

(19)



(11)

**EP 4 299 207 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

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

**05.03.2025 Patentblatt 2025/10**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**B21J 15/02<sup>(2006.01)</sup> B21J 15/10<sup>(2006.01)</sup>**

**B30B 15/04<sup>(2006.01)</sup> B21D 39/03<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **22181365.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**B30B 15/044; B21J 15/025; B21J 15/10;**

**B30B 15/047; B21D 39/031**

(22) Anmeldetag: **27.06.2022**

(54) **C-FÖRMIGER WERKZEUGHALTER, SETZGERÄT MIT DEM C-FÖRMIGEN WERKZEUGHALTER UND VERFAHREN ZUM EINSTELLEN EINER VERSATZDIFFERENZ DES C-FÖRMIGEN WERKZEUGHALTERS**

C-SHAPED TOOL HOLDER, SETTING TOOL WITH THE C-SHAPED TOOL HOLDER AND METHOD FOR SETTING AN OFFSET DIFFERENCE

PORTE-OUTIL EN FORME DE C, APPAREIL DE POSE DOTÉ DU PORTE-OUTIL EN FORME DE C ET PROCÉDÉ DE RÉGLAGE D'UNE DIFFÉRENCE DE DÉCALAGE DU PORTE-OUTIL EN FORME DE C

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**03.01.2024 Patentblatt 2024/01**

(73) Patentinhaber: **Böllhoff Verbindungstechnik**

**GmbH  
33649 Bielefeld (DE)**

(72) Erfinder: **Kleinemeier, Andre**

**33415 Verl (DE)**

(74) Vertreter: **HWP Intellectual Property**

**Ridlerstraße 35  
80339 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A1- 1 119 439 DE-U1- 29 818 082  
SU-A1- 631 361**

**EP 4 299 207 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

### 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen C-förmigen Werkzeughalter, ein Setzgerät mit dem C-förmigen Werkzeughalter und ein Verfahren zum Einstellen einer Versatzdifferenz des C-förmigen Werkzeughalters.

### 2. Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Die Verwendung von C-förmigen Werkzeughaltern ist im Stand der Technik allgemein bekannt, beispielsweise bei Setzgeräten. Üblicherweise weist ein entsprechender C-förmiger Werkzeughalter eine Rahmenstruktur auf, die eine Rahmenebene definiert, und umfasst zwei Schenkel, die über ein Verbindungsstück miteinander verbunden sind. An den freien Enden der Schenkel ist bei einem Setzgerät ein Stempel mit einer Antriebseinheit sowie ein Matrizendom angeordnet.

**[0003]** Steigende Anforderungen an solche C-förmigen Werkzeughalter hinsichtlich Genauigkeit und Zentrität oder Konzentrität der herzustellenden Verbindung engen die Toleranzen bei prozessbedingten Verformungen ein. Eine solche prozessbedingte Verformung ist beispielsweise das Aufbiegen des C-förmigen Werkzeughalters während des Setzvorgangs.

**[0004]** Für die Zentrität ist dabei nicht die absolute Verformung des C-förmigen Werkzeughalters relevant, sondern dass sich der C-förmige Werkzeughalter so verformt, dass sich Stempel und Matrize im Arbeits- oder Fügepunkt zentrisch oder konzentrisch treffen. Mit anderen Worten müssen sich die beiden Schenkel des C-förmigen Werkzeughalters gleichermaßen verformen. Der Arbeits- oder Fügepunkt ist dabei der Berührungspunkt von Stempel und Matrize mit den dazwischenliegenden Bauteilen, wobei die Bauteilstärken im Vergleich zum Gesamthub des Setzgeräts vernachlässigbar sind.

**[0005]** Ein Beispiel zur Verringerung von solchen prozessbedingten Verformungen findet sich in DE 10 2007 020 166 A1. Hierin ist ein Werkzeughalter mit mechanischen Wirkmitteln beschrieben, der beispielsweise bei Anlagen für umformtechnische Fügeprozesse, insbesondere Clinchen und Stanznieten, sowie thermische Fügeprozesse wie Widerstandspunktschweißen, Handlingsprozesse, Prägeprozesse, Schraub- und Einpressprozesse verwendet wird. Der Werkzeughalter weist einen Werkzeughaltebereich auf, der ein Werkzeug hält, welches im Betrieb unter elastischer Verformung der Fachwerkstruktur des Werkzeughalters mit einer Betriebskraft gegen ein Werkstück oder dergleichen zu pressen ist. Es ist eine erhöhte Einsatzflexibilität dadurch gegeben, dass an dem Werkzeughalter, insbesondere lösbar, anzubringende, in einem oder auf einen Verformungsbereich wirkende mechanische Wirkmittel vorgesehen sind, welche unter der Verformung vorbestimmte mechanische Eigenschaften, insbesondere Verformungseigenschaften, des Werkzeughalters in vorbe-

stimmtem Sinne beeinflussen. Dementsprechend wird mit den mechanischen Wirkmitteln einer prozessbedingten Verformung des Werkzeughalters entgegengewirkt, d.h. einem Aufbiegen des C-förmigen Werkzeughalters.

**[0006]** In modernen Anwendungen werden entsprechende C-förmige Werkzeughalter häufig in Verbindung mit mehrachsigen Robotern verwendet. Dazu weist der C-förmige Werkzeughalter entweder mittig im Bereich des Verbindungsstücks oder benachbart dazu am ersten Schenkel, d.h. oben, einen Befestigungsbereich für eine Anbindungseinheit zur Anbindung an den mehrachsigen Roboter auf. Bei den entsprechenden Fügeaufgaben ist der C-förmige Werkzeughalter daher häufig nicht ausschließlich senkrecht, sondern auch geneigt oder horizontal angeordnet.

**[0007]** Insbesondere in der horizontalen Werkzeuglage verformt sich der C-förmige Werkzeughalter aufgrund seines Eigengewichts und des Gewichts des Antriebs, was einen großen Einfluss auf die Zentrität der Verbindung hat. Des Weiteren gibt es verschiedene weitere Störgrößen, wie zum Beispiel ein Spiel in den Führungen oder aber auch Fertigungstoleranzen und die Materialstärke des C-förmigen Werkzeughalters, die zu Abweichungen von einem idealen Arbeits- oder Fügepunkt führen können. Dies ist aufgrund der steigenden Anforderungen an Setzgeräte ebenfalls zu berücksichtigen.

**[0008]** Zudem ist zu berücksichtigen, dass üblicherweise standardisierte Komponenten im Rahmen eines sogenannten Baukastenprinzips verwendet werden, um den Anforderungen an die Kosten, die Lieferzeiten und den Entwicklungsaufwand gerecht zu werden. Innerhalb eines solchen Baukastens für ein beispielhaftes Setzgerät gibt es für jede Variante des C-förmigen Werkzeughalters häufig nur eine ideale Kombination mit einem Matrizendom und einem Stempel mit Antriebseinheit. Mit anderen Worten weist jeder C-förmige Werkzeughalter einen idealen Arbeits- oder Fügepunkt bei gegebener Anbindung und gegebenem Antriebsgewicht auf. Umso weiter sich der tatsächliche Arbeits- oder Fügepunkt von dem idealen Arbeits- oder Fügepunkt entfernt, umso größer ist eine Exzentrität der Verbindung. Daher haben alle weiteren Kombinationen des Baukastens üblicherweise eine Exzentrität.

**[0009]** Je höher nun die Anforderungen an die Zentrität sind, desto weniger Kombinationen können mit dem Baukasten realisiert werden.

**[0010]** Für Werkzeuge, bei denen der Standardbaukasten nicht ausreicht, um die Anforderungen an die Zentrität zu erfüllen, werden daher individuelle Sonderlösungen erarbeitet. Diese bestehen einerseits in der Fertigung steiferer C-förmiger Werkzeughalter, die insbesondere eine breitere Rahmenstruktur aufweisen. Dies führt jedoch zu höheren Kosten, einem höheren Gewicht sowie einer daraus resultierenden größeren Störkontur. Alternativ wird dieses Problem über Sonderanbindung an beispielsweise einen mehrachsigen Roboter gelöst. Auch dies führt jedoch zu höheren Kosten und einem höheren Gewicht, so dass dies nur für einige

Kombinationen zielführend ist.

**[0011]** Zusammenfassend ist daher festzuhalten, dass ein Nachteil der bekannten C-förmigen Werkzeughalter darin liegt, dass die Anforderungen an die Zentrität die Kombinationsmöglichkeiten von Stempel mit Antriebs-  
5 einheit und Matrize einschränken und die Verwendung von Sonderkonstruktionen erfordern. Letzteres geht mit hohen Kosten in Konstruktion und Herstellung, langen Lieferzeiten, höheren Lagerkosten sowie der entsprechenden Ersatzteilbevorratung und einem gestiegenen Aufwand in der Teilestampflege einher.

**[0012]** Bessere Eigenschaften im Hinblick auf die Zentrität können meist nur über eine größere Breite des C-förmigen Werkzeughalters realisiert werden. Dies führt zu höheren Fertigungskosten aufgrund des erforderlichen Rohmaterials und der Bearbeitungszeit, einer größeren Störkontur des C-förmigen Werkzeughalters, einem höheren Eigengewicht und somit auch zu einem höheren Gesamtgewicht. Das höhere Gesamtgewicht bedingt, dass gegebenenfalls auf eine größere Roboter-  
10 klasse bei der Anbindung eines beispielhaften Setzgeräts an einen mehrachsigen Roboter gewechselt werden muss, was zusätzlich zu höheren Kosten führt. Weiterhin hat das zusätzliche Eigengewicht eine größere Verformung zur Folge, was dem Vorteil der höheren Steifigkeit entgegenwirkt. Das Dokument EP 1 119 439 A1 offenbart einen C-förmigen Werkzeughalter mit einer Rahmenstruktur laut dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0013]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, eine Alternative Lösung für einen C-förmigen Werkzeughalter bereitzustellen, der auch in horizontaler Werkzeuglage die Anforderungen an die Zentrität der Verbindung in Kombination mit verschiedenen Antriebseinheiten prozesssicher erfüllt und somit die obigen Nachteile überwindet. In gleicher Weise ist es eine Aufgabe ein entsprechendes Setzgerät und ein Verfahren zum Einstellen einer Versatzdifferenz des C-förmigen Werkzeughalters bereitzustellen.

### 3. Zusammenfassung der Erfindung

**[0014]** Die obige Aufgabe wird gelöst durch einen C-förmigen Werkzeughalter gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1, ein Setzgerät mit dem C-förmigen Werkzeughalter gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 10 sowie ein Verfahren zum Einstellen einer Versatzdifferenz des C-förmigen Werkzeughalters gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 12. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterentwicklungen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, den Zeichnungen sowie den abhängigen Patentansprüchen.

**[0015]** Ein erfindungsgemäßer C-förmiger Werkzeughalter mit einer Rahmenstruktur, die eine Rahmenebene definiert, umfasst einen ersten Schenkel und einen dem ersten Schenkel gegenüberliegend angeordneten zweiten Schenkel, die jeweils ein Verbindungsende und ein Arbeitsende aufweisen, ein Verbindungsstück, über das der erste und der zweite Schenkel an dem jeweiligen

Verbindungsende miteinander verbunden sind, wobei das Arbeitsende des ersten Schenkels zur Befestigung eines Stempels mit einer dazugehörigen Antriebseinheit dient, die eine Bewegungsrichtung des Stempels in Richtung des Arbeitsendes des zweiten Schenkels definiert,  
5 und das Arbeitsende des zweiten Schenkels dient zur Befestigung eines Matrizenrings, wobei eine Versatzdifferenz aufgrund eines schwerkraftbedingten Versatzes zwischen dem Arbeitsende des ersten und dem Arbeitsende des zweiten Schenkels senkrecht zur Rahmenebene durch mindestens ein Ausgleichselement minimierbar ist, das an einem oder mehreren der folgenden Elemente angeordnet ist: dem ersten Schenkel, dem zweiten Schenkel oder dem Verbindungsstück, und ein  
10 Schnittpunkt einer ersten Geraden, die der Bewegungsrichtung des Stempels in Richtung des Arbeitsendes des zweiten Schenkels entspricht, und einer zweiten Geraden, die vom Arbeitsende des zweiten Schenkels in Richtung des Arbeitsendes des ersten Schenkels verläuft, ist durch das mindestens eine Ausgleichselement auf einen Arbeitspunkt einstellbar.

**[0016]** Nachfolgend wird der C-förmige Werkzeughalter bei Verwendung in einem Setzgerät diskutiert. Vorzugsweise hat der C-förmige Werkzeughalter hierzu eine fachwerkartige Rahmenstruktur. Aufgrund der Verwendung in einem Setzgerät sind vorzugsweise am Arbeitsende des ersten Schenkels ein Stempel mit einer dazugehörigen Antriebseinheit und am Arbeitsende des zweiten Schenkels ein Matrizenring befestigt. Eine Anbindung des C-förmigen Werkzeughalters an einen mehrachsigen Roboter erfolgt beispielhaft über einen mittigen Befestigungsbereich für eine Anbindungseinheit. Die Anbindungseinheit ist daher mittig am Verbindungsstück vorgesehen.

**[0017]** Zunächst wird von einer senkrechten Werkzeuglage ausgegangen. In dieser senkrechten Werkzeuglage verläuft die Rahmenebene parallel zur Schwerkraft. Anders ausgedrückt sind die erste Gerade, die der Bewegungsrichtung des Stempels in Richtung des Arbeitsendes des zweiten Schenkels entspricht, und die zweite Gerade deckungsgleich. Die erste und die zweite Gerade verlaufen daher beispielhaft entlang einer ersten Achse, nämlich der x-Achse eines kartesischen Koordinatensystems. Die y-Achse erstreckt sich parallel zu dem ersten und dem zweiten Schenkel. Die x- und die y-Achse spannen daher die durch die Rahmenstruktur definierte Rahmenebene auf.

**[0018]** Wird das entsprechende Setzgerät nun in einer horizontalen Lage angeordnet, dann führt das Gewicht der Antriebseinheit am ersten Schenkel dazu, dass das Arbeitsende des ersten Schenkels schwerkraftbedingt aus der Rahmenebene versetzt wird, d.h. entlang der z-Achse. Maßgeblich hierfür ist der Hebelarm des ersten Schenkels in y-Richtung, d.h. eine Länge des ersten Schenkels bzw. der Abstand zwischen dem Arbeitsende des ersten Schenkels und der Anbindungseinheit entlang der y-Achse. Die gilt analog für das Arbeitsende des zweiten Schenkels mit dem Matrizenring.

**[0019]** Aufgrund des im Vergleich zur Antriebseinheit geringeren Gewichts des Matrizendoms fällt der schwerkraftbedingte Versatz für das Arbeitsende des zweiten Schenkels geringer aus als der schwerkraftbedingte Versatz des ersten Schenkels. Anders ausgedrückt, und nur diesen Effekt berücksichtigend, verlaufen die erste und die zweite Gerade zwar parallel zueinander, aber nicht mehr deckungsgleich. Somit resultiert zwischen dem Arbeitsende des ersten und dem Arbeitsende des zweiten Schenkels die schwerkraftbedingte Versatzdifferenz, die auszugleichen ist.

**[0020]** Zusätzlich sind die aufgrund der beispielhaften mittigen Anbindung entlang der x-Achse resultierenden Hebelarme des ersten und des zweiten Schenkels zu berücksichtigen. Denn diese Hebelarme führen dazu, dass neben dem schwerkraftbedingten Versatz ein Winkelversatz entsteht, wodurch die erste Gerade und die zweite Gerade nicht mehr parallel zueinander verlaufen, sondern sich in einem Schnittpunkt schneiden. Dieser Schnittpunkt entspricht jedoch nicht zwangsläufig dem Arbeitspunkt des Setzgeräts, so dass auch hier eine entsprechende Einstellung oder Korrektur erforderlich ist.

**[0021]** Um nun diese Effekte auszugleichen, ist das mindestens eine Ausgleichselement vorgesehen. Im Rahmen des vorliegenden Beispiels wird dieses aufgrund des größeren schwerkraftbedingten Versatzes an dem ersten Schenkel befestigt, was vorzugsweise lösbar erfolgt, beispielsweise mittels Schrauben, Stiften, Klammern oder Klemmen. Denn gerade die lösbare Befestigung eröffnet die Möglichkeit, bei der Verwendung eines anderen Stempels mit Antriebseinheit und/oder eines anderen Matrizendoms den geänderten schwerkraftbedingten Versatz zu berücksichtigen. Weiterhin bevorzugt weist der C-förmige Werkzeughalter zwei Ausgleichselemente auf, vorzugsweise auf gegenüberliegenden Seiten des gleichen Elements, hier also des ersten Schenkels. Auf diese Weise wird die Verformung des ersten Schenkels so an die Verformung des zweiten Schenkels angepasst, dass sich die erste und die zweite Gerade im Arbeitspunkt treffen bzw. schneiden.

**[0022]** Bei einer beispielhaften Anbindung des Werkzeughalter an den mehrachsigen Roboter im Bereich des ersten Schenkels, d.h. bei einer oberen Anbindung, ist es bevorzugt, dass das mindestens eine Ausgleichselement mindestens an dem Verbindungsstück angeordnet ist. Dies ist in den aufgrund der anderen Anbindung geänderten Hebelarmen entlang der x-Achse sowie der y-Achse des ersten und des zweiten Schenkels sowie der daraus resultierenden veränderten Verformung des ersten und des zweiten Schenkels begründet. Bezüglich der Details wird auf die detaillierte Beschreibung verwiesen.

**[0023]** Ein allgemeiner Vorteil dieser Vorgehensweise ist, dass eine nachträgliche Einstellung der Exzentrizität eines standardisierten Baukastenwerkzeugs in Form eines C-förmigen Werkzeughalters realisierbar ist. Daher ist das mindestens eine Ausgleichselement vorzugswei-

se variabel an einem der Elemente erster Schenkel, zweiter Schenkel oder Verbindungsstück befestigbar. Vorteilhafterweise kann auf diese Weise auch ein Ausgleich des Spiels des Niederhalters in dem beispielhaften Setzgerät realisiert werden.

**[0024]** Durch die so realisierte Einstellbarkeit kann zudem die Zentrität für eine Vielzahl an Kombination von Matrizendom und C-förmigem Werkzeughalter individuell eingestellt werden. Somit ist weiterhin die Verwendung eines Baukastensystems möglich, wobei im Vergleich zum Stand der Technik zusätzliche Kombinationen von Stempel mit Antriebseinheit und Matrizendom realisierbar sind.

**[0025]** Weiterhin müssen die C-förmigen Werkzeughalter weniger steif sein und das Eigengewicht der C-förmigen Werkzeughalter kann reduziert werden. Dies bedeutet auch, dass die Breite der C-förmigen Werkzeughalter reduziert werden kann, wodurch auch die Störkontur reduziert wird. Dies wirkt sich weiterhin positiv auf die Fertigungskosten aus, da diese bei reduzierter Breite des C-förmigen Werkzeughalters ebenfalls reduziert sind.

**[0026]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des C-förmigen Werkzeughalters weist das mindestens eine Ausgleichselement im Querschnitt ein erstes axiales Flächenträgheitsmoment und ein zweites axiales Flächenträgheitsmoment auf, das größer ist als das erste axiale Flächenträgheitsmoment, und das mindestens eine Ausgleichselement ist so angeordnet, dass das zweite axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene wirkt. Mit dem axialen Flächenträgheitsmoment wird die Querschnitts-Abhängigkeit der Verbiegung des mindestens einen Ausgleichselements unter Belastung berücksichtigt. Dabei ist die Verbiegung des mindestens einen Ausgleichselements umso kleiner, je größer das axiale Flächenträgheitsmoment ist. Aus diesem Grund wird das mindestens eine Ausgleichselement derart an einem der Elemente erster Schenkel, zweiter Schenkel oder Verbindungsstück angeordnet, dass die Schwerkraft die kleinere Verbiegung bewirkt. Somit wirkt das größere axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene. Zur besseren Nachvollziehbarkeit wird dieses Vorgehen anhand eines im Querschnitt rechteckigen Ausgleichselements erläutert. Dieses weist im Querschnitt eine Höhe  $h$  auf, die größer ist als seine Breite  $b$ .

**[0027]** In einem ersten Fall wird dieses rechteckige Ausgleichselement beispielhaft am ersten Schenkel so angeordnet, dass sich die Höhe  $h$  parallel zur x-Achse des Eingangs definierten kartesischen Koordinatensystems und somit der Rahmenebene erstreckt. Dementsprechend erstreckt sich die Breite  $b$  parallel zur z-Achse, also aus der Rahmenebene heraus. Das axiale Flächenträgheitsmoment des Ausgleichselement bei einer Verbiegung um eine Achse parallel zur x-Achse, d.h. bei einer schwerkraftinduzierten Verbiegung, berechnet sich

$$\frac{h \cdot b^3}{12}$$

daher zu

**[0028]** Im zweiten Fall wird das Ausgleichselement beispielhaft am ersten Schenkel so angeordnet, dass sich die Breite  $b$  parallel zur  $x$ -Achse erstreckt, wodurch sich die Höhe  $h$  nun parallel zur  $z$ -Achse aus der Rahmenebene heraus erstreckt. Nun berechnet sich das axiale Flächenträgheitsmoment bei einer Verbiegung um eine Achse parallel zur  $x$ -Achse, d.h. bei einer

$$\frac{b \cdot h^3}{12}$$

schwerkraftinduzierten Verbiegung, zu

**[0029]** Da die Höhe  $h$  größer ist als die Breite  $b$ , wirkt nur in diesem zweiten Fall das größere axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene. Im ersten Fall wirkt das größere Flächenträgheitsmoment in der Rahmenebene, nämlich bei einer Verbiegung um eine Achse parallel zur  $z$ -Achse.

**[0030]** Aufgrund dieser bevorzugten Ausrichtung des Ausgleichselements versteift im Ergebnis das mindestens eine Ausgleichselement somit beispielsweise den ersten Schenkel derart, dass die Versatzdifferenz zwischen erstem und zweitem Schenkel minimiert ist und der Schnittpunkt zwischen der ersten und der zweiten Geraden dem Arbeitspunkt des beispielhaften Setzgeräts entspricht.

**[0031]** Weiterhin bevorzugt hat das Ausgleichselement eine Profilform, die im Querschnitt eine der folgenden Formen aufweist: Rechteck, Halbkreis, Kreisschicht, Dreieck, T-Form, Doppel-T-Form, L-Form, U-Form, Trapez oder eine Kombination davon. Gerade diese Formen weisen in einer Richtung ein besonders hohes axiales Flächenträgheitsmoment auf. Daher lässt sich mit diesen Formen die Erfindung besonders vorteilhaft realisieren.

**[0032]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des C-förmigen Werkzeughalters weist das mindestens eine Ausgleichselement mindestens zwei Befestigungspunkte auf, vorzugsweise mindestens vier, sechs, acht oder zehn Befestigungspunkte und besonders bevorzugt eine Vielzahl an Befestigungspunkten. Gerade bei der Verwendung einer Vielzahl von Befestigungspunkten, beginnend bei vier Befestigungspunkten, befinden sich vorzugsweise jeweils zwei Befestigungspunkte unmittelbar nebeneinander, beispielsweise jeweils an einem Ende des mindestens einen Ausgleichselement. Aufgrund der Verwendung von jeweils zwei Befestigungspunkte unmittelbar nebeneinander kann weiterhin einem betriebskraft-induzierten Aufbiegen des C-förmigen Werkzeughalters entgegengewirkt werden.

**[0033]** Es ist zudem bevorzugt, dass das Ausgleichselement die Form eines Hohl- oder Schalenprofils aufweist und weiterhin zwei Nutensteine zwischen dem Ausgleichselement und dem ersten Schenkel, dem zweiten Schenkel oder dem Verbindungsstück vorhanden sind. Einerseits verhindern die Nutensteine, dass das mindestens eine Ausgleichselement deformiert wird und

somit seine positiven Eigenschaften verliert. Andererseits kann über die Dimensionierung der Nutensteine das Flächenträgheitsmoment weiterhin beeinflusst werden. Hierzu wird auf den Satz von Steiner verwiesen. Zudem wird dies unter Bezugnahme auf die detaillierte Beschreibung und die Figuren später verdeutlicht.

**[0034]** Ein erfindungsgemäßes Setzgerät umfasst einen erfindungsgemäßen C-förmigen Werkzeughalter, wobei am Arbeitsende des ersten Schenkels ein Stempel mit einer dazugehörigen Antriebseinheit und am Arbeitsende des zweiten Schenkels ein Matrizendom befestigt ist. Ein entsprechendes Setzgerät wurde bereits detailliert im Rahmen der Diskussion des erfindungsgemäßen C-förmigen Werkzeughalters diskutiert. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird daher auf die entsprechenden Ausführungen hinsichtlich der technischen Effekte und der Vorteile verwiesen.

**[0035]** Vorteilhafterweise ist das Setzgerät über den C-förmigen Werkzeughalter an einem mehrachsigen Roboter befestigt. Auf diese Weise ist das Setzgerät in unterschiedlichen Orientierungen beispielsweise in einer automatisierten Fertigungsstraße verwendbar.

**[0036]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Einstellen einer Versatzdifferenz zwischen einem ersten und einem zweiten Schenkel eines erfindungsgemäßen C-förmigen Werkzeughalters, umfasst die Schritte: Anordnen des C-förmigen Werkzeughalters so, dass eine Rahmenebene senkrecht zur Schwerkraft ausgerichtet ist, danach Ermitteln eines ersten Versatzes des ersten Schenkels bezogen auf die Rahmenebene und Ermitteln eines zweiten Versatzes des zweiten Schenkels bezogen auf die Rahmenebene, anschließend Befestigen mindestens eines Ausgleichselements an einem oder mehreren von dem ersten Schenkel, dem zweiten Schenkel oder dem Verbindungsstück, und Minimieren einer Versatzdifferenz zwischen dem Arbeitsende des ersten und dem Arbeitsende des zweiten Schenkels. Auch bezüglich des erfindungsgemäßen Verfahrens wird auf die obigen Ausführungen zum erfindungsgemäßen C-förmigen Werkzeughalter verwiesen, insbesondere bezüglich der sich ergebenden technischen Effekte und Vorteile.

**[0037]** In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst das Verfahren den weiteren Schritt: Einstellen eines Schnittpunktes einer ersten Geraden, die einer Bewegungsrichtung des Stempels in Richtung des Arbeitsendes des zweiten Schenkels entspricht, und einer zweiten Geraden, die vom Arbeitsende des zweiten Schenkels in Richtung des Arbeitsendes des ersten Schenkels verläuft, durch das mindestens eine Ausgleichselement auf einen Arbeitspunkt. Mit diesem Schritt wird nicht nur die schwerkraftbedingte Versatzdifferenz berücksichtigt, sondern auch der vorhandene Winkelversatz.

**[0038]** Es ist ebenso bevorzugt, dass das mindestens eine Ausgleichselement im Querschnitt ein erstes axiales Flächenträgheitsmoment und ein zweites axiales Flächenträgheitsmoment aufweist, das größer ist als das erste axiale Flächenträgheitsmoment, und der

Schritt des Befestigens so erfolgt, dass das Ausgleichselement so angeordnet ist, dass das zweite axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene wirkt. Dieses Vorgehen bewirkt eine Versteifung des entsprechenden Elements, an dem das mindestens eine Ausgleichselement angeordnet wird, und realisiert auf diese Weise den Ausgleich der Versatzdifferenz und stellt den Schnittpunkt der ersten und der zweiten Geraden auf den Arbeitspunkt ein. Ergänzend wird in dieser Hinsicht auf die entsprechende obige Diskussion der bevorzugten Ausführungsform des C-förmigen Werkzeughalters und das dazugehörige Beispiel des im Querschnitt rechteckigen Ausgleichselements verwiesen.

**[0039]** Weiterhin ist es vorteilhaft, dass das mindestens eine Ausgleichselement über mindestens zwei Befestigungspunkte an einem oder mehreren der folgenden Elemente befestigt ist: dem ersten Schenkel, dem zweiten Schenkel oder dem Verbindungsstück. Bei der Verwendung einer Vielzahl von Befestigungspunkten, beginnend bei vier Befestigungspunkten, kann ergänzend ein betriebskraft-induziertes Aufbiegen des C-förmigen Werkzeughalters berücksichtigt und vorzugsweise minimiert werden.

**[0040]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens ist das mindestens eine Ausgleichselement an dem ersten Schenkel, dem zweiten Schenkel oder dem Verbindungsstück lösbar befestigt, vorzugsweise mittels Schrauben, Stiften, Klammern oder Klemmen. Gerade die lösbare Befestigung erlaubt die Anpassung des C-förmigen Werkzeughalters an verschiedene Stempel mit Antriebseinheit und Matrizenkappe, da hierdurch eine Anpassung an das jeweilige Gewicht möglich ist. Somit ist weiterhin das Baukastenprinzip anwendbar.

**[0041]** Schließlich weist das mindestens eine Ausgleichselement vorteilhafterweise die Form eines Hohl- oder Schalenprofils auf und mindestens zwei Nutensteine sind zwischen dem Ausgleichselement und dem ersten Schenkel, dem zweiten Schenkel oder dem Verbindungsstück vorhanden. Wie oben aufgezeigt verhindern die Nutensteine einerseits, dass das mindestens eine Ausgleichselement bei der Befestigung deformiert wird und somit seine positiven Eigenschaften verliert. Andererseits kann über die Dimensionierung der Nutensteine das Flächenträgheitsmoment weiter beeinflusst werden.

#### 4. Kurzzusammenfassung der Zeichnungen

**[0042]** Nachfolgend wird die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen detailliert beschrieben. Gleiche Bezugszeichen in den Zeichnungen bezeichnen dabei gleiche Bauteile und/oder Elemente. Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Ansicht von verschiedenen Anbindungsmöglichkeiten eines C-förmigen Werkzeughalters an einen mehrachsigen Roboter,

- Figur 2 eine schematische Ansicht einer Sonderlösung zur Anbindung eines C-förmigen Werkzeughalters an einen mehrachsigen Roboter,
- Figur 3 ein Schaubild zur Verdeutlichung der schwerkraftbedingten Verformung eines C-förmigen Werkzeughalters,
- Figur 4 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des schwerkraftbedingten Versatzes bei horizontaler Lage des C-förmigen Werkzeughalters,
- Figur 5 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Winkelversatzes bei horizontaler Lage des C-förmigen Werkzeughalters,
- Figur 6 eine schematische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen C-förmigen Werkzeughalters bei Verwendung der mittigen Anbindung sowie mit einem am ersten Schenkel angeordneten Ausgleichselement,
- Figur 7 eine Ansicht des oberen Bereichs des C-förmigen Werkzeughalters gemäß Figur 4 mit alternativen Befestigungspunkten des mindestens einen Ausgleichselements,
- Figur 8 eine perspektivische Ansicht des mindestens einen Ausgleichselements,
- Figur 9 bevorzugte Profilformen für das mindestens eine Ausgleichselement im Querschnitt,
- Figur 10 den C-förmigen Werkzeughalter gemäß Figur 6 in einer Explosionsansicht,
- Figur 11 Eine Ansicht des oberen Bereichs des C-förmigen Werkzeughalters gemäß Figur 6 mit weiteren alternativen Befestigungspunkten des mindestens einen Ausgleichselements,
- Figur 12 eine Schnittansicht entlang der Linie A-A aus Figur 11,
- Figur 13 eine schematische Ansicht einer zweiten Ausführungsform des C-förmigen Werkzeughalters bei Verwendung der oberen Anbindung sowie mit einem am Verbindungsstück und am ersten Schenkel angeordneten Ausgleichselement und
- Figur 14 ein schematisches Flussdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Einstellen der Versatz-

differenz.

### 5. Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0043]** Nachfolgend und bezugnehmend auf Figur 1 ist zunächst ein Ausschnitt eines C-förmigen Werkzeughalters 1 gezeigt, um die möglichen Anbindungspositionen an einem mehrachsigen Roboter zu verdeutlichen. Der C-förmige Werkzeughalter 1 weist eine fachwerkartige Rahmenstruktur 10 auf. Zudem umfasst der C-förmige Werkzeughalter 1 einen ersten Schenkel 20 und einen dem ersten Schenkel 20 gegenüberliegend angeordneten zweiten Schenkel 30. Der erste Schenkel 20 weist ein Arbeitende 22 und ein Verbindungsende auf. In gleicher Weise umfasst der zweite Schenkel 30 ein Arbeitende 32 und ein Verbindungsende. An den Verbindungsenden sind der erste 20 und der zweite Schenkel 30 über ein Verbindungsstück 40 miteinander verbunden. In den in Figur 1 gezeigten Darstellungen umfasst der Ausschnitt das Verbindungsstück 40 sowie den Bereich des ersten Schenkels 20 mit dem Verbindungsende.

**[0044]** Zum besseren Verständnis der weiteren Erläuterungen wird von einer senkrechten Werkzeuglage ausgegangen, wie sie in Figur 1 angedeutet ist. In dieser senkrechten Werkzeuglage verläuft die Rahmenebene R parallel zur Schwerkraft. Anders ausgedrückt sind eine erste Gerade  $G_1$ , die einer Bewegungsrichtung eines Stempels in Richtung des Arbeitendes des zweiten Schenkels 30 entspricht, und die zweite Gerade  $G_2$  deckungsgleich. Die erste  $G_1$  und die zweite Gerade  $G_2$  verlaufen daher beispielhaft entlang einer ersten Achse, nämlich der x-Achse eines kartesischen Koordinatensystems. Die y-Achse erstreckt sich parallel zu dem ersten 20 und dem zweiten Schenkel 30. Die x- und die y-Achse spannen daher die durch die Rahmenstruktur 10 definierte Rahmenebene R auf (vgl. auch Figuren 4 und 5).

**[0045]** Wie in Figur 1 erkennbar umfasst der C-förmige Werkzeughalter 1 einen mittigen Befestigungsbereich 12 im Bereich des Verbindungsstücks sowie einen oberen Befestigungsbereich 14 im Bereich des ersten Schenkels 20. Der obere Befestigungsbereich 14 im Bereich des ersten Schenkels 20 ist vorzugsweise so ausgerichtet, dass er mit der x-Achse, und daher auch mit der y-Achse, einen Winkel von  $45^\circ$  einschließt. An einem der Befestigungsbereiche 12, 14 wird bei Verwendung eine Anbindungseinheit 3 zur Verbindung mit dem mehrachsigen Roboter montiert.

**[0046]** Von links nach rechts zeigt Figur 1 eine mittig montierte Anbindungseinheit 3, deren Anbindungsfläche zum mehrachsigen Roboter parallel zur x- sowie parallel zur z-Achse des kartesischen Koordinatensystems verläuft. In den weiteren drei Illustration ist die Anbindungseinheit 3 am oberen Befestigungsbereich 14 montiert, wobei jeweils die Anbindungsfläche anders ausgerichtet ist. So kann die Anbindungsfläche, wie in der linken Illustration von Figur 1, zunächst parallel zur x- und zur

z-Achse verlaufen. Alternativ kann die Anbindungsfläche parallel zur y- und zur z-Achse verlaufen. Dies ist in der dritten Illustration von links nach rechts in Figur 1 gezeigt. Anders ausgedrückt, und bezogen auf diese beiden Ausrichtungen der Anbindungsfläche, ist zwischen dem oberen Befestigungsbereich 14 und der Anbindungsfläche ein Winkel von  $45^\circ$  vorhanden. Schließlich, und bezugnehmend auf die letzte Darstellung, kann die Anbindungsfläche wie der obere Befestigungsbereich 14 sowohl mit der x- wie auch der y-Achse einen  $45^\circ$ -Winkel einschließen und sich parallel zur z-Achse erstrecken.

**[0047]** Figur 2 zeigt eine Sonderlösung einer Anbindungseinheit 3. Hierbei erfolgt die Anbindung nicht nur am außenliegenden Teil des C-förmigen Werkzeughalters 1, sondern erstreckt sich im Bereich des Verbindungsstücks 40 über die Breite des C-förmigen Werkzeughalters 1.

**[0048]** Nun bezugnehmend auf die Figuren 3-5 wird zunächst das Verhalten eines C-förmigen Werkzeughalters 1 bei Verwendung in einer horizontalen Ausrichtung erläutert, um das zugrunde liegende Problem aufzuzeigen.

**[0049]** So zeigt Figur 3 in der oberen Ansicht schematisch den C-förmigen Werkzeughalter 1 mit dem Stempel mit Antriebseinheit 24 an dem ersten Schenkel 20 und dem Matrizenom 34 an dem zweiten Schenkel 30. Die Anbindung an den mehrachsigen Roboter erfolgt in diesem Beispiel mittig am C-förmigen Werkzeughalter 1.

**[0050]** Aufgrund des Gewichts insbesondere des Stempels 24 mit Antriebseinheit sowie des Matrizenoms 34 biegen sich diese bezogen auf Figur 3 nach unten, was durch die entsprechenden Pfeile verdeutlicht wird. Ebenso wurden zur Verdeutlichung die resultierenden ersten  $G_1$  und zweiten  $G_2$  Gerade für den verformten Zustand eingezeichnet. Wie erkennbar, entspricht die erste Gerade  $G_1$  der Bewegungsrichtung des Stempels 24 in Richtung des Matrizenoms 34. Die zweite Gerade  $G_2$  verläuft vom Arbeitende des zweiten Schenkels 30 in Richtung des Arbeitendes 22 des ersten Schenkels 20. Vereinfachend wurde in Figur 3 davon ausgegangen, dass die zweite Gerade  $G_2$  weiterhin parallel zur x-Achse des Bezugssystems, d.h. des Eingangs eingeführten kartesischen Koordinatensystems verläuft.

**[0051]** Oberhalb und unterhalb des Matrizenoms 34 ist im Rahmen der eingezeichneten Linien der Bereich der zulässigen Exzentrizität dargestellt. Der Schnittpunkt der ersten Geraden mit diesem zulässigen Bereich ergibt eine Übersicht über die theoretisch möglichen Kombinationen aus C-förmigem Werkzeughalter 1 und Größe des Matrizenoms 34 bei gleichbleibendem Stempel 24 mit Antriebseinheit.

**[0052]** Die dieser Verformung/durch Biegung zugrunde liegenden Aspekte werden nun unter Bezugnahme auf die schematischen Figuren 4 und 5 diskutiert.

**[0053]** Beide Figuren zeigen schematisch den C-förmigen Werkzeughalter 1, bei dem die Anbindungseinheit 3 mittig am Verbindungsstück 40 angebracht ist. Zur

Orientierung ist das kartesische Koordinatensystem mit x, y und z-Achse eingezeichnet, das im Rahmen der Anmeldung als Bezugssystem verwendet wird.

**[0054]** Die durch die Rahmenstruktur 10 definierte Rahmenebene R liegt somit in der x, y-Ebene, wie eingangs aufgezeigt. Aufgrund der horizontalen Anordnung des C-förmigen Werkzeughalters 1 verläuft die Rahmenebene R somit parallel zum Boden.

**[0055]** Am Arbeitsende 22 des ersten Schenkels 20 ist der Stempel 24 mit Antriebseinheit vorgesehen. Dieser ist als erste Masse  $m_1$  gekennzeichnet. Am Arbeitsende 32 des zweiten Schenkels 30 ist der Matrizendom 34 vorgesehen. Dieser ist als zweite Masse  $m_2$  gekennzeichnet. Die erste Masse  $m_1$  ist größer als die Masse  $m_2$ , sodass auch die resultierende erste Kraft  $F_1$  am Arbeitsende 22 des ersten Schenkels 20 größer ist als die resultierende zweite Kraft  $F_2$  am Arbeitsende 32 des zweiten Schenkels 30. Dies wird sowohl durch die Pfeile an den Kräften  $F_1$ ,  $F_2$  wie auch durch die Dimensionierung der die Massen symbolisierenden Kästchen illustriert.

**[0056]** Für das Verhalten jedes Schenkels 20, 30 am Arbeitsende 22, 32 ist der Abstand zur Anbindungseinheit 3 relevant, da diesen den Befestigungspunkt darstellt. Schematisch wird jeder Schenkel 20, 30 daher in einen ersten Hebelarm parallel zur x-Achse und einen zweiten Hebelarm parallel zur y-Achse. Der erste Schenkel 20 weist somit den Hebelarm  $a_x$  in x-Richtung bzw. parallel zur x-Achse und den Hebelarm  $a_y$  in y-Richtung bzw. parallel zur y-Achse auf. In gleicher Weise umfasst der zweite Schenkel 30 den Hebelarm  $b_x$  in x-Richtung bzw. parallel zur x-Achse und den Hebelarm  $b_y$  in y-Richtung bzw. parallel zur y-Achse.

**[0057]** Figur 4 dient zur Verdeutlichung eines ersten Problems bei der horizontalen Anordnung des C-förmigen Werkzeughalters 1, nämlich eines möglichen Unterschieds Versatz der Arbeitsenden 22, 32 senkrecht zur Rahmenebene R, d.h. parallel zur z-Achse. Für diesen Versatz ist der Hebelarm in y-Richtung, d. h.  $a_y$  und  $b_y$ , maßgeblich. Da die Hebelarme  $a_y$  und  $b_y$  im gezeigten Beispiel gleich sind, bewirken die unterschiedlichen Massen  $m_1$  und  $m_2$  und somit die unterschiedlich großen angreifenden ersten  $F_1$  und zweiten Kräfte  $F_2$  eine Versatzdifferenz  $\Delta_z$  in z-Richtung bzw. parallel zur z-Achse zwischen dem ersten Schenkel 20 und dem zweiten Schenkel 30. Somit sind die erste Gerade  $G_1$  und die zweite Gerade  $G_2$  nicht mehr konzentrisch oder zentrisch miteinander ausgerichtet. Vielmehr liegt eine Exzentrizität vor.

**[0058]** Eine entsprechende Durchbiegung  $w$  lässt sich im Allgemeinen mit der Formel (1):

$$w = \frac{F l^3}{3 E I}$$

berechnen, wobei F die Kraft ist, l die Länge des Hebelarms, E das Elastizitätsmodul und I das Flächenträg-

heitsmoment des Schenkelquerschnitts.

**[0059]** Das zweite Problem wird in Figur 5 verdeutlicht. Denn neben der Versatzdifferenz  $\Delta_z$  tritt gleichzeitig ein Winkelversatz  $\varphi$  auf. Dieser Winkelversatz resultiert aus dem Hebelarm  $a_x$  des ersten Schenkels 20 in x-Richtung und dem Hebelarm  $b_x$  des zweiten Schenkels 30 in x-Richtung. Die entsprechenden Winkel des ersten 20 und des zweiten Schenkels 30 sind mit  $\varphi_a$  und  $\varphi_b$  gekennzeichnet. Der Winkelversatz  $\varphi_a$  des ersten Schenkels 20 und der Winkelversatz  $\varphi_b$  des zweiten Schenkels 30 sorgen dafür, dass sich die erste Gerade  $G_1$  und die zweite Gerade  $G_2$  im Schnittpunkt S schneiden. Dieser muss jedoch nicht mit dem Arbeitspunkt des Setzgeräts gleich sein. Eine Abweichung zwischen Schnittpunkt S und Arbeitspunkt führt jedoch ebenfalls zu einer Exzentrizität, die auszugleichen ist.

**[0060]** Neben der Durchbiegung der Schenkel 20, 30 ist somit gleichzeitig auch eine Neigung zu beobachten, die in einem Winkelversatz resultiert. Die Neigung  $\varphi$  lässt sich im Allgemeinen mit der Formel (2):

$$\varphi = \frac{F l^2}{2 E I}$$

berechnen, wobei F die Kraft ist, l die Länge des Hebelarms, E das Elastizitätsmodul und I das Flächenträgheitsmoment des Schenkelquerschnitts.

**[0061]** Daher muss, um nun ein optimales Arbeiten zu realisieren, sowohl die Versatzdifferenz  $\Delta_z$  minimiert wie auch der Winkelversatz berücksichtigt werden. Weiterhin muss der Schnittpunkt S der ersten Geraden  $G_1$  und der zweiten geraden  $G_2$  so eingestellt werden, dass sich die beiden Geraden im Arbeitspunkt treffen, d. h. der Schnittpunkt S muss dem Arbeitspunkt entsprechen.

**[0062]** Damit der Versatz bzw. die Versatzdifferenz  $\Delta_z$  gleich oder zumindest annähernd 0 ist, müssen die Durchbiegungen des ersten 20 und des zweiten Schenkels 30 angeglichen werden. Folglich muss die Bedingung, dass die Durchbiegung des ersten Schenkels 20 und die Durchbiegung des zweiten Schenkels 30 ungefähr gleich ist, so weit wie möglich erfüllt werden.

**[0063]** Die Durchbiegung des ersten Schenkels 20, die nachfolgend mit  $w_a$  gekennzeichnet wird, und die Durchbiegung des zweiten Schenkels 30, die nachfolgend mit  $w_b$  gekennzeichnet wird, setzen sich jeweils zusammen aus einer Komponente in x-Richtung und einer Komponente in y-Richtung, äquivalent zu den Hebelarmen. Daraus folgt durch die Anwendung der Superposition die Formel (3):

$$w_a = \frac{F_1 a_y^3}{3 E I_a} + \frac{F_1 a_x^3}{3 E I_a} \cong \frac{F_2 b_y^3}{3 E I_b} + \frac{F_2 b_x^3}{3 E I_b} = w_b$$

**[0064]** Die Neigung  $\varphi$  des ersten und des zweiten Schenkels 20, 30 bezogen auf die x-Richtung bewirkt, wie oben ausgeführt, dass sich die erste Gerade  $G_1$  und

die zweite Gerade  $G_2$  im Schnittpunkt S schneiden. Zwar ist der Winkelveersatz vernachlässigbar klein gegenüber den Durchbiegungen, jedoch wichtig für den Schnittpunkt S.

**[0065]** Um dies zu lösen, zeigt Figur 6 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen C-förmigen Werkzeughalters 1. Dieser weist zwei Ausgleichselemente 50 auf, die an gegenüberliegenden Seiten des ersten Schenkels 20 lösbar mittels Stiften 54 angebracht sind. Für die Befestigung der Ausgleichselemente 50 am C-förmigen Werkzeughalter 1 bzw. an der entsprechenden Rahmenstruktur 10 sind alle lösbaren Verbindungsarten geeignet, die mit Handgeräten erzeugt werden können. Hierzu zählen insbesondere Verschrauben, Verstiften, Klammern und Klemmen. Der Vollständigkeit halber wird darauf hingewiesen, dass das Ausgleichselement 50 nicht zwangsläufig gerade verlaufen muss, sondern auch krumm, bogenförmig oder geknickt verlaufen kann.

**[0066]** Im dargestellten Beispiel besteht das Ausgleichselement 50 aus einem U-förmigen Profil, das zehn Öffnungen 52 aufweist. Zwei Öffnungen 52 sind unmittelbar benachbart zueinander an einem ersten axialen Ende vorgesehen, während die verbleibenden acht Öffnungen 52 in einem Abstand dazu und beginnend am zweiten axialen Ende vorgesehen sind. Auch wenn im vorliegenden Beispiel am ersten axialen Ende zwei Öffnungen 52 nebeneinander angeordnet sind, reicht zur Realisierung der Funktion die Verwendung von jeweils einer Öffnung 52 aus. Die Rahmenstruktur 10 des C-förmigen Werkzeughalters 1 weist korrespondierende Öffnungen 16 auf. Dies wird beispielsweise in Figur 10 deutlich.

**[0067]** Die Flächenträgheitsmomente des ersten 20 und des zweiten Schenkels 30 sind in der Regel nicht konstant über die Strecke des ersten 20 und des zweiten Schenkels 30. Durch die Verwendung des Ausgleichselements 50 wird das jeweilige Flächenträgheitsmoment jedoch erhöht und dadurch die Durchbiegung reduziert, bis sich die erste  $G_1$  und die zweite Gerade  $G_2$  im Arbeitspunkt schneiden, sodass der Arbeitspunkt und der Schnittpunkt S zusammenfallen.

**[0068]** In Figur 6 sind die Stifte 54 in den beiden Öffnungen 52 am ersten axialen Ende des Ausgleichselements 50 sowie in dem vorletzten Paar aus der Reihe aus acht Öffnungen 52 beginnend am zweiten axialen Ende des Ausgleichselements 50 angeordnet. Demgegenüber sind die Stifte 54 in Figur 7 im letzten Paar aus der Reihe aus acht Öffnungen 52 angeordnet. In dieser Hinsicht ist ergänzend hervorzuheben, dass die Verwendung von zwei unmittelbar benachbarten Stiften ebenso die Gefahr eines Aufbiegens des C-förmigen Werkzeughalters 1 durch prozessbedingt wirkende Kräfte im Betrieb reduziert.

**[0069]** Die Wirkung des Ausgleichselements 50 wird, neben der Form des Ausgleichselements, über die Position der Stifte 54 beeinflusst. Dies wird unter Bezugnahme auf Figur 8 erläutert.

**[0070]** Eine maximal wirksame Länge  $L_{\max}$  des Ausgleichselements 50 bestimmt sich demnach durch den Abstand der Öffnungen 52 an den axialen Enden. Die wirksame Länge  $L_{\text{eff}}$  bestimmt sich durch den Abstand der zwei am weitesten voneinander entfernten Stifte 54. Die Mindestlänge, die als wirksame Länge  $L_{\text{eff}}$  gewählt werden sollte, entspricht bei Verwendung des mittleren Befestigungsbereichs 12 vorzugsweise mindestens einem Drittel des Hebelarms  $a_y$  des ersten Schenkels 20 in y-Richtung, d.h. bei Verwendung des mittleren Befestigungsbereichs 12 gilt  $L_{\text{eff}} \geq 1/3 a_y$ . Bei Verwendung des oberen Befestigungsbereichs 14 wird das Ausgleichselement 50 vorzugsweise an dem Verbindungsstück 40 angeordnet, wie es in Figur 13 gezeigt ist. In diesem Fall gilt für die wirksame Länge  $L_{\text{eff}}$ , dass diese mindestens einem Viertel aus der Summe des Hebelarms des ersten Schenkels 20 und des zweiten Schenkels 30 in x-Richtung entspricht, d.h. es gilt  $L_{\text{eff}} \geq 1/4 (a_x + b_x)$ .

**[0071]** Figur 9 zeigt bevorzugte Querschnittsansichten der bevorzugten Ausgestaltungen des Ausgleichselements 50. Hierbei handelt es sich von oben nach unten und von links nach rechts um ein volles oder massives Rechteck, ein hohles Rechteck oder Kastenprofil, eine U-Form, eine volle oder massive Kreisschicht, eine hohle Kreisschicht, eine unten offene hohle Kreisschicht, eine volle oder massive Trapezform, eine T-Form oder eine Doppel-T-Form. Unter dem Begriff Kreisschicht wird Querschnittsform verstanden, die, analog zu einer Kugelscheibe oder Kugelschicht, ein Teil eines Kreises darstellt, der von zwei parallelen Geraden ausgeschnitten wird. Ebenfalls möglich ist die Verwendung einer L-Form, eines Dreiecks, eines massiven oder hohlen Halbkreises, oder dergleichen.

**[0072]** Somit können die anfänglich aufgezeigten Probleme durch eine geeignete Wahl der Querschnittsform des Ausgleichselements 50 berücksichtigt werden. Denn unterschiedliche Flächenträgheitsmomente bieten eine Möglichkeit, um die Zentrizität einzustellen.

**[0073]** Vorzugsweise weist das Ausgleichselement 50 daher im Querschnitt ein erstes axiales Flächenträgheitsmoment und ein zweites axiales Flächenträgheitsmoment auf, das größer ist als das erste axiale Flächenträgheitsmoment. Das mindestens eine Ausgleichselement 50 ist zudem so angeordnet, dass das zweite axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene R wirkt. Mit dem axialen Flächenträgheitsmoment wird die Querschnitts-Abhängigkeit der Verbiegung des mindestens einen Ausgleichselements 50 unter Belastung berücksichtigt. Dabei ist die Verbiegung des mindestens einen Ausgleichselements 50 umso kleiner, je größer das axiale Flächenträgheitsmoment ist. Aus diesem Grund wird das mindestens eine Ausgleichselement 50 in der vorliegenden Ausführungsform vorzugsweise derart am ersten Schenkel 20 angeordnet, dass die Schwerkraft die kleinere Verbiegung bewirkt. Somit wirkt das größere axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene R. Zur besseren Nachvollziehbarkeit wird dies anhand eines im Querschnitt rechteckigen Ausgleichs-

elements 50 erläutert. Dieses weist im Querschnitt eine Höhe  $h$  auf, die größer ist als seine Breite  $b$ .

**[0074]** Wenn dieses rechteckige Ausgleichselement 50 am ersten Schenkel so angeordnet wird, dass sich die Höhe  $h$  parallel zur  $x$ -Achse und die Breite  $b$  parallel zur  $z$ -Achse, also aus der Rahmenebene heraus, erstreckt, dann berechnet sich das axiale Flächenträgheitsmoment des Ausgleichselement 50 bei einer Verbiegung um eine Achse parallel zur  $x$ -Achse, d.h. bei

$$\frac{h \cdot b^3}{12}$$

einer schwerkraftinduzierten Verbiegung, zu

**[0075]** Wenn das Ausgleichselement 50 jedoch am ersten Schenkel 20 so angeordnet wird, dass sich die Breite  $b$  parallel zur  $x$ -Achse und die Höhe  $h$  parallel zur  $z$ -Achse aus der Rahmenebene heraus erstreckt, dann berechnet sich das axiale Flächenträgheitsmoment bei einer Verbiegung um eine Achse parallel zur  $x$ -Achse, d.h. bei einer schwerkraftinduzierten Verbiegung, zu

$$\frac{b \cdot h^3}{12}$$

**[0076]** Da die Höhe  $h$  größer ist als die Breite  $b$ , wirkt nur in dem letzteren Fall das größere axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene  $R$ . Somit wird das Ausgleichselement 50 und seine Querschnittsform besonders effektiv eingesetzt. Denn im ersten Fall wirkt das größere Flächenträgheitsmoment in der Rahmenebene  $R$ , nämlich bei einer Verbiegung um eine Achse parallel zur  $z$ -Achse.

**[0077]** Die ausgewählte wirksame Länge  $L_{\text{eff}}$  des Ausgleichselements 50 sowie die Montageposition bieten weitere Einstellmöglichkeiten und sind abhängig von den Gewichtskräften und den jeweiligen Längen der Hebelarme gemessen von der Anbindung, d. h. oben oder mittig, bis zum Kraftangriffspunkt, d. h. dem Antriebsende 22, 32.

**[0078]** Zur weiteren Optimierung zeigt Figur 10 die zusätzliche Verwendung von Nutzensteinen 56, die insbesondere bei Hohl- und Schalenprofilen eingesetzt werden. Diese verhindern beim Befestigen des Ausgleichselements 50 eine Deformation infolge eines zu hohen Anzug- oder Befestigungsmomentes.

**[0079]** Ein weiterer Vorteil der Verwendung der Nutzensteine 56 wird nachfolgend diskutiert, denn mit den Nutzensteinen 56 kann der Abstand des Ausgleichselements 50 von der Rahmenebene  $R$  des C-förmigen Werkzeughalters 1 variiert werden. Dazu werden Nutzensteine 56 verwendet, die unterschiedliche Erstreckungen parallel zur  $z$ -Achse aufweisen, wodurch der Steiner-Anteil (Satz von Steiner) und dadurch das Flächenträgheitsmoment erhöht wird. Dies wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 10-12 verdeutlicht, wobei Figur 12 den Querschnitt des ersten Schenkels 20 mit zwei seitlich angebrachten Ausgleichselementen 50 darstellt.

**[0080]** Im Stand der Technik werden Versteifungselemente wie Profile, Federn und Dämpfer symmetrisch zur Rahmenebene  $R$  in einen C-förmigen Werkzeughalter

eingebaut, wodurch das Betriebskraft-induzierte Aufbiegen des Werkzeughalters minimiert werden soll. Hierzu wird beispielhaft auf die im einleitenden Teil diskutierte DE 10 2007 020 166 A1 verwiesen.

**[0081]** Dieses Vorgehen eignet sich jedoch nicht für die im Rahmen der vorliegenden Anmeldung adressierte Schwerkraft-induzierte Verbiegung des C-förmigen Werkzeughalters 1. Denn hierzu müssen die Ausgleichselemente 50 seitlich an dem C-förmigen Werkzeughalter 1 positioniert werden, um der in der horizontalen Lage quer zur Rahmenebene  $R$  angreifenden Schwerkraft entgegenzuwirken.

**[0082]** Dieses Erfordernis wird bei der Berechnung des Flächenträgheitsmoments des Ausgleichselements 50 bezogen auf die  $x$ -Achse, die in der Rahmenebene  $R$  liegt, deutlich. Das gesamte Flächenträgheitsmoment  $I_{P,x,\text{ges}}$  des Ausgleichselements 50 erhöht sich um den Steiner Anteil, d. h. um den Abstand des Flächenschwerpunkts  $S_F$  des Ausgleichselements 50 von der Rahmenebene  $R$  in  $z$ -Richtung zum Quadrat multipliziert mit der Querschnittsfläche des Ausgleichselements  $A_P$ . Dies ist in der nachfolgenden Formel (4) dargestellt

$$I_{P,x,\text{ges}} = I_{P,x} + l_{P,z}^2 \times A_P$$

**[0083]** Hierbei stellt  $I_{P,x,\text{ges}}$  das gesamte Flächenträgheitsmoment des Ausgleichselements 50 dar,  $I_{P,x}$  ist das Flächenträgheitsmoment des Ausgleichselement 50 bezogen auf oder um die  $x$ -Achse,  $l_{P,z}$  ist der Abstand des Flächenschwerpunkts  $S_F$  des Ausgleichselements 50 von der Bezugsachse, d.h. der  $x$ -Achse und  $A_P$  ist die Querschnittsfläche des Ausgleichselements 50. Der Vollständigkeit halber sind in Figur 12 auch die Breite  $bc$  des ersten Schenkels 20 sowie die Querschnittsfläche  $A_C$  des oberen Schenkels 20 und das Biegemoment  $M$  um die  $x$ -Achse eingezeichnet.

**[0084]** Je größer der Abstand von der Rahmenebene  $R$  gewählt wird, desto größer ist der Steiner-Anteil. Für einen ausreichenden Widerstand gegen die Schwerkraft sollte vorzugsweise folgende Ungleichung gemäß Formel (5) eingehalten werden:

$$l_{P,z} > 0$$

vorzugsweise

$$l_{P,z} > \frac{1}{2} b_C$$

und besonders bevorzugt

$$l_{P,z} > \frac{5}{8} b_C$$

**[0085]** Bei der Wahl des Abstands in  $z$ -Richtung ist der

Vollständigkeit halber zu berücksichtigen, dass der Abstand die entstehende Störkontur beeinflusst. Dementsprechend ist hier ein Mittelweg zu wählen.

**[0086]** Figur 13 zeigt die Anbringung eines Ausgleichselements 50 bei Verwendung der oberen Befestigungsmöglichkeit 14 für die Anbindungseinheit 3. Hier wurde das Ausgleichselement 50 insbesondere entlang des Verbindungsstücks 40 angebracht. Ausschlaggebend für die Ausrichtung des Ausgleichselements 50 ist das Biegemoment, d. h. die wirkende Schwerkraft multipliziert mit dem Hebelarm, also der Wegstrecke zwischen Kraftangriffspunkt und Anbindungseinheit 3.

**[0087]** Der Vollständigkeit halber ist hervorzuheben, dass eine Befestigung des oder der Ausgleichselemente 50 auch an den Außenkantenflächen oder den Innenkantenflächen des C-förmigen Werkzeughalters 1 erfolgen kann.

**[0088]** Nun bezugnehmend auf Figur 14 wird eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Einstellen einer Versatzdifferenz  $\Delta_z$  zwischen dem ersten 20 und dem zweiten Schenkel 30 des C-förmigen Werkzeughalters 1 erläutert. In einem ersten Schritt A erfolgt ein Anordnen des C-förmigen Werkzeughalters 1 so, dass die Rahmenebene R senkrecht zur Schwerkraft ausgerichtet ist. Danach erfolgt in Schritt B ein Ermitteln eines ersten Versatzes des ersten Schenkels 20 bezogen auf die Rahmenebene R und in Schritt C ein Ermitteln eines zweiten Versatzes des zweiten Schenkels 30 bezogen auf die Rahmenebene R. Die Schritte B und C können nacheinander oder zeitgleich ausgeführt werden, wobei eine Reihenfolge der Schritte B und C beliebig ist.

**[0089]** Nachdem der jeweilige Versatz ermittelt wurde, wird in Schritt D mindestens ein Ausgleichselement 50 an einem oder mehreren von dem ersten Schenkel 20, dem zweiten Schenkel 30 oder dem Verbindungsstück 40 befestigt. Hierdurch wird eine Versatzdifferenz  $\Delta_z$  zwischen dem Arbeitsende 22 des ersten Schenkels 20 und dem Arbeitsende 32 des zweiten Schenkels 30 minimiert (Schritt E).

**[0090]** Zusätzlich erfolgt in Schritt F ein Einstellen eines Schnittpunktes S einer ersten Geraden  $G_1$ , die einer Bewegungsrichtung des Stempels in Richtung des Arbeitsendes 32 des zweiten Schenkels 30 entspricht, und einer zweiten Geraden  $G_2$  die vom Arbeitsende 32 des zweiten Schenkels 30 in Richtung des Arbeitsendes 22 des ersten Schenkels 20 verläuft, durch das mindestens eine Ausgleichselement 50 auf einen Arbeitspunkt.

## 6. Bezugszeichenliste

### [0091]

- 1 Werkzeughalter
- 3 Anbindungseinheit
- 10 Rahmenstruktur
- 12 hintere Befestigungsmöglichkeit für die Anbindungseinheit 3

- 14 obere Befestigungsmöglichkeit für Anbindungseinheit 3
- 16 Öffnungen in der Rahmenstruktur zur Befestigung des Ausgleichselements 50
- 5
- 20 erster Schenkel
- 22 Arbeitsende des ersten Schenkels
- 24 Stempel mit Antriebseinheit
- 10
- 30 zweiter Schenkel
- 32 Arbeitsende des zweiten Schenkels
- 34 Matrizendom
- 40 Verbindungsstück
- 15
- 50 Ausgleichselement
- 52 Öffnungen im Ausgleichselement
- 54 Stifte
- 56 Nutensteine
- 20
- $A_C$  Querschnittsfläche des ersten Schenkels 20
- $A_P$  Querschnittsfläche des Ausgleichselements 50
- $a_x$  Hebelarm des ersten Schenkels 20 in x-Richtung
- 25
- $a_y$  Hebelarm des ersten Schenkels 20 in y-Richtung
- $b_C$  Breite des ersten Schenkels 20
- $b_x$  Hebelarm des zweiten Schenkels 30 in x-Richtung
- 30
- $b_y$  Hebelarm des zweiten Schenkels 30 in y-Richtung
- $F_1$  erste Kraft
- $F_2$  zweite Kraft
- $G_1$  erste Gerade
- 35
- $G_2$  zweite Gerade
- $L_{eff}$  wirksame Länge des Ausgleichselements 50
- $L_{max}$  maximale Länge des Ausgleichselements 50
- $l_{P,z}$  Abstand des Flächenschwerpunkts von der x-Achse
- 40
- $m_1$  erste Masse
- $m_2$  zweite Masse
- M Biegemoment um die x-Achse
- R Rahmenebene
- S Schnittpunkt
- 45
- $S_F$  Flächenschwerpunkt des Ausgleichselements 50
- $\Delta_z$  Versatzdifferenz zwischen erstem 20 und zweitem Schenkel 30
- 50
- $\varphi_a$  Winkel des ersten Schenkels 20
- $\varphi_b$  Winkel des zweiten Schenkels 30

## Patentansprüche

- 55 1. Ein C-förmiger Werkzeughalter (1) mit einer Rahmenstruktur (10), die eine Rahmenebene (R) definiert, umfassend:

- a) einen ersten Schenkel (20) und einen dem ersten Schenkel (20) gegenüberliegend angeordneten zweiten Schenkel (30), die jeweils ein Verbindungsende und ein Arbeitsende (22, 32) aufweisen,
- b) ein Verbindungsstück (40), über das der erste (20) und der zweite Schenkel (30) an dem jeweiligen Verbindungsende miteinander verbunden sind, wobei
- c) das Arbeitsende (22) des ersten Schenkels (20) zur Befestigung eines Stempels (24) mit einer dazugehörigen Antriebseinheit dient, die eine Bewegungsrichtung des Stempels (24) in Richtung des Arbeitsendes (32) des zweiten Schenkels (30) definiert, und das Arbeitsende (32) des zweiten Schenkels (30) dient zur Befestigung eines Matrizendoms (34), wobei
- d) eine Versatzdifferenz ( $\Delta_z$ ) aufgrund eines schwerkraftbedingten Versatzes zwischen dem Arbeitsende (22) des ersten (20) und dem Arbeitsende (32) des zweiten Schenkels (30) senkrecht zur Rahmenebene (R) durch mindestens ein Ausgleichselement (50) minimierbar ist, das an einem oder mehreren der folgenden Elemente angeordnet ist: dem ersten Schenkel (20), dem zweiten Schenkel (30) oder dem Verbindungsstück (40), **gekennzeichnet durch**,
- e) ein Schnittpunkt (S) einer ersten Geraden ( $G_1$ ), die der Bewegungsrichtung des Stempels (24) in Richtung des Arbeitsendes (32) des zweiten Schenkels (30) entspricht, und einer zweiten Geraden ( $G_2$ ), die vom Arbeitsende des zweiten Schenkels (30) in Richtung des Arbeitsendes des ersten Schenkels (20) verläuft, ist durch das mindestens eine Ausgleichselement (50) auf einen Arbeitspunkt einstellbar.
2. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß Patentanspruch 1, wobei das mindestens eine Ausgleichselement (50) im Querschnitt ein erstes axiales Flächenträgheitsmoment und ein zweites axiales Flächenträgheitsmoment aufweist, das größer ist als das erste axiale Flächenträgheitsmoment, und das mindestens eine Ausgleichselement (50) ist so angeordnet, dass das zweite axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene (R) wirkt.
3. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Ausgleichselement (50) eine Profilform aufweist, die im Querschnitt eine der folgenden Formen aufweist: Rechteck, Halbkreis, Kreisschicht, Dreieck, T-Form, Doppel-T-Form, L-Form, U-Form, Trapez oder eine Kombination davon.
4. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das min-
- destens eine Ausgleichselement (50) mindestens zwei Befestigungspunkte aufweist, vorzugsweise mindestens vier, sechs, acht oder zehn Befestigungspunkte und besonders bevorzugt eine Vielzahl an Befestigungspunkten.
5. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Ausgleichselement (50) die Form eines Hohl- oder Schalenprofils aufweist und weiterhin zwei Nutensteine (56) zwischen dem Ausgleichselement (50) und dem ersten Schenkel (20), dem zweiten Schenkel (30) oder dem Verbindungsstück (40) vorhanden sind.
6. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei das Ausgleichselement (50) lösbar an dem jeweiligen von den Schenkeln (20, 30) oder dem Verbindungsstück (40) angeordnet ist, vorzugsweise mittels Schrauben, Stiften (54), Klammern oder Klemmen.
7. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, der zwei Ausgleichselemente (50) aufweist.
8. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, der eine fachwerkartige Rahmenstruktur (10) aufweist.
9. Der C-förmige Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, der am Arbeitsende (22) des ersten Schenkels (20) einen Stempel (24) mit einer dazugehörigen Antriebseinheit und am Arbeitsende (32) des zweiten Schenkels (30) einen Matrizendom (30) aufweist.
10. Ein Setzgerät mit einem C-förmigen Werkzeughalter (1) gemäß einem der vorhergehenden Patentansprüche, wobei am Arbeitsende (22) des ersten Schenkels (20) ein Stempel (24) mit einer dazugehörigen Antriebseinheit und am Arbeitsende (32) des zweiten Schenkels (30) ein Matrizendom (34) befestigt ist.
11. Das Setzgerät gemäß Patentanspruch 10, wobei das Setzgerät über den C-förmigen Werkzeughalter (1) an einem mehrachsigen Roboter befestigt ist.
12. Ein Verfahren zum Einstellen einer Versatzdifferenz ( $\Delta_z$ ) zwischen einem ersten (20) und einem zweiten Schenkel (30) eines C-förmigen Werkzeughalters (1) gemäß einem der Patentansprüche 1 bis 9, umfassend die Schritte:
- a. Anordnen (A) des C-förmigen Werkzeughalters (1) so, dass eine Rahmenebene (R) senkrecht zur Schwerkraft ausgerichtet ist, danach
- b. Ermitteln (B) eines ersten Versatzes des ers-

- ten Schenkels (20) bezogen auf die Rahmenebene (R) und
- c. Ermitteln (C) eines zweiten Versatzes des zweiten Schenkels (30) bezogen auf die Rahmenebene (R), anschließend
- d. Befestigen (D) mindestens eines Ausgleichselements (50) an einem oder mehreren von dem ersten Schenkel (20), dem zweiten Schenkel (30) oder dem Verbindungsstück (40), und
- e. Minimieren (E) einer Versatzdifferenz ( $\Delta_2$ ) zwischen dem Arbeitsende (22) des ersten Schenkels (20) und dem Arbeitsende (32) des zweiten Schenkels (30).
13. Das Verfahren gemäß Patentanspruch 12, mit dem weiteren Schritt:
- f. Einstellen (F) eines Schnittpunktes (S) einer ersten Geraden ( $G_1$ ), die einer Bewegungsrichtung des Stempels (24) in Richtung des Arbeitsendes (32) des zweiten Schenkels (30) entspricht, und einer zweiten Geraden ( $G_2$ ), die vom Arbeitsende (32) des zweiten Schenkels (30) in Richtung des Arbeitsendes (22) des ersten Schenkels (20) verläuft, durch das mindestens eine Ausgleichselement (50) auf einen Arbeitspunkt.
14. Das Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 12 oder 13, wobei das mindestens eine Ausgleichselement (50) im Querschnitt ein erstes axiales Flächenträgheitsmoment und ein zweites axiales Flächenträgheitsmoment aufweist, das größer ist als das erste axiale Flächenträgheitsmoment, und der Schritt des Befestigens (D) erfolgt so, dass das Ausgleichselement (50) so angeordnet ist, dass das zweite axiale Flächenträgheitsmoment senkrecht zur Rahmenebene (R) wirkt.
15. Das Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 12 bis 14, wobei das mindestens eine Ausgleichselement (50) über mindestens zwei Befestigungspunkte an dem ersten Schenkel (20), dem zweiten Schenkel (30) oder dem Verbindungsstück (40) befestigt ist.
16. Das Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 12 bis 15, wobei das mindestens eine Ausgleichselement (50) an dem ersten Schenkel (20), dem zweiten Schenkel (30) oder dem Verbindungsstück (40) lösbar befestigt ist, vorzugsweise mittels Schrauben, Stiften (54), Klammern oder Klemmen.
17. Das Verfahren gemäß einem der Patentansprüche 12 bis 16, wobei das mindestens eine Ausgleichselement (50) die Form eines Hohl- oder Schalenprofils aufweist und mindestens zwei Nutensteine (56) zwischen dem Ausgleichselement (50) und dem ersten Schenkel (20), dem zweiten Schenkel (30) oder dem Verbindungsstück (40) vorhanden sind.

## Claims

1. A C-shaped tool holder (1) with a frame structure (10) defining a frame plane (R) comprising
- a) a first leg (20) and a second leg (30) that is arranged opposite to the first leg (20), each leg having a connecting end and an operating end (22, 32),
- b) a connecting piece (40) by means of which the first leg (20) and the second leg (30) are connected with each other at the respective connecting end, wherein
- c) the operating end (22) of the first leg (20) serves for fastening a punch (24) with an associated drive unit defining a movement direction of the punch (24) in the direction of the operating end (32) of the second leg (30), and the operating end (32) of the second leg (30) serves for fastening a die dome (34) wherein
- d) an offset difference ( $\Delta_2$ ) due to a gravity-caused offset between the operating end (22) of the first (20) and the operating end (32) of the second leg (30) perpendicular to the frame plane (R) is minimizable by at least one compensating element (50) which is arranged at one or more of the following elements: the first leg (20), the second leg (30) or the connecting piece (40),
- characterized by**
- e) an intersecting point (S) of a first straight line ( $G_1$ ) corresponding to the movement direction of the punch (24) in the direction of the operating end (32) of the second leg (30), and a second straight line ( $G_2$ ) extending from the operating end of the second leg (30) in the direction of the operating end of the first leg (20), is settable to an operating point by means of the at least one compensating element (50).
2. The C-shaped tool holder (1) according to claim 1, wherein in cross section, the at least one compensating element (50) has a first axial geometrical moment of inertia and a second axial geometrical moment of inertia that is larger than the first axial geometrical moment of inertia, and the at least one compensating element (50) is arranged so that the second axial geometrical moment of inertia acts perpendicularly to the frame plane (R).
3. The C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims, wherein the compensating element (50) has a profile shape having one of the following shapes in cross section: rectangle, semi-circle, circular layer, triangle, T-shape, double-T-shape, L-shape, U-shape, trapezoid or a combination thereof.
4. The C-shaped tool holder (1) according to one of the

- preceding claims, wherein the at least one compensating element (50) comprises at least two fastening points, preferably at least four, six, eight or ten fastening points and particularly preferred a plurality of fastening points.
- 5
5. The C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims, wherein the compensating element (50) has the shape of a hollow profile or bowl profile and furthermore, two slot nuts (56) are present between the compensating element (50) and the first leg (20), the second leg (30) or the connecting piece (40).
- 10
6. The C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims, wherein the compensating element (50) is releasably fastened to the corresponding one of the legs (20, 30) or the connecting piece (40), preferably by means of screws, pins (54), clamps or clips.
- 15
7. The C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims comprising two compensating elements (50).
- 20
8. The C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims comprising a framework like frame structure (10).
- 25
9. The C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims comprising at the operating end (22) of the first leg (20) a punch (24) with an associated drive unit and at the operating end (32) of the second leg (30) a die dome (30).
- 30
10. A setting device with a C-shaped tool holder (1) according to one of the preceding claims, wherein at the operating end (22) of the first leg (20), a punch (24) with an associated drive unit and at the operating end (32) of the second leg (30), a die dome (34) is fastened.
- 35
11. The setting device according to claim 10, wherein the setting device is fastened to a multi-axle robot by means of the C-shaped tool holder (1).
- 40
12. A method for setting an offset difference ( $\Delta_z$ ) between a first (20) and a second leg (30) of a C-shaped tool holder (1) according to one of the claims 1 to 9, comprising the steps:
- 45
- a. arranging (A) the C-shaped tool holder (1) in a way that a frame plane (R) is aligned perpendicular to gravity, after that,
- b. determining (B) a first offset of the first leg (20) with respect to the frame plane (R) and
- c. determining (C) a second offset of the second leg (30) with respect to the frame plane (R), after
- 50
- that,
- d. fastening (D) at least one compensating element (50) to one or more of the following: the first leg (20), the second leg (30) or the connecting piece (40), and
- e. minimizing (E) an offset difference ( $\Delta_z$ ) between the operating end (22) of the first (20) and the operating end (32) of the second leg (30).
13. The method according to claim 12, with the further step:
- f. setting (F) an intersecting point (S) of a first straight line ( $G_1$ ), which corresponds to a direction of movement of the punch (24) in the direction of the operating end (32) of the second leg (30), and of a second straight line ( $G_2$ ), which extends from the operating end (32) of the second leg (30) in the direction of the operating end (22) of the first leg (20), by means of the at least one compensating element (50) to an operating point.
14. The method according to one of the claims 12 or 13, wherein in cross section, the at least one compensating element (50) comprises a first axial geometrical moment of inertia and a second axial geometrical moment of inertia that is larger than the first axial geometrical moment of inertia, and the step of fastening (D) takes place such that the compensating element (50) is arranged in a way that the second axial geometrical moment of inertia acts perpendicularly to the frame plane (R).
15. The method according to one of the claims 12 to 14, wherein the at least one compensating element (50) is fastened via at least two fastening points to the first leg (20), the second leg (30) or the connecting piece (40).
16. The method according to one of the claims 12 to 15, wherein the at least one compensating element (50) is releasably fastened to the first leg (20), the second leg (30) or the connecting piece (40), preferably by means of screws, pins (54), clamps or clips.
17. The method according to one of the claims 12 to 16, wherein the at least one compensating element (50) has the shape of a hollow profile or a bowl profile and at least two slot nuts (56) are present between the compensating element (50) and the first leg (20), the second leg (30) or the connecting piece (40).

## Revendications

- 55 1. Porte-outil en forme de C (1) doté d'une structure de cadre (10) définissant un plan de cadre (R), comportant :

- a) une première branche (20) et une deuxième branche (30) disposée en face de la première branche (20), lesquelles présentent respectivement une extrémité de raccordement et une extrémité de travail (22, 32),
- b) une pièce de raccordement (40) par le biais de laquelle la première (20) et la deuxième branche (30) sont reliées entre elles à l'extrémité de raccordement respective, dans lequel
- c) l'extrémité de travail (22) de la première branche (20) est destinée à la fixation d'un poinçon (24) avec une unité d'entraînement associée, laquelle définit une direction de déplacement du poinçon (24) dans la direction de l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30), et l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30) est destinée à la fixation d'un dôme de matrice (34), dans lequel
- d) une différence de décalage ( $\Delta_2$ ) due à un décalage engendré par la force de gravité entre l'extrémité de travail (22) de la première (20) et l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30) perpendiculairement au plan de cadre (R) peut être minimisée par au moins un élément de compensation (50) disposé sur l'un ou plusieurs des éléments suivants : la première branche (20), la deuxième branche (30) ou la pièce de raccordement (40),
- caractérisé en ce que**
- e) un point d'intersection (S) entre une première droite ( $G_1$ ) correspondant à la direction de déplacement du poinçon (24) dans la direction de l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30) et une deuxième droite ( $G_2$ ) s'étendant à partir de l'extrémité de travail de la deuxième branche (30) dans la direction de l'extrémité de travail de la première branche (20), peut être réglé sur un point de travail par l'au moins un élément de compensation (50).
2. Porte-outil en forme de C (1) selon la revendication 1, dans lequel, dans la section transversale, l'au moins un élément de compensation (50) présente un premier moment d'inertie de surface axial et un deuxième moment d'inertie de surface axial, lequel est supérieur au premier moment d'inertie de surface axial, et l'au moins un élément de compensation (50) est disposé de telle façon que le deuxième moment d'inertie de surface axial agit perpendiculairement au plan de cadre (R).
  3. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément de compensation (50) présente une forme de profilé présentant l'une des formes suivantes dans la section transversale : rectangulaire, semi-circulaire, en coupe de cercle, triangulaire, en forme de T, en forme de double T, en forme de L, en forme de U, trapézoïdale ou une combinaison de celles-ci.
  4. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'au moins un élément de compensation (50) présente au moins deux points de fixation, de préférence au moins quatre, six, huit ou dix points de fixation et de façon particulièrement préférée une multitude de points de fixation.
  5. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément de compensation (50) présente la forme d'un profilé creux ou d'un profilé en coque et deux coulisseaux (56) sont en outre prévus entre l'élément de compensation (50) et la première branche (20), la deuxième branche (30) ou la pièce de raccordement (40).
  6. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément de compensation (50) est disposé de façon amovible sur l'une respective parmi les branches (20, 30) et la pièce de raccordement (40), de préférence à l'aide de vis, de tiges (54), d'agrafes ou de pinces.
  7. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, lequel présente deux éléments de compensation (50).
  8. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, lequel présente une structure de cadre du genre treillis (10).
  9. Porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, lequel présente un poinçon (24) avec une unité d'entraînement associée à l'extrémité de travail (22) de la première branche (20) et un dôme de matrice (30) à l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30).
  10. Appareil de pose doté d'un porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un poinçon (24) avec une unité d'entraînement associée est fixé à l'extrémité de travail (22) de la première branche (20) et un dôme de matrice (34) est fixé à l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30).
  11. Appareil de pose selon la revendication 10, dans lequel l'appareil de pose est fixé à un robot à plusieurs axes par le biais du porte-outil en forme de C (1).
  12. Procédé de réglage d'une différence de décalage ( $\Delta_2$ ) entre une première (20) et une deuxième branche (30) d'un porte-outil en forme de C (1) selon l'une des revendications 1 à 9, comportant les étapes suivantes :

- a. disposition (A) du porte-outil en forme de C (1) de telle façon qu'un plan de cadre (R) est orienté perpendiculairement à la force de gravité, ensuite
- b. détermination (B) d'un premier décalage de la première branche (20) par rapport au plan de cadre (R) et 5
- c. détermination (C) d'un deuxième décalage de la deuxième branche (30) par rapport au plan de cadre (R), puis 10
- d. fixation (D) d'au moins un élément de compensation (50) sur l'une ou plusieurs parmi la première branche (20), la deuxième branche (30) ou la pièce de raccordement (40), et
- e. minimisation (E) d'une différence de décalage ( $\Delta_2$ ) entre l'extrémité de travail (22) de la première branche (20) et l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30). 15
- 13.** Procédé selon la revendication 12, comprenant l'étape supplémentaire suivante : 20
- f. réglage (F) d'un point d'intersection (S) entre une première droite ( $G_1$ ) correspondant à la direction de déplacement du poinçon (24) dans la direction de l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30) et une deuxième droite ( $G_2$ ) s'étendant à partir de l'extrémité de travail (32) de la deuxième branche (30) dans la direction de l'extrémité de travail (22) de la première branche (20), sur un point de travail par l'au moins un élément de compensation (50). 25 30
- 14.** Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13, dans lequel, dans la section transversale, l'au moins un élément de compensation (50) présente un premier moment d'inertie de surface axial et un deuxième moment d'inertie de surface axial, lequel est supérieur au premier moment d'inertie de surface axial, et l'étape de fixation (D) est effectuée de telle façon que l'élément de compensation (50) est disposé de manière à ce que le deuxième moment d'inertie de surface axial agisse perpendiculairement au plan de cadre (R). 35 40
- 15.** Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel l'au moins un élément de compensation (50) est fixé à la première branche (20), la deuxième branche (30) ou la pièce de raccordement (40) par le biais d'au moins deux points de fixation. 45
- 16.** Procédé selon l'une des revendications 12 à 15, dans lequel l'au moins un élément de compensation (50) est disposé de façon amovible sur la première branche (20), la deuxième branche (30) ou la pièce de raccordement (40), de préférence à l'aide de vis, de tiges (54), d'agrafes ou de pinces. 50 55
- 17.** Procédé selon l'une des revendications 12 à 16, dans lequel l'au moins un élément de compensation

(50) présente la forme d'un profilé creux ou d'un profilé en coque et au moins deux coulisseaux (56) sont en outre prévus entre l'élément de compensation (50) et la première branche (20), la deuxième branche (30) ou la pièce de raccordement (40).

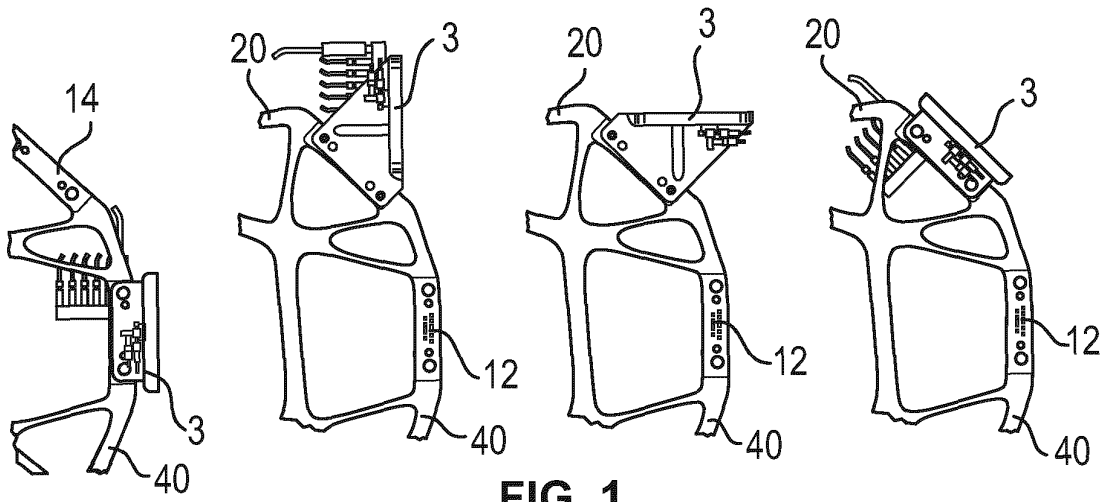


FIG. 1

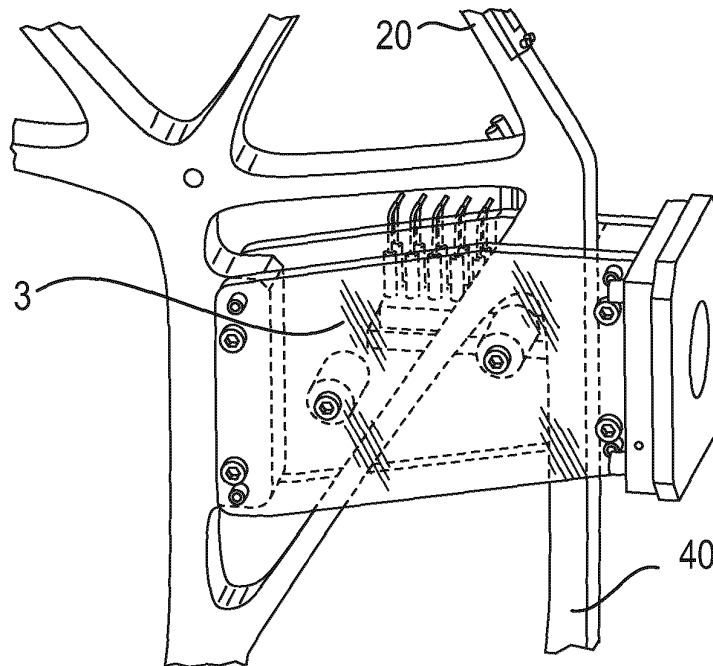


FIG. 2

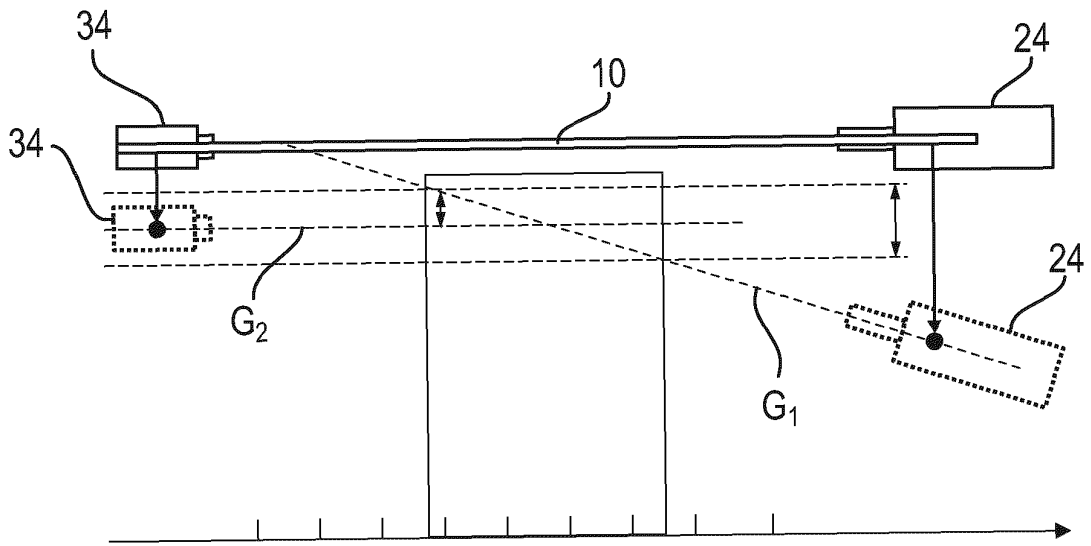


FIG. 3

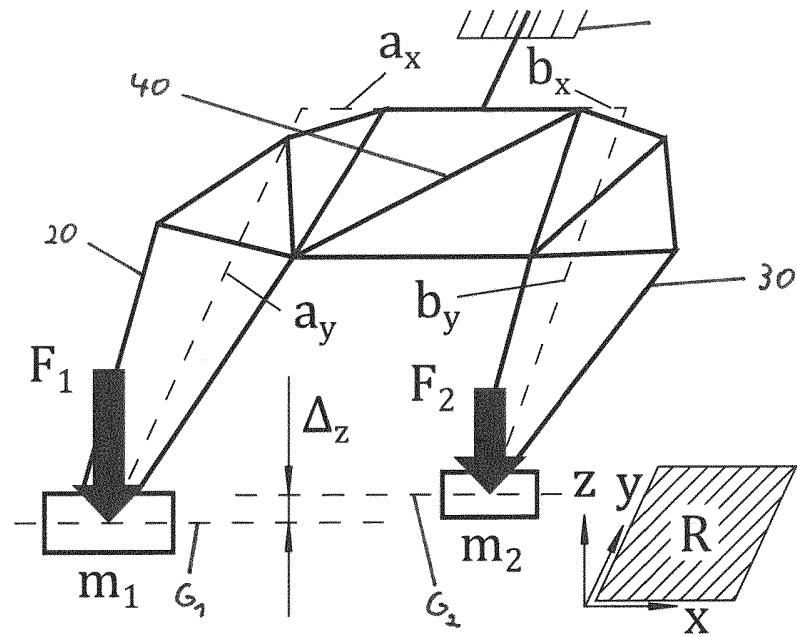


Fig. 4

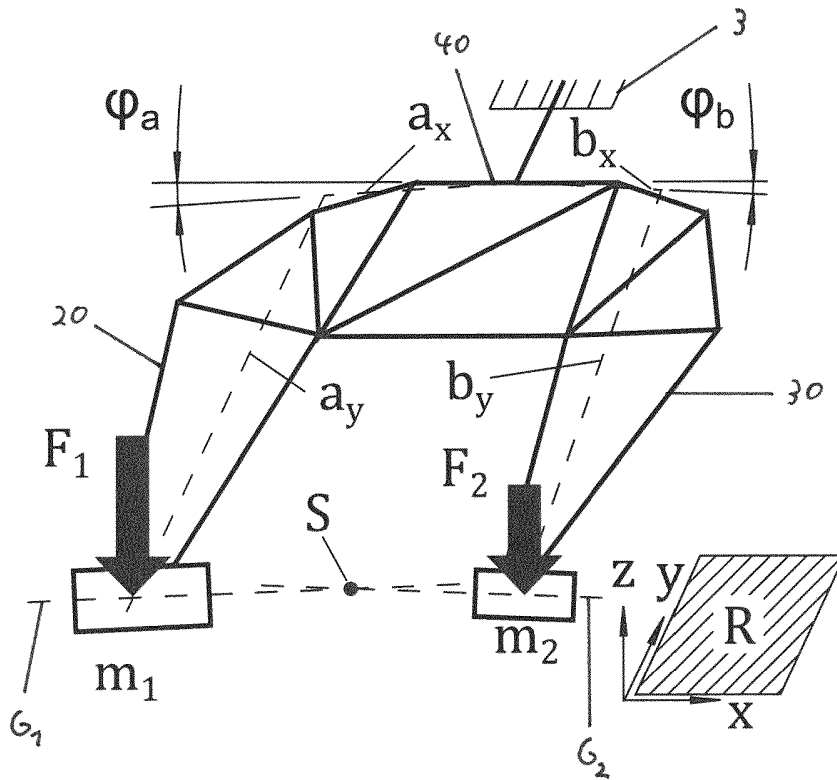


Fig. 5



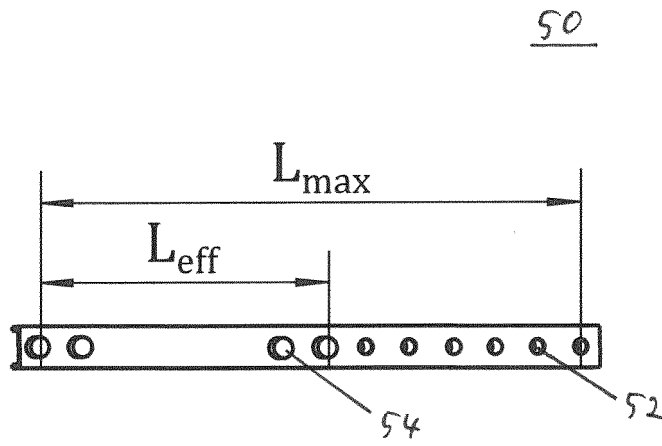


Fig. 8

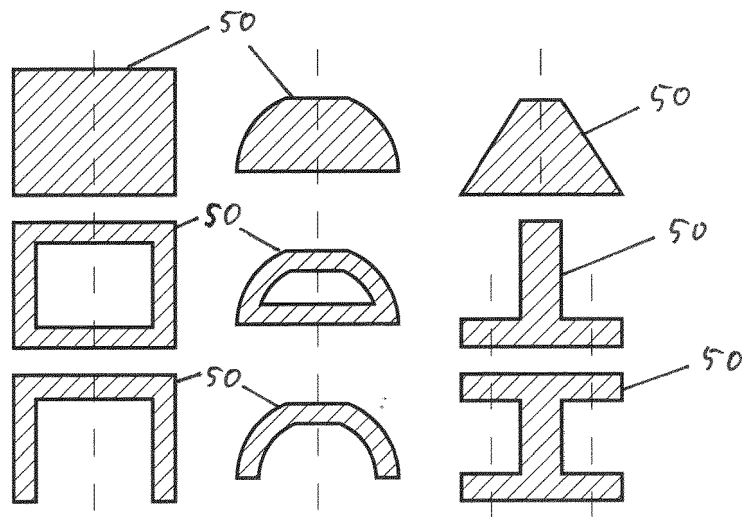


Fig. 9

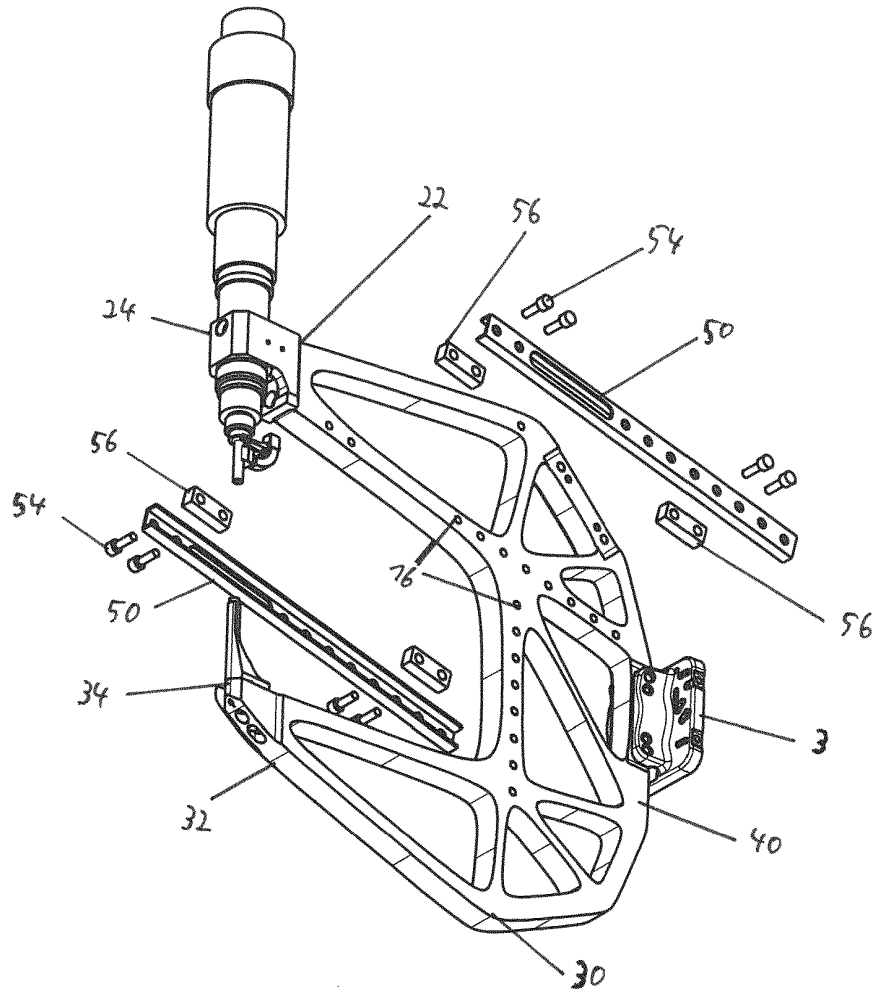


Fig. 10

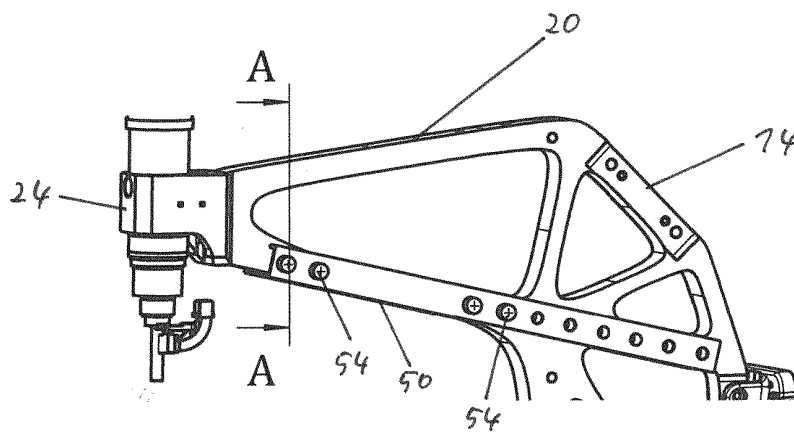


Fig. 11

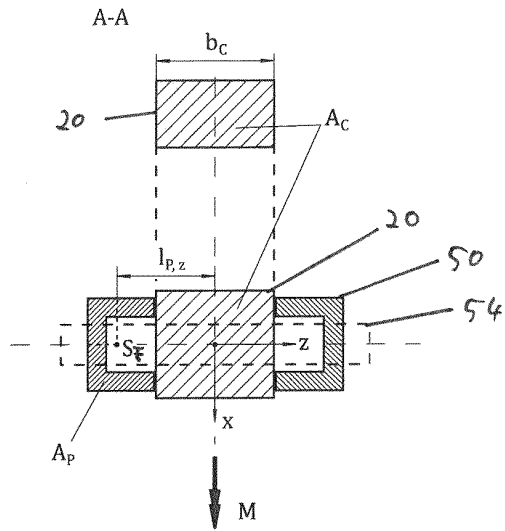


Fig. 12

7

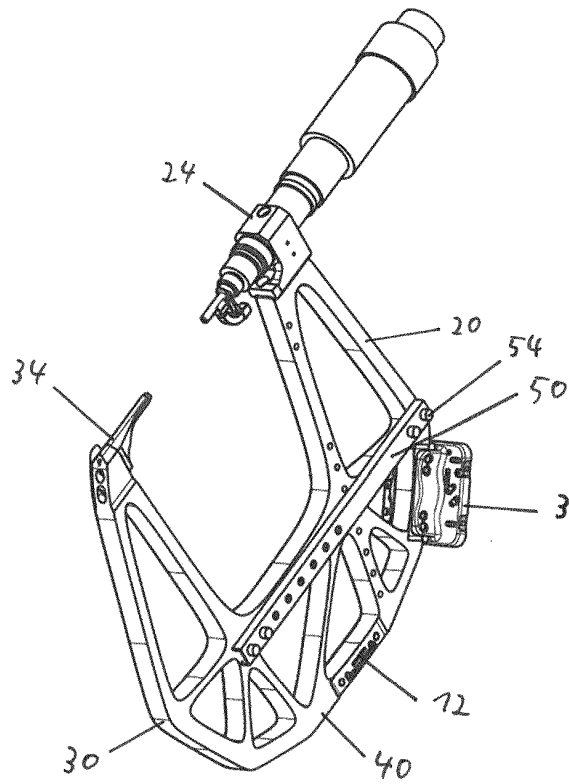


Fig. 13

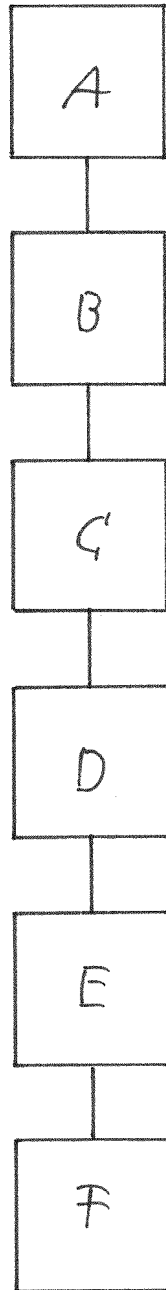


Fig. 14

**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**

- DE 102007020166 A1 [0005] [0080]
- EP 1119439 A1 [0012]