer erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Biegemaschine mit einer drehbaren Einzugseinrichtung, die als Gegenhaltereinrichtung verwendet wird;

Fig. 8 und 9 zeigen Ansichten einer nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform mit einem um die Zufuhrachse drehbaren Biegekopf;

Fig. 10 und 11 zeigen Ansichten der nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform von Fig. 8 in Richtung der Zufuhrachse vor (Fig. 10) und nach (Fig. 11) der Erzeugung einer Torsion.

DETAILIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0039] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer computernumerisch gesteuerten Biegemaschine erläutert. Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung eine Draufsicht auf den Biegekopf 100 der Biegemaschine, die dafür ausgelegt ist, ein langgestrecktes Werkstück 110 in Form eines Flachdrahts mit Rechteckquerschnitt durch Kaltverformen mit einer oder mehreren Biegungen zu versehen.

[0040] Bei dem Ausführungsbeispiel hat die Biegemaschine ein mit Kleinbuchstaben x, y und z gekennzeichnetes, rechtwinkliges Maschinenkoordinatensystem MK mit einer vertikalen z-Achse und horizontalen x- und y-Achsen. Im dargestellten Beispiel verläuft die x-Achse parallel zur Werkstückachse 112 des noch nicht gebogenen Werkstücks. Von den Koordinatenachsen sind die später noch erläuterten, geregelt angetriebenen Maschinenachsen zu unterscheiden, die jeweils mit Großbuchstaben (z.B. C, V, P und Y) bezeichnet werden.

[0041] Zur Erzeugung einer Biegung wird ein zunächst gerader Werkstückabschnitt in die gezeigte Ausgangsstellung im Eingriffsbereich des Biegekopfs 100 gebracht.

[0042] Bei Werkstücken mit relativ großem Durchmesser bzw. großem Querschnitt liegt das Werkstück häufig vor dem Biegen bereits in abgelängter Form als vorkonfektioniertes Werkstück vor und wird manuell oder maschinell in die Biegemaschine eingelegt. Bei dünneren Querschnitten wird häufig von einem längeren Werkstückvorrat (Coil) gearbeitet, und es ist eine gesonderte (nicht dargestellte) Zufuhreinrichtung bzw. Einzugseinrichtung vorgesehen, mit der ein umzuformender Werkstückabschnitt parallel zu einer Zufuhrriechung oder Vorschubrichtung in die Ausgangsstellung befördert wird. Die Maschinenachse für die Zufuhr wird als C-Achse bezeichnet und umfasst einen Antrieb in Form eines elektrischen Servomotors. In der gezeigten Ausgangsstellung verläuft die Werkstückachse 112 des noch nicht gebogenen Werkstücks geradlinig, parallel zu einer Zufuhrriechung.

[0043] Der Biegekopf 100 weist einen Biegearm 120 auf, der gegenüber dem Maschinengestell um eine parallel zur z-Achse des Maschinenkoordinatensystems verlaufende Biegeachse 125 drehbar bzw. verschwenkbar ist. Die zugehörige Maschinenachse wird hier als Y-Achse bezeichnet und umfasst einen Biegeantrieb in Form eines elektrischen Servomotors. Dieser ist über einen Antriebsstrang mit dem Biegearm 120 gekoppelt.

[0044] Zu dem Biegearm gehört eine Spanneinrichtung 130, die mit diesem um die Biegeachse herum verschwenkbar ist und dazu dient, einen Endabschnitt 115 des Werkstücks für die Biegeoperation einzuspannen. Zur Spanneinrichtung gehört eine auf dem Biegearm quer zur Werkstücklängsrichtung linear verfahrbare Spannbacke 135, die auf der dem Werkstück zugewandten Seite eine rechteckförmige Aufnahmenut 136 zum Anlegen an den im Querschnitt rechteckigen Endabschnitt. Die zugehörige Maschinenachse zur Linearverschiebung der Spannbacke wird als P-Achse bezeichnet und hat als Antrieb einen Elektromotor.

[0045] Beim Einspannen des Endabschnitts drückt die in Richtung Werkstück bewegte Spannbacke 135 das Werkstück an einen mit einer Rechtecknut konturierten, geraden Abschnitt 142 (Spannbereich) einer Biegeform 140, die koaxial mit dem Biegearm um die Biegeachse 125 drehbar ist und anschließend an den Spannbereich über einen großen Teil ihres Umfangs kreisförmig gekrümmt ist und gekrümmte Abschnitte der Rechtecknut aufweist. Die Biegeform kann fest mit dem Biegearm verbunden sein. Es ist jedoch auch möglich, dass für die Biegeform ein vom Biegeantrieb gesonderter Antrieb vorgesehen ist, um die Drehstellung der Biegeform relativ zur Drehstellung des Biegearms zu verändern. Durch die Außenkontur der Biegeform wird die Innenkontur des gebogenen Werkstücks im Bereich der erzeugten Biegung vorgegeben und stabilisiert.

[0046] Derjenige Abschnitt des Werkstücks 110, der sich vor der Biegeform befindet, wird hier als "zufuhrseitiger Abschnitt" 118 bezeichnet, weil beim später erläuterten Biegevorgang Werkstückmaterial in Richtung Biegeform zugeführt bzw. bewegt wird. Zur Stabilisierung des zufuhrseitigen Abschnitts 118 während der Biegeoperation ist eine Gegenhaltereinrichtung 150 vorgesehen. Die Gegenhaltereinrichtung hat zwei Maschinenachsen, die jeweils einen eigenen Antrieb aufweisen.

[0047] Eine der Maschinenachsen (V-Achse) bewirkt eine horizontale Linearbewegung parallel zur y-Achse bzw. eine Zustellung der Gegenhaltereinrichtung in Richtung auf das Werkstück senkrecht zur Werkstückachse bzw. senkrecht zur x-Richtung.

[0048] Die andere Maschinenachse, die hier als Gegenhalter-Drehachse bzw. G-Achse bezeichnet wird, bewirkt eine Rotation der Gegenhaltereinrichtung 150 um eine parallel zur Zufuhrriechung bzw. zur x-Achse verlaufende Drehachse, die koaxial zur Werkstücklängsachse im zufuhrseitigen Abschnitt angeordnet ist.

[0049] An der dem Werkstück zugewandten Seite der Gegenhaltereinrichtung 150 ist eine Aufnahmekontur in

Form einer Rechtecknut 152 vorgesehen, die den zufuhrseitigen Abschnitt 118 in zugestellten Zustand der Gegenhaltereinrichtung mindestens bis zur Mitte oder auf gesamter Breite umgreift und auf relativ großer Länge stabilisiert. Diese Rechtecknut dient als Führung 152 für das Werkstück.

[0050] Sämtliche Antriebe für die Maschinenachsen sind elektrisch an eine nicht dargestellte Steuereinrichtung angeschlossen, die unter anderem die Leistungsverorgung für die Antriebe, eine zentrale Rechneinheit und Speichereinheiten enthält. Mit Hilfe der in der Steuereinrichtung aktiven Steuerungssoftware werden die Bewegungen sämtlicher Maschinenachsen variabel gesteuert, um eine koordinierte Bewegung der am Biegevorgang beteiligten Elemente zu erzeugen. Eine an die Steuereinrichtung angeschlossene Anzeige- und Bedieneinheit dient als Schnittstelle zum Maschinenbediener.

[0051] Anhand der Fig. 1 bis 3 werden nun aufeinander folgende Phasen einer Biegeoperation erläutert. Zunächst wird derjenige Abschnitt des Werkstücks, in welchem eine Biegung erzeugt werden soll, in seiner Ausgangsstellung im Eingriffsbereich des Biegekopfs 100 gebracht (Fig. 1).

[0052] Danach wird der freie Endabschnitt 115 mittels der Spanneinrichtung 130 eingespannt, indem die Spannbacke 135 mittels der P-Achse in Richtung Werkstück vorgeschoben und dadurch das Werkstück an die Außenkontur der Biegeform 140 angedrückt wird (vgl. Fig. 2). Hierdurch wird der Endabschnitt 115 zwischen Spannbacke 135 und Biegeform 140 eingeklemmt, jedoch ohne die Querschnittsform plastisch zu verformen. In Richtung Werkstückachse 112 liegt ein großflächiger Reibschluss vor, so dass das Werkstück in seiner Längsrichtung unbeweglich fixiert ist. Das Werkstück ist im eingeklemmten Bereich wegen des passgenauen Eingriffs in die Rechtecknuten an Biegeform und Spannbacke auch mittels Formschluss gegen Verdrehen um die Werkstücklängsachse gesichert.

[0053] Danach beginnt die Biegeoperation, die in Fig. 3 illustriert ist. Die Biegeoperation beginnt damit, dass der Biegeantrieb (Y-Achse) aktiviert wird, um den Biegearm 120 und die Biegeform 140 in einer Biegebewegung um die Biegeachse 125 in Biegerichtung 127 zu Verschwenken. Dabei wird zwischen dem zufuhrseitigen Abschnitt 118 und dem eingespannten Endabschnitt 115 am Werkstück eine ebene Biegung 119 erzeugt, deren Krümmungsmittelpunkt bei der Biegeachse 125 liegt und deren Innenkontur durch die Außenkontur der Biegeform bestimmt wird. Durch diesen Biegevorgang wird der zufuhrseitige Abschnitt parallel zur x-Achse bzw. der Zufuhrrihtung in Richtung des Biegekopfs gezogen bzw. der Biegeform 140 zugeführt.

[0054] Die Gegenhaltereinrichtung 150 bleibt bei diesem Biegevorgang in ihrer Position entlang der x-Richtung unverändert, wird also während der Biegeoperation nicht in Zufuhrrihtung verfahren. Der zugeführte Abschnitt gleitet entlang von Kontaktflächen (mindestens

einer) zur Gegenhaltereinrichtung.

[0055] Bei einer Verfahrensvariante wird die Gegenhaltereinrichtung 150 während der gesamten Drehung der Biegeform oder wenigstens während einer Phase dieser Drehbewegung durch die Steuereinrichtung so gesteuert, dass sie durch die zugehörige Maschinenachse (Gegenhalter-Drehachse, G-Achse) um eine Drehachse gedreht wird, welche koaxial zur Werkstückachse 112 an der Zufuhrseite verläuft. Über diese Drehbewegung wird ein Torsionsmoment auf den an der Gegenhaltereinrichtung geführten Abschnitt des Werkstücks ausgeübt, da die Gegenhaltereinrichtung auf das in der Führungsnut geführte Werkstück ähnlich wie ein Maulschlüssel wirkt. Das Drehmoment wird in Drehrichtung formschlüssig von der Gegenhaltereinrichtung auf das Werkstück übertragen, da das Werkstück zwischen einander gegenüberliegenden Führungsflächen der Führungsnut gehalten wird.

[0056] Im schematischen Beispiel von Fig. 3 verläuft die in Draufsicht sichtbare Breitseite des Werkstücks 110 im Bereich der Biegeform parallel zur Biegeebene (welche parallel zur Zeichenebene liegt). Der zufuhrseitige Abschnitt 118 wird während der Zugbewegung in Richtung Biegeform durch die Rotation der Gegenhaltereinrichtung 150 aus dieser Ebene herausgedreht, so dass die Breitseiten des Werkstücks in demjenigen Abschnitt, der jenseits der Biegeform (in der Zeichnung nach oben) vor der Gegenhaltereinrichtung liegt, schräg zu dieser Ebene liegen. Auf diese Weise wird in einem Zwischenabschnitt 170 zwischen dem der Biegeform 140 zugewandten Ende der Gegenhaltereinrichtung 150 und demjenigen Ort, an welchem das Werkstück in die Umfangsnut an der Biegeform eingreift, ein tordierter Abschnitt 111 erzeugt, in welchem sich die Orientierung der zu den Breitflächen parallelen Ebenen kontinuierlich ändert. Der tordierte Abschnitt 111 stellt eine bleibende Verformung am fertigen Biegeteil dar.

[0057] Bei einer anderen Verfahrensvariante wird die Gegenhaltereinrichtung vor Beginn der Biegeoperation durch die Steuereinrichtung so gesteuert, dass sie durch die zugehörige Maschinenachse (Gegenhalter-Drehachse, G-Achse) um ihre Drehachse (verläuft koaxial zur Werkstückachse 112 an der Zufuhrseite) gedreht wird. Über diese Drehbewegung wird ein Torsionsmoment auf den an der Gegenhaltereinrichtung geführten Abschnitt des Werkstücks ausgeübt. Die Torsion wird somit eingebracht, bevor der Biegearm 130 um die Biegeachse 125 verschwenkt wird. Dadurch können besonders starke Torsionen erzeugt werden.

[0058] Die Verdrehung bzw. Torsion erfolgt jeweils über eine gewisse Länge des Werkstücks, die als Verdrehlänge bezeichnet wird. Deren Länge wird im Wesentlichen durch den Abstand zwischen Biegeform und Gegenhaltereinrichtung im Bereich 170 bestimmt. Die Verdrehlänge kann z.B. im Bereich von 50% bis 250% der (maximalen) Breite des Werkstücks liegen, ggf. auch deutlich darüber (z.B. bei 1000% oder mehr). Werkstückabschnitte vor und hinter dem tordierten Abschnitt sind

bezogen auf eine zentrisch entlang des Werkzeugs verlaufende neutrale Linie des Werkstücks relativ zueinander verdreht, beispielsweise so, dass der Verdrehwinkel zwischen 1° und etwa 90° liegt, insbesondere im Bereich von 1° bis 20° . Auch andere Verdrehwinkel sind möglich.

[0059] Die Geometrie des in Fig. 3 beispielhaft gezeigten Biegeteils kann wie folgt beschrieben werden. Das Werkstück weist eine einzelne ebene Biegung 119 auf, an die ein erster Schenkel (gebildet durch den ehemaligen Endabschnitt 115) und an der anderen Seite ein zweiter Schenkel (gebildet durch den ehemaligen zufuhrseitigen Abschnitt 118) anschließt. Die in der Zeichnung sichtbare Breitseite 117 des Werkstücks am ersten Schenkel verläuft parallel zur Biegeebene (parallel zur Zeichenebene). Der durch Drehung der Gegenhaltereinrichtung 150 verdrehte Teil des zufuhrseitigen Abschnitts ist so orientiert, dass die Breitseite 117 nicht mehr parallel zur Biegeebene verläuft, sondern schräg dazu angestellt ist. Der Übergang zwischen den unterschiedlichen Orientierungen dieser Ebenen ist im Bereich des tordierten Abschnitts 111 kontinuierlich.

[0060] Es gibt fertige Biegeteile, die nur eine einzige Biegung und einen daran anschließenden tordierten Abschnitt aufweisen, ähnlich wie beispielhaft in Fig. 3 gezeigt. Selbstverständlich ist es auch möglich, an unterschiedlichen Abschnitten des Werkstücks zwei oder mehr Biegungen mit oder ohne zugeordneten tordierten Abschnitt zu erzeugen.

[0061] In Fig. 4 sind einige Komponenten einer Biegemaschine gemäß einer anderen Ausführungsform in isometrischer Ansicht dargestellt. Fig. 5 zeigt die gleiche Anordnung in Draufsicht. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden Komponenten, die strukturell und/oder funktionell ähnlich oder identisch zu entsprechenden Komponenten der Anordnung in den Fig. 1 bis 3 sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0062] Das Werkstück 110 ist ein abgelängtes Drahtstück mit quadratischem oder nahezu quadratischem Rechteckquerschnitt. Die um die Biegeachse 125 drehbare Biegeform 140 hat an dem Spannbacken 135 gegenüberliegenden Spannabschnitt und an einen daran anschließenden zylindrischen Abschnitt eine Rechtecknut, in die das Werkstück relativ passgenau zu einem Teil hineinpasst. An der der Biegeform zugewandten Stirnseite der Spannbacke ist eine entsprechende Rechtecknut ausgebildet.

[0063] Da das Werkstück Rechteckquerschnitt hat, kann die Rechtecknut auch entfallen, so dass diejenigen Flächen an Spannbacke und Biegeform, die in Eingriff mit dem Werkstück kommen, glatt sind und an gegenüberliegenden Seitenflächen des Werkstücks angreifen.

[0064] Die Biegeform und die Spannbacke sind in einer Konfiguration dargestellt, in der der Endabschnitt 115 fest zwischen ihnen eingeklemmt ist und eine Biegeoperation durch Drehung der Biegeform und der daran angreifenden Spanneinrichtung um die Biegeachse 125 bereits stattgefunden hat. Entsprechend befindet sich im Bereich der Biegeform zwischen dem Endabschnitt 115

und dem vor der Biegeform liegenden zufuhrseitigen Abschnitt 118 eine Biegung 119.

[0065] Mit Abstand vor der Biegeform greift die Gegenhaltereinrichtung 150 am Werkstück an. An der dem Werkstück 110 zugewandten Seite ist eine Rechtecknut ausgebildet, so dass die ebenen Ober- und Unterseiten des Werkstücks zwischen zueinander parallelen Führungsflächen der Umfangsnut liegen und die Gegenhaltereinrichtung ähnlich wie ein Maulschlüssel am Werkstück angreifen kann. Während der Biegeoperation kann die Gegenhaltereinrichtung mittels der Gegenhalter-Drehachse um eine coaxial zur Werkstückachse im zufuhrseitigen Abschnitt 118 liegende Drehachse gedreht werden, um einen tordierten Abschnitt zu erzeugen.

[0066] Im Beispielsfall ist das dem Endabschnitt 115 gegenüberliegende Ende des Werkstücks in einer Spanneinrichtung in Form einer Rohrzange 180 eingespannt. Die Rohrzange ist mittels geeigneter steuerbarer Maschinenachsen einerseits um die Zuführrichtung drehbar und andererseits parallel zur Zuführrichtung gesteuert verschiebbar. Soll nun während der Biegeoperation, also während sich die Biegeform 140 mit anliegender Spannbacke 135 um die Biegeachse 125 dreht, ein tordierter Abschnitt anschließend an die Biegung erzeugt werden, so wird die Gegenhaltereinrichtung 150 mit Hilfe ihres eigenen Drehantriebs um die zufuhrseitige Werkstücklängsachse gedreht. Synchron damit wird auch die Rohrzange 180 gedreht, damit der zwischen Rohrzange 180 und Gegenhaltereinrichtung 150 liegende Abschnitt des Werkstücks nicht tordiert wird.

[0067] Die Fig. 6 und 7 zeigen Komponenten einer Biegemaschine gemäß einer anderen Ausführungsform. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden die Komponenten, die strukturell und/oder funktionell identisch oder ähnlich zu entsprechenden Komponenten der ersten Ausführungsform sind, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0068] Die zugehörige Biegemaschine ist zur Verarbeitung von Werkstückmaterial vorgesehen, welches zunächst in einem großen Materialvorrat auf dem sogenannten Coil vorliegt und Stück für Stück zur aufeinanderfolgenden Fertigung von Biegeteilen in die Biegemaschine eingezogen wird. Die Biegemaschine hat für diesen Zweck eine Einzugseinrichtung 190 zum Einziehen von Werkstückmaterial von einem Materialvorrat. Die Einzugseinrichtung ist parallel zur x-Richtung des Maschinenkoordinatensystems linear verschiebbar und gibt dadurch die Zuführrichtung bzw. Vorschubrichtung des Materials und die Ausrichtung der Werkstücklängsachse im zufuhrseitigen Abschnitt 118 vor. Weiterhin ist die Einzugseinrichtung mit Hilfe eines eigenen Drehantriebs um eine parallel zur x-Richtung verlaufende Einzugsachse 192 drehbar. Die Einzugsachse ist coaxial mit der Werkstücklängsachse im zufuhrseitigen Abschnitt 118 bzw. gibt deren Lage vor.

[0069] Die Einzugseinrichtung 190 hat in ihrem Inneren rollenartige oder walzenartige Komponenten (Vorschubwalzen oder -rollen), die paarweise an gegenüber-

liegenden ebenen Seitenflächen des rechteckigen Werkstückmaterials angreifen und den Vorschub bewirken. Das Werkstückmaterial ist verdrehsicher zwischen diesen Zugwalzen eingeklemmt. Dementsprechend kann bei Drehung der Einzugs-einrichtung 190 um ihre Einzugsachse mit Hilfe der Vorschubwalzen ein Torsionsmoment auf den hindurchgeführten Abschnitt des Werkstücks ausgeübt werden. Andere Bauarten von Einzugs-einrichtungen sind möglich, z.B. ein Zangeneinzug oder ein Bändeinzug.

[0070] Die Einzugs-einrichtung 190 übernimmt bei dieser Konfiguration gleichzeitig die Funktion der Gegenhalter-einrichtung, die den zufuhrseitigen Abschnitt 118 des Werkstücks mit Abstand vor der Biegeform 140 durch Aufnahme von Querkräften beim Biegen führt und gleichzeitig in der Lage ist, durch Drehen der Gegenhalter-einrichtung/Einzugs-einrichtung vor, während und/oder nach der Biegeoperation einen tordierten Abschnitt im Bereich zwischen der Einzugs-einrichtung/Gegenhalter-einrichtung und der Biegeform zu erzeugen.

[0071] Der Begriff "Biegemaschine" bezeichnet in dieser Anmeldung eine computernumerisch gesteuerte Umformmaschine, die in der Lage ist, an einem langgestrecktem Werkstück, z.B. an einen Draht oder einem Stab oder einem Rohr aus einem metallischen Werkstoff, eine oder mehrere bleibende Biegungen zu erzeugen, um ein Biegeteil mit vorgebbbarer Biegegeometrie herzustellen. Zu den Biegemaschinen gehören z.B. Rohrbiegemaschinen, Drahtbiegemaschinen oder auch Federmaschinen, die dafür konfiguriert sind, durch Federwinden oder Federwickeln Biegeteile in Form von Federn (z.B. Zugfedern, Druckfedern, Schenkelfedern) herzustellen.

[0072] Die Kombination mit Biegeform 140 und Spanneinrichtung bzw. Spannbacke 135 kann in Form eines eigenen Umformwerkzeuges vorliegen. Die Gegenhalter-einrichtung kann in das Umformwerkzeug integriert sein oder durch eine von dem Umformwerkzeug gesonderte Einheit gebildet sein, insbesondere durch eine drehbare Einzugs-einrichtung der Biegemaschine.

[0073] Anhand der Fig. 8 bis 11 wird nun eine weitere Ausführungsform beschrieben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden Komponenten, die strukturell und/oder funktionell ähnlich oder identisch zu entsprechenden Komponenten der Anordnung in den Figuren 4 und 5 ist, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0074] Die Fig. 8 und 9 zeigen eine schrägperspektivische Ansicht bzw. eine Draufsicht auf einige Komponenten der Biegemaschine ähnlich der Fig. 4 und 5. Die Fig. 10 und 11 zeigen Ansichten des Biegekopfs der Biegemaschine aus der Zufuhr-richtung, also aus derjenigen Richtung, in der das zu biegende Material zugeführt wird.

[0075] Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ist das dem Endabschnitt 115 gegenüberliegende zufuhrseitige Ende des Werkstücks in einer Spanneinrichtung in Form einer Rohrzange 180 eingespannt. Die Rohrzange kann mittels geeigneter steuerbarer Maschinenachsen paral-

lel zur Zufuhr-richtung gesteuert verschoben werden, steht jedoch während des Umformprozesses fest. Die Gegenhalter-einrichtung 150 steht ebenfalls fest.

[0076] Eine Besonderheit der Biegemaschine besteht darin, dass die Biegemaschine eine Maschinenachse aufweist, mit der die Biegeform 140 und die Spannbacke 135 um eine Drehachse 160 herum drehbar sind, welche parallel zur Zufuhr-richtung bzw. zum zufuhrseitigen Abschnitt 118 verläuft.

[0077] Soll nun während der Biegeoperation, also während sich die Biegeform 140 mit anliegender Spannbacke 135 um die Biegeachse 125 dreht, ein tordierter Abschnitt anschließend an die Biegung 119 erzeugt werden, so wird die Biegeform 140 mit anliegender Spannbacke 135 mit Hilfe eines Schwenkantriebs oder Drehantriebs um die zufuhrseitige Werkstücklängsachse (Drehachse 160) gedreht. Bei dieser Operation stehen die Gegenhalter-einrichtungen 150 sowie die Rohrzange 180 fest, damit der zwischen der Rohrzange 180 und der Gegenhalter-einrichtung 150 liegende Abschnitt des Werkstücks nicht tordiert wird. Das Einleiten der Torsion bzw. der Verdrillung kann wie in dem vorherigen Ausführungsbeispielen vor, während und/oder nach der Biegeoperation erfolgen.

[0078] Anhand der Figuren 10 und 11 wird nun eine beispielhafte Realisierungsmöglichkeit dieser Funktionalität dargestellt und eine Biegeoperation mit Torsion erläutert. Im Bereich des Biegekopfs 100 ist am Maschinengestell ein bogenförmig gekrümmter Träger 116 mit einer Bogenführung 113 montiert. Der Biegekopf 100 ist in einer geeigneten Lagerung derart drehbar gelagert, dass er sich um die Drehachse 160, die parallel zum zufuhrseitigen Abschnitt 118 des Werkstücks verläuft, in einem vorgegebenen Winkelbereich, beispielsweise $\pm 45^\circ$, schwenken lässt. Ein der Drehachse 160 ferner Teil des Biegekopfs wird dazu in der Bogenführung geführt.

[0079] Figur 10 zeigt den Biegekopf in seiner Neutralstellung, in welcher die Biegeachse 125 des Biegekopfs parallel zur z-Achse des Maschinenkoordinatensystems orientiert ist. Bei dieser Stellung des Biegekopfs sind "normale" Biegungen ohne Torsion realisierbar. Soll nun ein tordierter Abschnitt erzeugt werden, so wird vor, während und/oder nach der Drehung der Biegeform 140 um die Biegeachse 125 der Biegekopf maschinengesteuert verschwenkt, so dass die Ebene, die durch den zufuhrseitigen Abschnitt 118 und den Endabschnitt 115 verläuft, zunehmend schräg zur x/y-Ebene des Maschinenkoordinatensystems verläuft und ein tordierter Abschnitt zwischen der Gegenhalter-einrichtung 115 und dem Biegekopf erzeugt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Biegeteils aus einem langgestreckten Werkstück (110) mittels einer Biegemaschine, die einen Biegekopf (100) mit einer Biegeform (140) und mit einem um die Biegeform

drehbaren Biegearm (120) aufweist, der eine Spanneinrichtung (130) zum Spannen eines Endabschnitts (115) des Werkstücks gegen einen Umfangsabschnitt der Biegeform aufweist und um eine Biegeachse (125) drehbar ist,

wobei ein Abschnitt des Werkstücks in eine Ausgangsstellung im Eingriffsbereich des Biegekopfs (100) gebracht wird, die Spanneinrichtung (130) in Kontakt mit dem Endabschnitt gebracht wird und den Endabschnitt gegen einen Umfangsabschnitt der Biegeform (140) spannt, eine Gegenhaltereinrichtung (150) in Eingriff mit einem zufuhrseitigen Abschnitt (118) des Werkstücks gebracht wird, und

in einer Biegeoperation durch Drehen des Biegearms (120) um die Biegeachse (125) eine Biegung (119) zwischen dem zufuhrseitigen Abschnitt (118) und dem Endabschnitt (115) erzeugt wird,

wobei die Gegenhaltereinrichtung (150) zum Einleiten und/oder Aufnehmen eines Torsionsmoments am zufuhrseitigen Abschnitt (118) angreift und die Gegenhaltereinrichtung (150) und/oder der Biegekopf (100) vor, während und/oder nach der Drehung des Biegearms (120) um die Biegeachse (125) um eine parallel zur Längsrichtung des zufuhrseitigen Abschnitts (118) verlaufende Drehachse derart gedreht wird, dass in einem Bereich (170) zwischen der Gegenhaltereinrichtung (150) und der Biegeform (140) ein tordierter Abschnitt (111) erzeugt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass die Biegemaschine eine Einzugseinrichtung (190) zum Einziehen von Werkstückmaterial von einem Materialvorrat aufweist, dass die Einzugseinrichtung (190) um eine Einzugsachse (192) drehbar ist und dass die Einzugseinrichtung als Gegenhaltereinrichtung verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gegenhaltereinrichtung in der Weise verwendet wird, dass die Einzugsrichtung um die Einzugsachse gedreht wird, während mit Hilfe des Biegekopfs (100) am Werkstück (110) die Biegung (119) um die Biegeachse (125) erzeugt wird, so dass zwischen dem Biegekopf und der Einzugseinrichtung ein tordierter Abschnitt (111) erzeugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Biegeteil aus einem Werkstück mit Rechteckquerschnitt hergestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Biegung (119) und ein daran anschließender tordierter Abschnitt (111) erzeugt

werden in der Weise, dass ein Seitenflächenabschnitt einer Seitenfläche (117) in einem Schenkel vor der Biegung in einer ersten Ebene liegt, ein Seitenflächenabschnitt der gleichen Seitenfläche (117) hinter der Biegung eine zweite Ebene definiert, die schräg zu der ersten Ebenen steht, und ein von den Ebenen eingeschlossener Winkel durch das Ausmaß der Torsion bestimmt wird.

5. Biegemaschine zur Herstellung eines Biegeteils aus einem langgestreckten Werkstück (110) mit:

einer Steuereinrichtung;
einem Biegekopf (100), der eine Biegeform (140) und einen um die Biegeform drehbaren Biegearm (120) aufweist, der eine Spanneinrichtung (130) zum Spannen eines Endabschnitts (115) des Werkstücks gegen einen Umfangsabschnitt der Biegeform (140) aufweist, wobei der Biegearm mittels eines durch die Steuereinrichtung gesteuerten Biegeantriebs um eine Biegeachse (125) drehbar ist,

einer Gegenhaltereinrichtung (150), die der Biegeform (140) vorgeschaltet ist und die dafür konfiguriert ist, in Eingriff mit einem zufuhrseitigen Abschnitt (118) des Werkstücks gebracht zu werden, um eine Ausrichtung der Längsachse des zufuhrseitigen Abschnitts während einer Biegeoperation zu stabilisieren, wobei

die Gegenhaltereinrichtung (150) zum Einführen und/oder Aufnehmen eines Torsionsmoments am zufuhrseitigen Abschnitt (118) ausgebildet ist,

die Gegenhaltereinrichtung (150) und/oder der Biegekopf (100) mittels eines durch die Steuereinrichtung gesteuerten Drehantriebs um eine Drehachse (160) drehbar ist, die parallel zu einer Zufuhrrichtung des Werkstücks verläuft; und

die Steuereinrichtung dafür konfiguriert oder konfigurierbar ist, die Gegenhaltereinrichtung (150) und/oder den Biegekopf (100) vor, während und/oder nach einer Drehung des Biegearms (120) um die Biegeachse (125) um eine parallel zur Längsrichtung des zufuhrseitigen Abschnitts (118) verlaufende Drehachse (160) derart zu drehen, dass in einem Bereich (170) zwischen der Gegenhaltereinrichtung (150) und der Biegeform (140) ein tordierter Abschnitt (111) erzeugbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Biegemaschine eine Einzugseinrichtung (190) zum Einziehen von Werkstückmaterial von einem Materialvorrat aufweist, dass die Einzugseinrichtung um eine Einzugsachse drehbar ist und dass die Gegenhaltereinrichtung durch die Einzugseinrichtung (190) gebildet wird.

6. Biegemaschine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegemaschine zum Biegen von Werkstücken mit Rechteckquerschnitt ausgelegt ist.
7. Biegemaschine nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gegenhaltereinrichtung (150) eine Führung (152) für das Werkstück aufweist, welche dem Rechteckquerschnitt des Werkstücks (110) derart angepasst ist, dass die Führung den zufuhrseitigen Abschnitt (118) des Werkstücks in einer Eingriffskonfiguration mindestens an zwei gegenüberliegenden Seitenflächen führt.
8. Biegemaschine nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zu der um die Einzugsachse drehbaren Einzugseinrichtung keine gesonderte Gegenhaltereinrichtung vorgesehen ist.

Claims

1. Method for producing a bent part from an elongated workpiece (110) by means of a bending machine which has a bending head (100) having a bending mould (140) and a bending arm (120) that is rotatable about the bending mould and has a clamping device (130) for clamping an end portion (115) of the workpiece against a circumferential portion of the bending mould and is rotatable about a bending axis (125),

wherein a portion of the workpiece is moved to an initial position in the engagement region of the bending head (100);
the clamping device (130) is brought into contact with the end portion and clamps the end portion in relation to a circumferential portion of the bending mould (140);
a counter-holding device (150) is brought to engage with a feed-side portion (118) of the workpiece; and
in a bending operation a bend (119) between the feed-side portion (118) and the end portion (115) is generated by rotating the bending arm (120) about the bending axis (125);
wherein the counter-holding device (150) for introducing and/or receiving a torque engages on the feed-side portion (118) and the counter-holding device (150) and/or the bending head (100) before, during and/or after the rotation of the bending arm (120) about the bending axis (125) is rotated about a rotation axis extending parallel to the longitudinal direction of the feed-side portion (118) in such a manner that a twisted portion (111) is generated in a region (170) between the counter-holding device (150) and the bending mould (140),

characterized in that the bending machine has an infeed device (190) for infeeding workpiece material from a material supply, **in that** the infeed device (190) is rotatable about an infeed axis (192), and **in that** the infeed device is used as the counter-holding device.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the counter-holding device is used in such a way that the infeed device is rotated about the infeed axis, while the bend (119) about the bending axis (125) is generated on the workpiece (110) with the aid of the bending head (100) so that a twisted portion (111) is generated between the bending head and the infeed device.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the bent part is produced from a workpiece with a rectangular cross section.
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** a bend (119) and a twisted portion (111) adjoining thereto are generated in such a manner that a lateral face portion of a lateral face (117) lies in a leg in front of the bend in a first plane, a lateral face portion of the same lateral face (117) behind the bend defines a second plane which is oblique in relation to the first plane, and an angle enclosed by the planes is determined by the degree of torsion.
5. Bending machine for producing a bent part from an elongate workpiece (110), having:
- a control device;
 - a bending head (100) which has a bending mould (140) and
 - a bending arm (120) that is rotatable about the bending mould and has a clamping device (130) for clamping an end portion (115) of the workpiece in relation to a circumferential portion of the bending mould (140), wherein the bending arm is rotatable about a bending axis (125) by means of a bending drive controlled by the control device;
 - a counter-holding device (150) which is disposed upstream of the bending mould (140) and is configured to engage with a feed-side portion (118) of the workpiece in order to stabilize an alignment of the longitudinal axis of the feed-side portion during a bending operation;
- wherein
- the counter-holding device (150) is designed for introducing and/or receiving a torque on the feed-side portion (118);
 - the counter-holding device (150) and/or the bending head (100) by means of a rotary drive controlled by the control device is rotatable about a rotation axis (160) which runs parallel

to a feed direction of the workpiece; and the control device is configured, or configurable, to rotate the counter-holding device (150) and/or the bending head (100), before, during and/or after a rotation of the bending arm (120) about the bending axis (125), about a rotation axis (160) extending parallel to the longitudinal direction of the feed-side portion (118) in such a manner that a twisted portion (111) is able to be generated in a region (170) between the counter-holding device (150) and the bending mould (140),

characterized in that

the bending machine has an infeed device (190) for infeeding workpiece material from a material supply, **in that** the infeed device is rotatable about an infeed axis, and **in that** the counter-holding device is formed by the infeed device (190).

6. Bending machine according to Claim 5, **characterized in that** the bending machine is conceived for bending workpieces with a rectangular cross section.
7. Bending machine according to Claim 6, **characterized in that** the counter-holding device (150) has a guide (152) for the workpiece, which is adapted to the rectangular cross section of the workpiece (110) in such a manner that the guide guides the feed-side portion (118) of the workpiece in an engagement configuration at least on two opposite lateral faces.
8. Bending machine according to one of Claims 5 to 7, **characterized in that** no separate counter-holding device is provided in addition to the infeed device that is rotatable about the infeed axis.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce pliée à partir d'une pièce à travailler (110) allongée au moyen d'une machine de pliage qui présente une tête de pliage (100) avec une forme de pliage (140) et avec un bras de pliage (120) apte à tourner autour de la forme de pliage, qui présente un dispositif de serrage (130) pour serrer une partie d'extrémité (115) de la pièce contre une partie périphérique de la forme de pliage et qui est apte à tourner autour d'un axe de pliage (125),

une partie de la pièce à travailler étant amenée dans une position initiale dans la zone d'engagement de la tête de pliage (100), le dispositif de serrage (130) est amené en contact avec la partie d'extrémité et serre la partie d'extrémité contre une partie périphérique

de la forme de pliage (140),

un dispositif de contre-support (150) est amené en contact avec une partie (118) de la pièce à travailler située du côté de l'alimentation, et dans une opération de pliage, un pliage (119) est produit entre la partie (118) côté alimentation et la partie d'extrémité (115) en faisant tourner le bras de pliage (120) autour de l'axe de pliage (125),

le dispositif de contre-support (150) venant en engagement sur la partie (118) côté alimentation pour introduire et/ou absorber un couple de torsion, et le dispositif de contre-support (150) et/ou la tête de pliage (100) étant mis en action avant, pendant et/ou après la rotation du bras de pliage (120) autour de l'axe de pliage (125), autour d'un axe de rotation s'étendant parallèlement à la direction longitudinale de la partie (118) côté alimentation, de telle sorte qu'une portion tordue (111) est produite dans une zone (170) située entre le dispositif de contre-support (150) et la forme de pliage (140),

caractérisé en ce que la machine de pliage présente un dispositif d'alimentation (190) pour introduire le matériau de la pièce à travailler à partir d'une réserve de matériau, **en ce que** le dispositif d'alimentation (190) est apte à tourner autour d'un axe d'alimentation (192) et **en ce que** le dispositif d'alimentation est utilisé comme dispositif de contre-support.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif de contre-support est utilisé de telle sorte que la direction d'alimentation est tournée autour de l'axe d'alimentation, tandis que le pliage (119) autour de l'axe de pliage (125) est généré sur la pièce (110) à l'aide de la tête de pliage (100), de sorte qu'une portion tordue (111) est générée entre la tête de pliage et le dispositif d'alimentation.
3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** la pièce pliée est réalisée à partir d'une pièce de section rectangulaire.
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'un** pliage (119) et une portion tordue (111) consécutive sont générés de telle sorte qu'une partie de surface latérale d'une surface latérale (117) dans une branche située avant le pliage se trouve dans un premier plan, une partie de surface latérale de la même surface latérale (117) après le pliage définit un deuxième plan qui est oblique par rapport au premier plan, et un angle compris entre les plans est déterminé par l'ampleur de la torsion.
5. Machine de pliage pour la fabrication d'une pièce pliée à partir d'une pièce à travailler (110) allongée comprenant :

un dispositif de commande ;
 une tête de pliage (100) comprenant une forme de pliage (140) et un bras de pliage (120) apte à tourner autour de la forme de pliage et comprenant un dispositif de serrage (130) pour serrer une partie **d'extrémité** (115) de la pièce contre une partie périphérique de la forme de pliage (140), le bras de pliage étant apte à tourner autour d'un axe de pliage (125) au moyen d'un système d'entraînement de pliage commandé par le dispositif de commande, un moyen de contre-support (150) situé en amont de la forme de pliage (140) et configuré pour être mis en engagement avec une partie (118) côté alimentation de la pièce à travailler afin de stabiliser une orientation de l'axe longitudinal de la partie côté alimentation pendant une opération de pliage, dans laquelle le dispositif de contre-support (150) est conçu pour introduire et/ou absorber un couple de torsion sur la partie (118) côté alimentation, le dispositif de contre-support (150) et/ou la tête de pliage (100) est apte à tourner autour d'un axe de rotation (160) qui est parallèle à une direction d'alimentation de la pièce à travailler, au moyen d'un entraînement rotatif commandé par le dispositif de commande ; et le dispositif de commande est configuré ou est apte à être configuré de façon à faire tourner le dispositif de contre-support (150) et/ou la tête de pliage (100) avant, pendant et/ou après une rotation du bras de pliage (120) autour de l'axe de pliage (125) autour d'un axe de rotation (160) **s'étendant** parallèlement à la direction longitudinale de la partie (118) côté alimentation de telle sorte qu'une portion tordue (111) puisse être produite dans une zone (170) située entre le dispositif de contre-support (150) et la forme de pliage (140), **caractérisée en ce que** la machine de pliage présente un dispositif d'alimentation (190) pour l'alimentation de matériau de pièce à travailler à partir d'une réserve de matériau, **en ce que** le dispositif d'alimentation est apte à tourner autour d'un axe d'alimentation et **en ce que** le dispositif de contre-support est formé par le dispositif d'alimentation (190).

réalise le guidage de la partie (118) côté alimentation de la pièce dans une configuration d'engagement sur au moins deux faces latérales opposées.

- 5 8. Machine de pliage selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisée en ce qu'**il n'est pas prévu de dispositif de contre-support séparé en plus du dispositif d'alimentation apte à tourner autour de l'axe d'alimentation.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50 6. Machine de pliage selon la revendication 5, **caractérisée en ce que** la machine de pliage est conçue pour plier des pièces de section rectangulaire.
- 55 7. Machine de pliage selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** le dispositif de contre-support (150) comporte un guide (152) pour la pièce à travailler, qui est adapté à la section rectangulaire de la pièce à travailler (110) de telle sorte que le guide

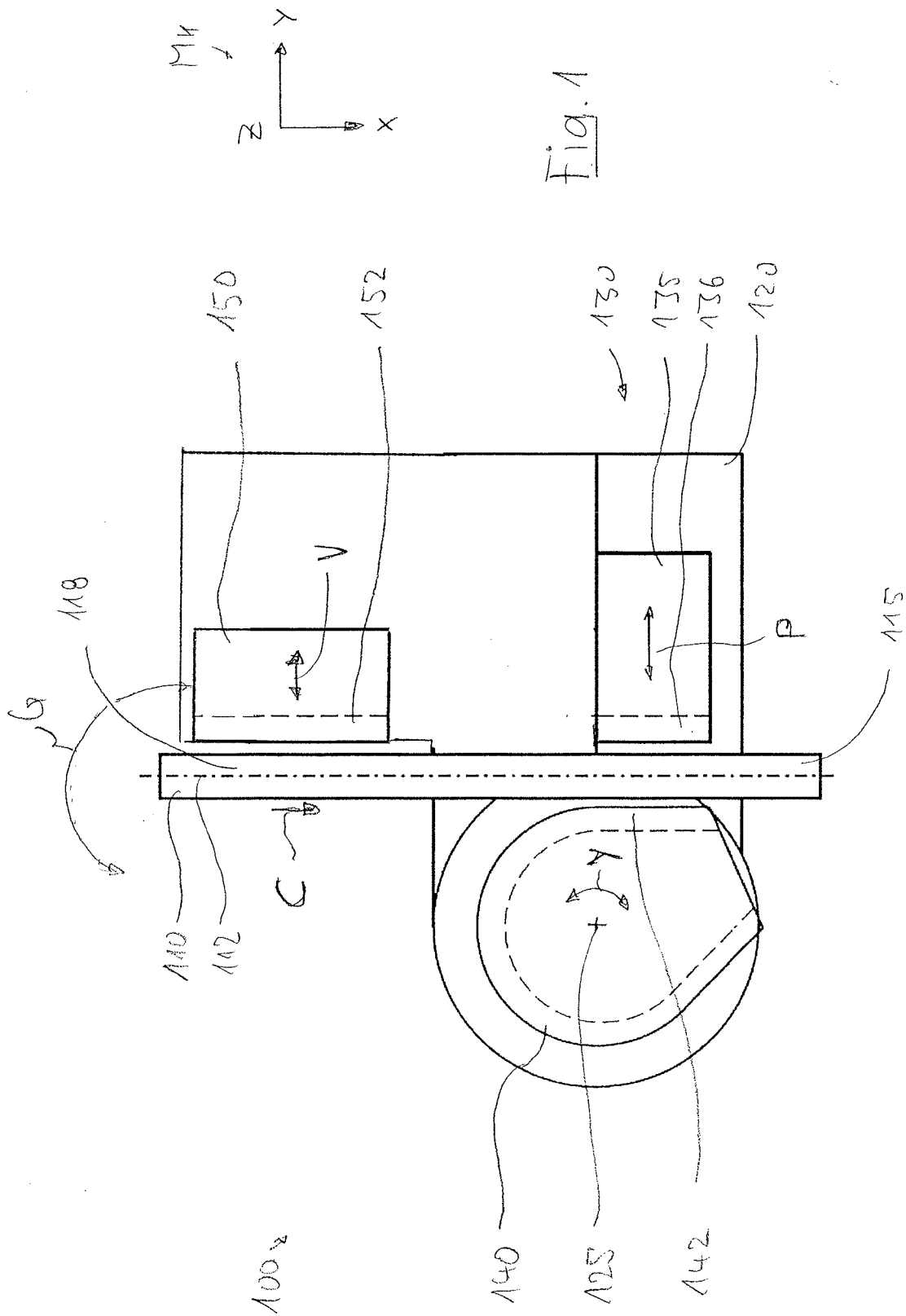
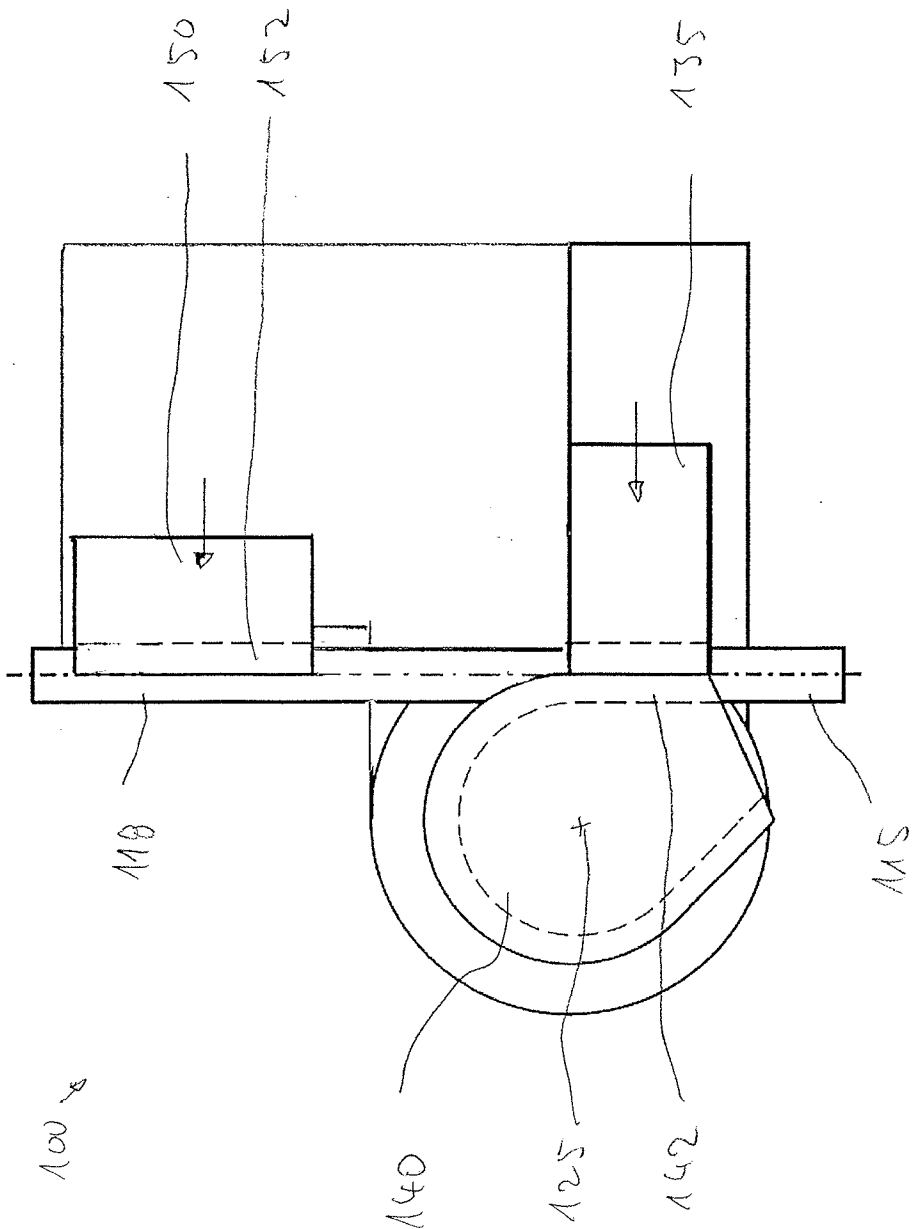


Fig. 2



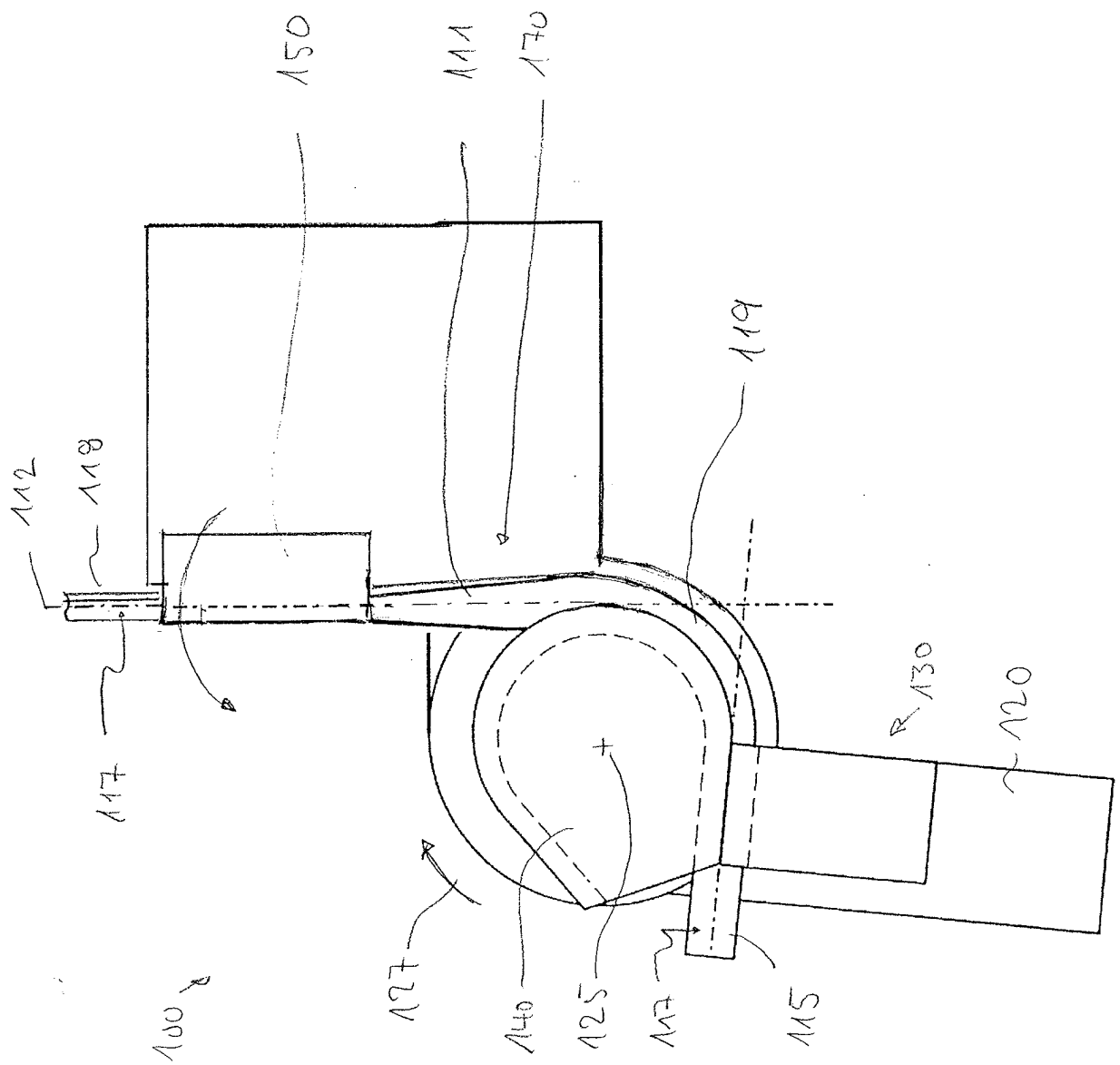


Fig. 3

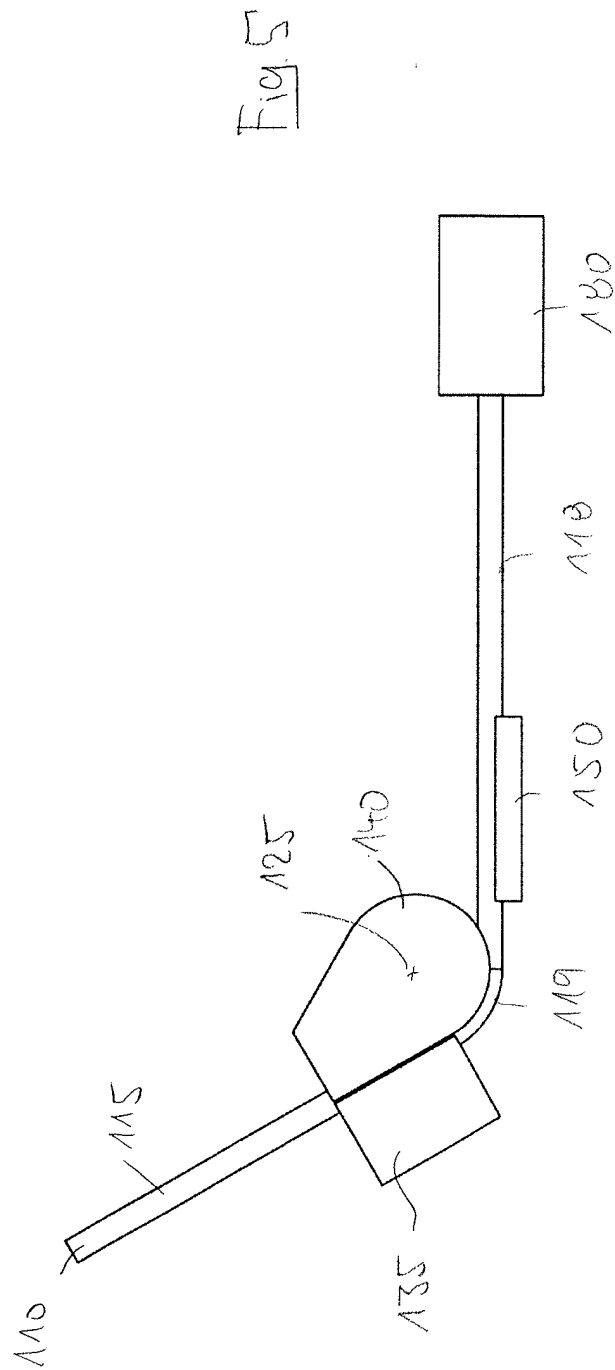
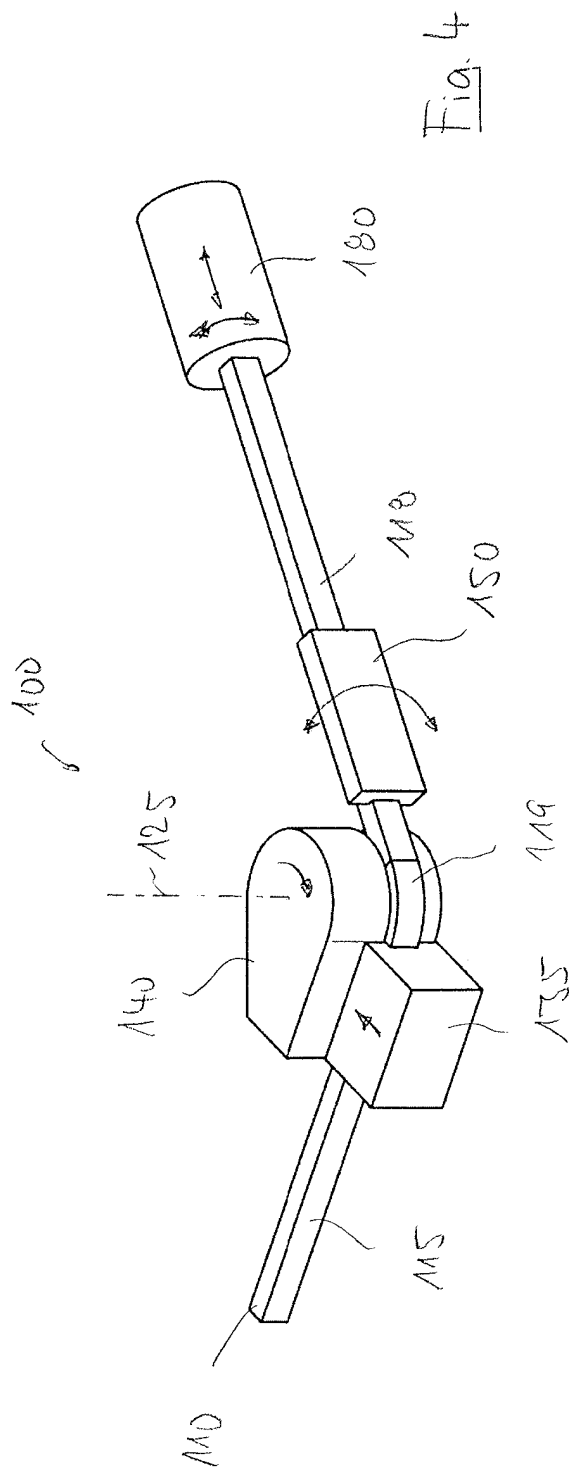


Fig. 6

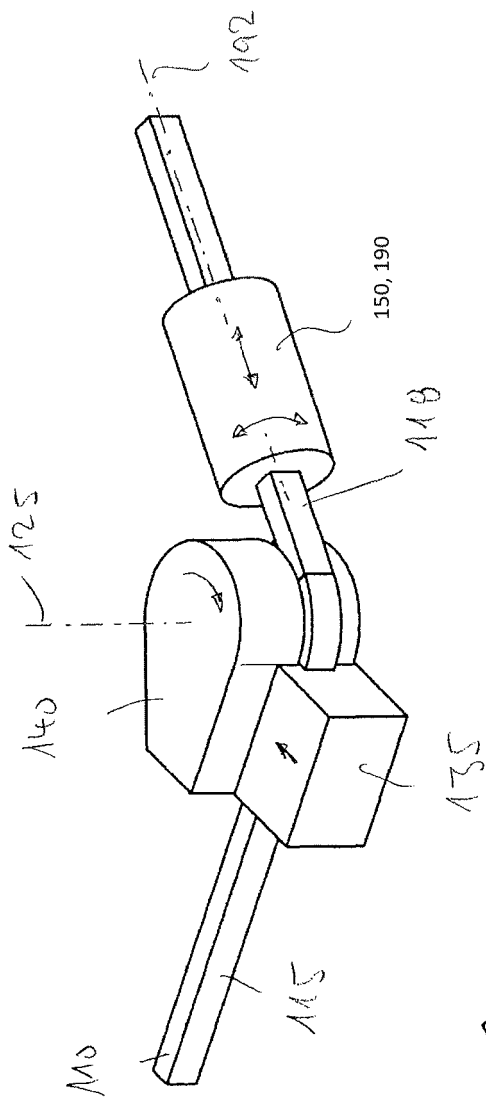
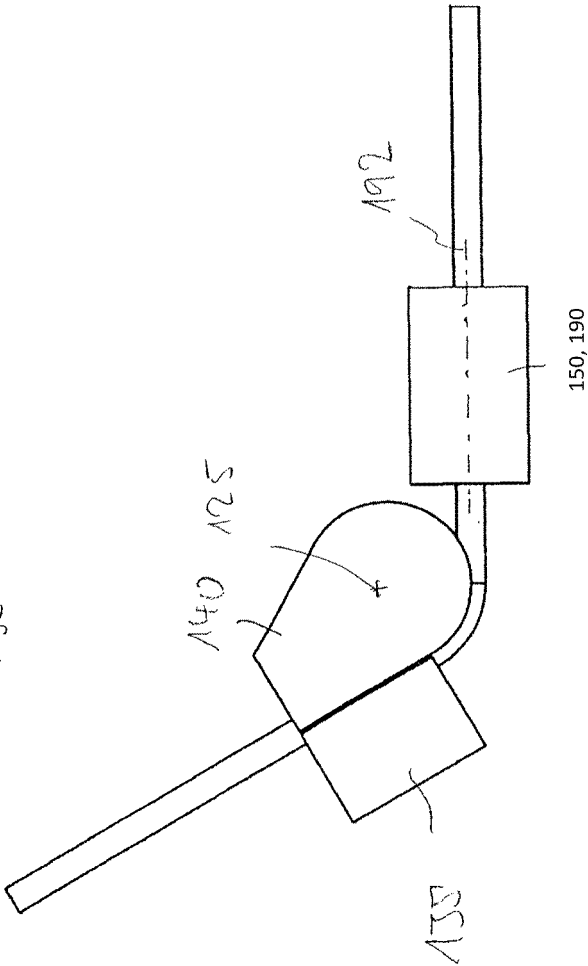
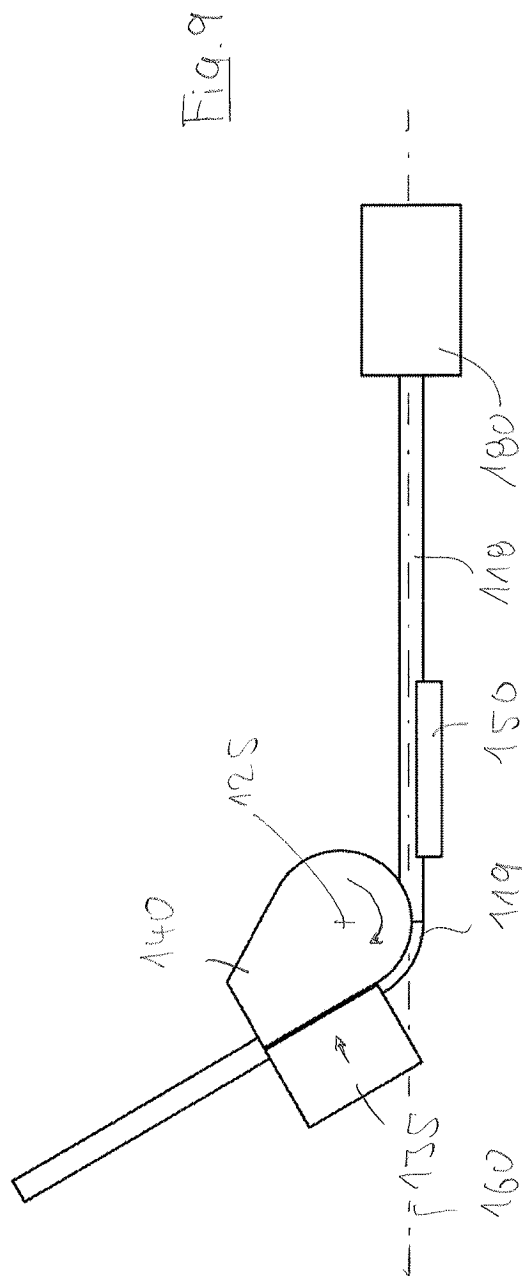
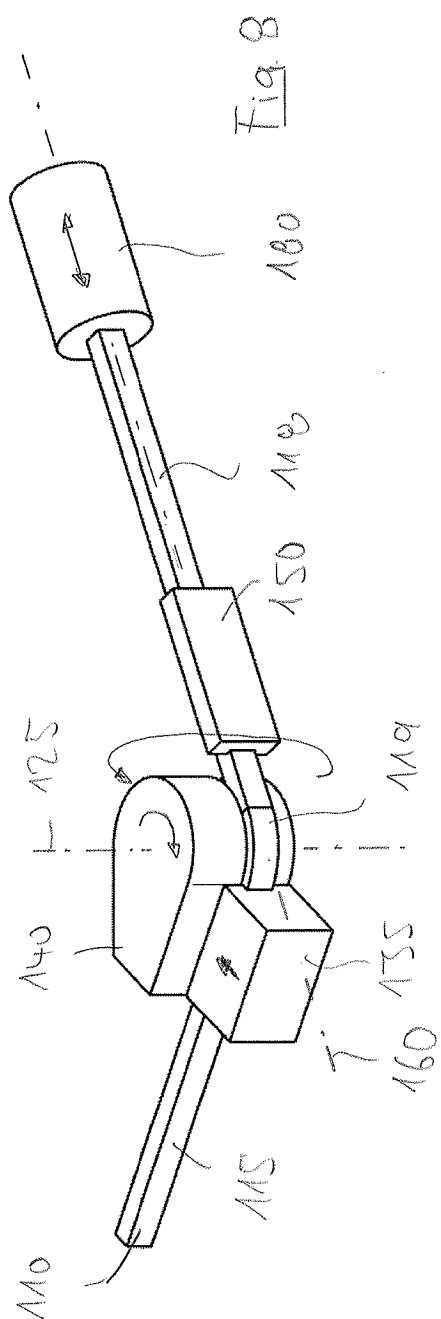


Fig. 7





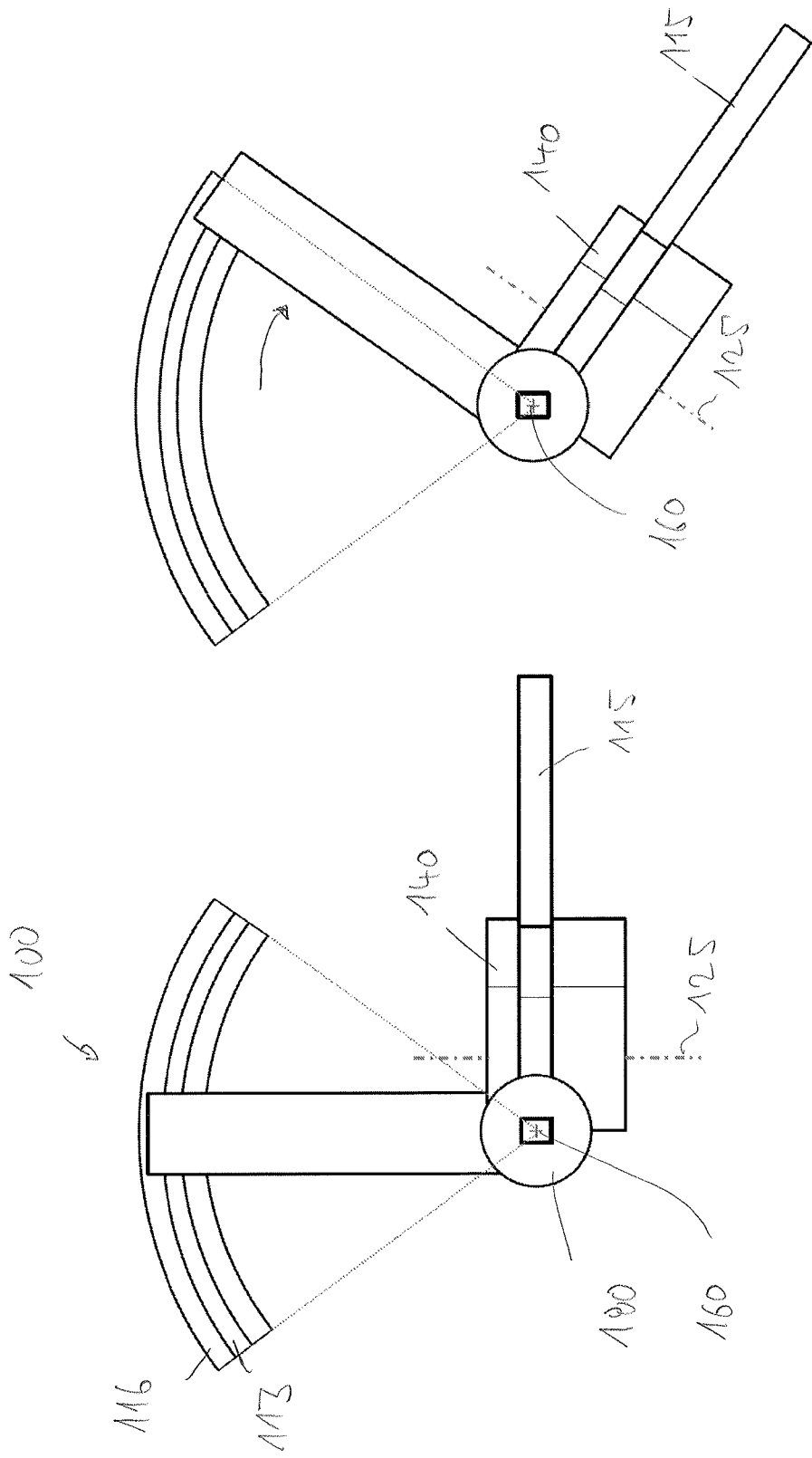


Fig. 11

Fig. 10

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

- US 2005126245 A1 [0011]
- US 4757702 A [0011]
- JP 2010188406 A [0011]