



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.11.2021 Patentblatt 2021/45

(51) Int Cl.:
B21F 1/00 (2006.01) **B21D 7/024 (2006.01)**
B21D 7/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21169811.3**

(22) Anmeldetag: **22.04.2021**

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

- **Laab, Timo**
72810 Gomaringen (DE)
- **Schönfeld, Rainer**
72793 Pfullingen (DE)
- **Hacker, Franz**
72827 Wannweil (DE)
- **Griffin, John**
Davenport, IA 52807 (US)

(30) Priorität: **08.05.2020 DE 102020205845**

(74) Vertreter: **Patentanwälte**
Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster & Partner mbB
Kronenstraße 30
70174 Stuttgart (DE)

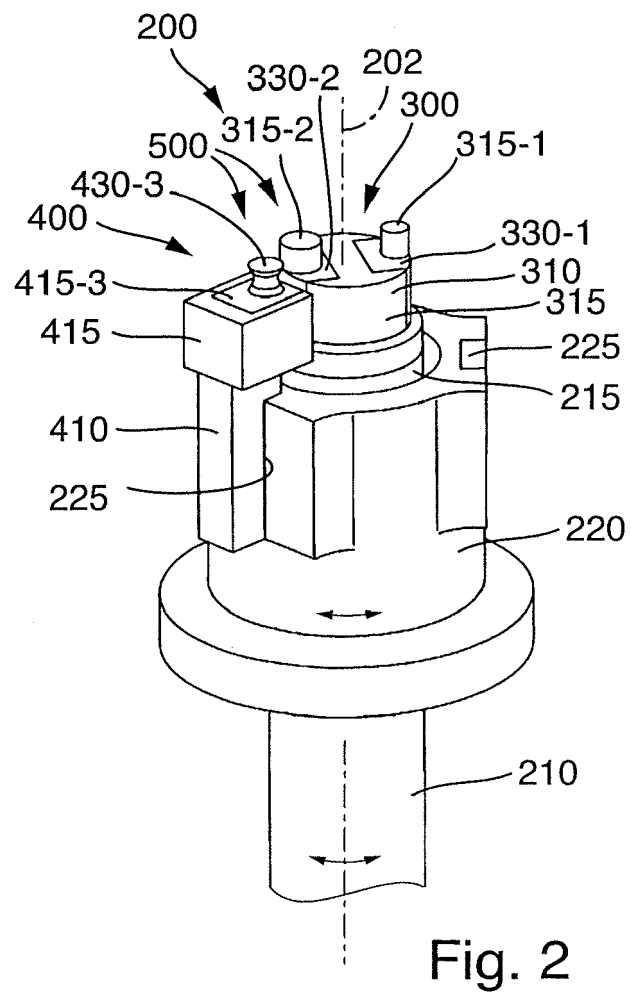
(71) Anmelder: **WAFIOS Aktiengesellschaft**
72764 Reutlingen (DE)

(72) Erfinder:
• **Eissler, Michael**
72116 Mössingen (DE)

(54) **WERKZEUGSET MIT WERKZEUGKOMPONENTEN ZUM KONFIGURIEREN VON BIEGEWERKZEUGEN**

(57) Ein Werkzeugset hat eine Vielzahl von Werkzeugkomponenten zum Konfigurieren von zweiteiligen Biegewerkzeugen (500) unterschiedlicher Wirkgeometrie zur Verwendung in einem Biegekopf (200) einer Biegemaschine (100). Der Biegekopf (200) weist einen ersten Werkzeugträger (210) und einen zweiten Werkzeugträger (220) auf, wobei der erste Werkzeugträger (210) mittels eines ersten Antriebs um eine Biegekopfachse (202) drehbar ist und eine erste Werkzeugaufnahme (215) zur Aufnahme eines ersten Werkzeugs (300) eines Biegewerkzeugs (500) aufweist und der zweite Werkzeugträger (310) mittels eines zweiten Antriebs relativ zum ersten Werkzeugträger um die Biegekopfachse (202) herum drehbar ist und eine exzentrisch zur Biegekopfachse angeordnete zweite Werkzeugaufnahme (225) zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugs (400) des Biegewerkzeugs aufweist. Das Werkzeugset umfasst mindestens einen ersten Grundkörper (310), der einen zur ersten Werkzeugaufnahme passenden Befestigungsabschnitt und eine Grundkörperachse aufweist, die bei in der ersten Werkzeugaufnahme befestigtem ersten Grundkörper koaxial zur Biegekopfachse (202) verläuft, wobei der erste Grundkörper (310) weiterhin ei-

nen Einsatzträgerabschnitt (315) aufweist, an dem exzentrisch zur Grundkörperachse eine erste Einsatzaufnahme zur Aufnahme eines ersten Werkzeugeinsatzes (330-1) und winkelfersetzt dazu eine zweite Einsatzaufnahme zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugeinsatzes (330-2) ausgebildet sind; sowie mindestens ein zweiten Grundkörper (410), der einen zur zweiten Werkzeugaufnahme (225) passenden Befestigungsabschnitt und einen Einsatzträgerabschnitt (415) aufweist, an dem eine dritte Einsatzaufnahme zur Aufnahme eines dritten Werkzeugeinsatzes (430-3) ausgebildet ist. Im Werkzeugset sind wenigstens drei Werkzeugeinsätze (330-1, 330-2, 430-3) vorhanden, die jeweils einen Befestigungsabschnitt zur Befestigung des Werkzeugeinsatzes an einer der Einsatzaufnahmen und einen Angriffsabschnitt (315-1, 315-2, 415-3) mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an einem zu biegenden Draht oder Rohr aufweisen, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen Radius bezogen auf eine Angriffsabschnittsachse aufweist.



Beschreibung

ANWENDUNGSGEBIET UND STAND DER TECHNIK

- 5 **[0001]** Die Erfindung betrifft ein Werkzeugset mit einer Vielzahl von Werkzeugkomponenten zum Konfigurieren von zweiteiligen Biegewerkzeugen unterschiedlicher Wirkgeometrie zur Verwendung in einem Biegekopf einer Biegemaschine sowie ein mithilfe von Werkzeugkomponenten des Werkzeugsets konfigurierbares zweiteiliges Biegewerkzeug.
- 10 **[0002]** Biegemaschinen sind computernumerisch gesteuerte, mehrachsige Werkzeugmaschinen, die mit Hilfe geeigneter Werkzeuge in einem automatischen Fertigungsprozess kleinere oder größere Serien von Formteilen aus langgestrecktem Halbzeug, insbesondere Draht oder Rohr, mit teilweise komplexer Geometrie überwiegend durch Umformen erzeugen können.
- 15 **[0003]** Eine Biegemaschine der in dieser Anmeldung betrachteten Art ist mit einem Biegesystem ausgestattet, welches einen mehrteiligen Biegekopf aufweist, der einen ersten Werkzeugträger und einen davon gesonderten zweiten Werkzeugträger aufweist. Der erste Werkzeugträger ist mittels eines ersten Antriebs um eine Biegekopfachse drehbar und weist eine erste Werkzeugaufnahme zur Aufnahme des ersten Werkzeugteils eines zweiteiligen Biegewerkzeugs auf. Der zweite Werkzeugträger ist mittels eines zweiten Antriebs relativ zum ersten Werkzeugträger um die Biegekopfachse herum drehbar ist und weist eine exzentrisch zur Biegekopfachse angeordnete zweite Werkzeugaufnahme zur Aufnahme des zweiten Werkzeugteils des Biegewerkzeugs auf.
- 20 **[0004]** Um den Biegekopf für einen bestimmten Biegeprozess einzurichten, wird ein passendes zweiteiliges Biegewerkzeug verwendet, das ein erstes Werkzeugteil und ein davon gesondertes zweites Werkzeugteil umfasst. Das erste Werkzeugteil ist zur Befestigung in der ersten Werkzeugaufnahme ausgebildet und weist an seiner Oberseite zwei Angriffsabschnitte zum Angreifen an gegenüberliegenden Seiten eines zu biegenden Halbzeugs auf. Das zweite Werkzeugteil ist zur Befestigung in der zweiten Werkzeugaufnahme ausgebildet und weist an seiner Oberseite einen Angriffsabschnitt zum Angreifen an dem zu biegenden Halbzeug auf. Die Angriffsabschnitte haben in der Regel jeweils
- 25 eine im Wesentlichen rotationssymmetrische Außenkontur. Wenn die beiden Werkzeugteile in ihrer zugehörigen Werkzeugaufnahme eingesetzt und dort betriebsbereit befestigt sind, liegen die drei Angriffsabschnitte in einer gemeinsamen Ebene. Die beiden Angriffsabschnitte des ersten Werkzeugteils können z.B. an gegenüberliegenden Seiten exzentrisch zur Biegekopfachse liegen, der dritte Angriffsabschnitt weiter außen in größerem radialen Abstand zu dieser.
- 30 **[0005]** Mithilfe eines derartigen Biegesystems kann eine Biegeoperation an einem Draht z.B. wie folgt ablaufen. Zunächst wird derjenige Abschnitt des Drahts, in welchem eine Biegung erzeugt werden soll, in den Zwischenraum zwischen den beiden Angriffselementen des ersten Werkzeugteils gebracht. Der lichte Abstand zwischen den Angriffsabschnitten ist dazu mindestens so groß wie der Drahtdurchmesser. Dann wird das erste Werkzeugteil gedreht, bis die beiden Angriffsabschnitte an gegenüberliegenden Seiten an dem Drahtabschnitt anliegen, ohne diesen zu verbiegen. Der Drahtabschnitt läuft dabei noch gerade in seiner Drahtzuführrichtung durch den Zwischenraum. Zur Erzeugung einer
- 35 Biegung wird dann der zweite Werkstückhalter gegenüber dem nun nicht mehr drehenden ersten Werkstückhalter gedreht. Beim Drehen des zweiten Werkzeughalters um die Biegekopfachse wird dann ein umzubiegender Abschnitt des Drahts von dem Angriffsabschnitt des zweiten Werkzeugteils (Biegestift) ergriffen und um einen der beiden inneren Angriffsabschnitte herum gebogen. Der wirksame Radius des innenliegenden Angriffsabschnitts bestimmt dabei den Biegeradius (Krümmungsradius) der erzeugten Biegung, während der Drehwinkel des zweiten Werkzeugteils bei der Biegeoperation den Biegewinkel bestimmt. Der andere der beiden Angriffsabschnitte des ersten Werkzeugteils dient dabei als Gegenhalter, der die Biegekräfte aufnimmt und ein seitliches Ausweichen des Drahts an der der Angriffsstelle des Biegestifts fernen Seite des Biegedorns verhindert. Analog sind die Verhältnisse beim Biegen von Rohr.
- 40 **[0006]** Die funktionalen Rollen der drei Angriffsabschnitte können vertauscht werden. In jedem Fall dient einer der Angriffsabschnitte als passives Element, dessen wirksamer Radius den Biegeradius bestimmt, ein anderer Angriffsabschnitt als weiteres passives Element, das die Gegenhalterfunktion übernimmt, und der dritte Angriffsabschnitt als aktives, während der Biegeoperation bewegtes Element, welches die Biegekräfte einbringt.
- 45 **[0007]** Biegemaschinen sind in der Regel dazu ausgelegt, Drähte oder Rohre unterschiedlicher Durchmesser aus einem gewissen Durchmesserspektrum (dem Arbeitsbereich der Biegemaschine) zu biegen. Auch die Querschnittsformen können unterschiedlich sein, so dass z.B. runde Querschnitte oder polygonale Querschnitte gebogen werden können. In den meisten Anwendungsfällen sollen solche Biegemaschinen im Laufe der Zeit dazu benutzt werden, eine Vielzahl von Biegeteilen mit unterschiedlichen Biegegeometrien aus Drähten oder Rohren mit unterschiedlichen Durchmessern zu erzeugen. Ein Wechsel zwischen Biegewerkzeugen unterschiedlicher Wirkgeometrie ist dabei z.B. meist dann erforderlich, wenn von einem Durchmesser des Halbzeugs auf einen anderen Durchmesser übergegangen werden soll und/oder wenn der Biegeradius der zu erzeugenden Biegungen verändert werden soll.
- 50 **[0008]** Wenn bei einem Anwender eine größere Vielfalt unterschiedlicher Biegeteile erzeugt werden soll, müssen entsprechend viele Werkzeugteile für Biegewerkzeuge unterschiedlicher Wirkgeometrie vorgehalten werden, um bei Bedarf eingewechselt werden zu können. Dies bedeutet für einen Anwender unter Umständen eine höhere Investition in Biegewerkzeuge, die gegebenenfalls nur selten genutzt werden und/oder ggf. Verzögerungen, wenn kurzfristig um-

gestellt werden soll und Lieferzeiten zu berücksichtigen sind.

AUFGABE UND LÖSUNG

- 5 **[0009]** Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, dem Anwender einer Biegemaschine eine kostengünstige Möglichkeit zu bieten, mit einer Biegemaschine eine große Vielfalt unterschiedlicher Biegegeometrien aus Draht oder Rohr unterschiedlicher Durchmesser erzeugen zu können.
- [0010]** Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung ein Werkzeugset mit den Merkmalen von Anspruch 1 bereit. Weiterhin wird ein zweiteiliges Biegewerkzeug mit den Merkmalen von Anspruch 11 bereitgestellt. Vorteilhafte Weiter-
- 10 bildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.
- [0011]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung stellt die Erfindung ein Werkzeugset mit einer Vielzahl von Werkzeugkomponenten zum Konfigurieren von zweiteiligen Biegewerkzeugen mit unterschiedlichen Wirkgeometrien bereit, die zur Verwendung in einem mehrteiligen Biegekopf einer Biegemaschine geeignet und bestimmt sind. Der Biegekopf
- 15 hat einen ersten Werkzeugträger und einen zweiten Werkzeugträger. Der erste Werkzeugträger ist mittels eines ersten Antriebs um eine Biegekopfachse drehbar und weist eine erste Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines ersten Werkzeugteils eines Biegewerkzeugs auf. Der zweite Werkzeugträger ist mittels eines zweiten Antriebs relativ zum ersten Werkzeugträger um die Biegekopfachse herum drehbar und weist eine exzentrisch zur Biegekopfachse angeordnete zweite Werkzeugaufnahme zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugteils des Biegewerkzeugs auf. Die Werkzeugträger
- 20 sind also koaxial drehbar und nehmen jeweils eines der Werkzeugteile eines zweiteiligen Biegewerkzeugs auf.
- [0012]** Das Werkzeugset umfasst mehrere Werkzeugkomponenten, die dazu genutzt werden können, zweiteilige Biegewerkzeuge unterschiedlicher Wirkgeometrie zu konfigurieren. Das Werkzeugset umfasst mindestens einen ersten Grundkörper, der einen zur ersten Aufnahme passenden Befestigungsabschnitt und eine Grundkörperachse aufweist, die bei in der ersten Aufnahme befestigtem ersten Grundkörper koaxial zur Biegekopfachse verläuft. Der erste Grund-
- 25 körper hat außerdem einen Einsatzträgerabschnitt, an dem exzentrisch zur Grundkörperachse eine erste Einsatzaufnahme zur Aufnahme eines ersten Werkzeugeinsatzes und winkelfersetzt zur ersten Einsatzaufnahme, ebenfalls exzentrisch zur Grundkörperachse, eine zweite Einsatzaufnahme, die zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugeinsatzes ausgebildet ist.
- [0013]** Vorzugsweise sind genau zwei Einsatzaufnahmen am ersten Grundkörper vorgesehen. Bei dem ersten Grundkörper kann es sich um eine einteilige Werkzeugkomponente handeln, so dass der Befestigungsabschnitt und der Einsatzträgerabschnitt am gleichen Materialstück, beispielsweise aus Werkzeugstahl, ausgebildet sind. Ein mehrteiliger
- 30 Aufbau ist jedoch auch möglich.
- [0014]** Das Werkzeugset umfasst weiterhin einen zweiten Grundkörper, der einen zur zweiten Aufnahme passenden Befestigungsabschnitt und einen Einsatzträgerabschnitt aufweist, an dem eine dritte Einsatzaufnahme zur Aufnahme eines dritten Werkzeugeinsatzes ausgebildet ist. Auch hier kann der zweite Grundkörper einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein. Er hat vorzugsweise nur genau eine dritte Einsatzaufnahme.
- 35 **[0015]** Das Werkzeugset umfasst wenigstens drei Werkzeugeinsätze, die jeweils einen Befestigungsabschnitt zur Befestigung des Werkzeugeinsatzes an einer der Einsatzaufnahmen und einen Angriffsabschnitt mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an einem zu biegenden Draht oder Rohr aufweisen, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen Radius bezogen auf eine Angriffsabschnittsachse aufweist.
- 40 **[0016]** Vorzugsweise umfasst das Werkzeugset deutlich mehr als drei Werkzeugeinsätze, um viele unterschiedlich dimensionierte zweiteilige Biegewerkzeuge konfigurieren zu können. Beispielsweise können zwei, drei, vier oder mehr erste Werkzeugeinsätze, zwei, drei, vier oder mehr zweite Werkzeugeinsätze und zwei, drei, vier oder mehr dritte Werkzeugeinsätze unterschiedlicher Geometrie vorhanden sein. Das Werkzeugset kann beispielsweise mindestens
- 45 zehn oder mindestens zwanzig oder mindestens dreißig oder mindestens vierzig oder mehr Werkzeugeinsätze unterschiedlicher Geometrie umfassen. Das Werkzeugset kann auch zwei oder mehr erste Werkzeugeinsätze mit zueinander identischer Geometrie und/oder zwei oder mehr zweite Werkzeugeinsätze mit zueinander identischer Geometrie und/oder zwei oder mehr dritte Werkzeugeinsätze mit zueinander identischer Geometrie enthalten. Häufig gibt es auch jeweils mindestens zwei unterschiedlich dimensionierte erste und zweite Grundkörper.
- 50 **[0017]** Der Grundkörper bildet dabei jeweils die tragende Komponente eines Werkzeugteils. Im zusammengebauten Zustand eines zweiteiligen Biegewerkzeugs trägt der erste Grundkörper einen ersten und einen zweiten Werkzeugeinsatz und bildet damit das erste Werkzeugteil, während der zweite Grundkörper einen dritten Werkzeugeinsatz trägt und gemeinsam mit diesem den zweiten Werkzeugteil des Biegewerkzeugs bildet.
- [0018]** Im Rahmen dieser Anmeldung werden die beiden exzentrischen Angriffsabschnitte des ersten Werkzeugteils gelegentlich als "Biegedorne" bezeichnet, während der Angriffsabschnitt des zweiten Werkzeugteils gelegentlich als
- 55 "Biegestift" bezeichnet wird.
- [0019]** Bei einem zweiteiligen Biegewerkzeug, welches mithilfe von Werkzeugkomponenten des Werkzeugsets zusammengebaut werden kann, ist in der ersten Einsatzaufnahme ein erster Werkzeugeinsatz befestigt, der einen ersten

Angriffsabschnitt mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an dem zu biegenden Draht oder Rohr aufweist, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen ersten Radius bezogen auf eine erste Angriffsabschnittsachse aufweist. In der zweiten Einsatzaufnahme ist ein zweiter Werkzeugeinsatz befestigt, der einen zweiten Angriffsabschnitt mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an dem zu biegenden Draht oder Rohr aufweist, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen zweiten Radius bezogen auf eine zweite Angriffsabschnittsachse aufweist. Weiterhin ist in der dritten Einsatzaufnahme ein dritter Werkzeugeinsatz befestigt, der einen dritten Angriffsabschnitt mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an dem zu biegenden Draht oder Rohr aufweist, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen dritten Radius bezogen auf eine dritte Angriffsabschnittsachse aufweist.

[0020] Es handelt sich also um ein modulares zweiteiliges Biegewerkzeug, für dessen Aufbau fünf voneinander gesonderte Werkzeugkomponenten benutzt werden, nämlich der erste und der zweite Grundkörper sowie ein erster Werkzeugeinsatz, ein zweiter Werkzeugeinsatz und ein dritter Werkzeugeinsatz. Diese können von einem Bediener in geeigneter Kombination ausgewählt werden, um ein Biegewerkzeug mit der gewünschten Wirkgeometrie zusammenzubauen.

[0021] Die Erfinder haben erkannt, dass es vorteilhaft sein kann, bestimmte Auswahlkriterien einzuhalten, die sich einerseits am Durchmesser des zu biegenden Drahts oder Rohrs und andererseits an der gewünschten Biegegeometrie orientieren. Gemäß einer Weiterbildung ist das Biegewerkzeug zum Biegen eines Drahts oder Rohrs mit einem Durchmesser DD ausgelegt und die Grundkörper (erster und zweiter Grundkörper) sowie die Werkzeugeinsätze (erster, zweiter und dritter Werkzeugeinsatz) werden derart ausgewählt bzw. sind derart aufeinander abgestimmt, dass im montierten Zustand ein erster lichter Abstand A1 zwischen den Umfangsflächen des ersten und des zweiten Angriffsabschnitts mindestens dem Zweifachen des Durchmessers DD entspricht, so dass die $A1 \geq 2 \cdot DD$ (erste Bedingung) gilt. Weiterhin sollte gemäß einer zweiten Bedingung ein zweiter lichter Abstand A2 zwischen einem äußeren Tangentenkreis an dem ersten und zweiten Angriffsabschnitt und der Umfangsfläche des dritten Angriffsabschnitts größer als der Durchmesser DD sein. Günstige Werte können im Bereich von 110% bis 150% des Durchmessers DD liegen. Weiterhin sollte gemäß einer dritten Bedingung der Radius R1 des ersten Angriffsabschnitts und der Radius R2 des zweiten Angriffsabschnitts jeweils wenigstens die Hälfte des Durchmessers DD betragen.

[0022] Bei Einhaltung der ersten Bedingung (lichter Abstand A1) kann erreicht werden, dass der gewünschte Durchmesser des Halbzeugs zwischen die ersten und zweiten Angriffsabschnitte passt und zu Beginn des Biegeeingriffs die Angriffsstellen des ersten und zweiten Angriffsabschnitts an gegenüberliegenden Seiten des Halbzeugs so weit auseinanderliegen, dass ein ausreichend langer Hebelarm für die Biegeoperation zur Verfügung steht und die Biegekraft zuverlässig aufgebracht werden kann. Der lichte Abstand sollte nicht deutlich kleiner als der Mindestabstand sein, da ansonsten die Kraft auf die Angriffsabschnitte (Biegedorne) zu hoch werden kann und die Gefahr eines Bruchs besteht. Zusätzlich können dadurch Abdrücke auf dem Draht oder Rohr durch zu hohe Kräfte vermindert werden.

[0023] Wird bei der zweiten Bedingung (für den zweiten lichten Abstand A2) die untere Grenze unterschritten, so kann es sein, dass der Draht oder das Rohr bei der Biegeoperation zwischen einem Biegedorn und dem Biegestift (dritter Angriffsabschnitt) eingeklemmt wird. Wird der zweite lichte Abstand dagegen zu groß, so kann die über den Biegestift (dritter Angriffsabschnitt) eingebrachte Kraft unter Umständen zu einer Verbiegung des Halbzeugs zwischen der eigentlich gewünschten Biegestelle und dem Angriffspunkt des dritten Angriffsabschnitts an dem Halbzeug liegen, so dass die Biegegeometrie ungenau wird.

[0024] Die dritte Bedingung (bezüglich der Radien R1 und R2) berücksichtigt, dass der Durchmesser auch die kleinsten zuverlässig zu erzeugenden Biegeradien bestimmt. Der Radius eines Biegedorns sollte danach mindestens der Hälfte des Durchmessers des zu biegenden Halbzeugs entsprechen, um eine ausreichende Sicherheit gegen Bruch des Biegedorns (Angriffsabschnitts) zu gewährleisten.

[0025] Die Einhaltung der Bedingungen stellt also eine zuverlässige Funktion des Biegewerkzeugs sicher, wobei einerseits das Biegeteil die gewünschte Geometrie mit hoher Präzision erreichen kann und andererseits die Komponenten des Biegewerkzeugs dauerhaft sicher funktionieren können und nicht beschädigt werden.

[0026] Die erste Einsatzaufnahme und die zweite Einsatzaufnahme am ersten Grundkörper liegen jeweils winkelfersetzt zueinander exzentrisch zur Grundkörperachse. Bei bevorzugten Ausführungsformen sind die erste Einsatzaufnahme und die zweite Einsatzaufnahme an diametral gegenüberliegenden Seiten des Einsatzträgerabschnitts angeordnet. Dadurch ergibt sich abhängig von den gewählten Radien R1 und R2 ein besonders großer erster lichter Abstand A1, so dass große Flexibilität bezüglich der verarbeitbaren Durchmesser des Halbzeugs geschaffen wird. Ein Winkelversatz der beiden Einsatzaufnahmen von weniger als 180° bzw. mehr als 180° ist jedoch auch möglich.

[0027] Vorzugsweise sind die erste Einsatzaufnahme und die zweite Einsatzaufnahme in Form von zur radialen Außenseite offenen Aufnahmeausnehmungen ausgebildet. Derartige Aufnahmeausnehmungen können beispielsweise in Form von Frästaschen mithilfe von Fräsoperationen einfach gefertigt werden. Außerdem erlaubt die seitliche Anbringung einen einfachen Austausch und eine einfache Befestigung mit festem Sitz der Werkzeugeinsätze in den Einsatzaufnahmen. Bei der Fertigung von Grundkörpern kann über den Abstand der Aufnahmeausnehmungen der Abstandsbereich für den ersten lichten Abstand zwischen den exzentrischen Angriffsabschnitten am ersten Grundkörper einfach festgelegt werden. Alternativ wäre es möglich, stirnseitig am Grundkörper Einsatzaufnahmen anzubringen.

[0028] Bei bevorzugten Ausführungsformen sind die erste Einsatzaufnahme und die zweite Einsatzaufnahme funktional identisch ausgelegt, so dass jeder erste oder zweite Werkzeugeinsatz in jede der ersten und zweiten Einsatzaufnahmen mit festem Sitz aufnehmbar ist. Die Einsatzaufnahmen können identische Geometrie haben. Durch funktionale Identität der Einsatzaufnahmen wird die Flexibilität bei der Auswahl der Werkzeugkomponenten und damit die Flexibilität bei den möglichen Werkzeuggeometrien besonders groß.

[0029] Um Verwechslungen beim Zusammenbau des Biegewerkzeugs zu vermeiden, ist vorzugsweise vorgesehen, dass erste und zweite Werkzeugeinsätze inkompatibel mit der dritten Einsatzaufnahme sind und dass jeder dritte Werkzeugeinsatz inkompatibel mit der ersten und der zweiten Einsatzaufnahme ist. Damit sind Verwechslungen konstruktiv ausgeschlossen.

[0030] Bei manchen Ausführungsformen ist vorgesehen, dass die ersten und zweiten Werkzeugeinsätze derart an den Einsatzträgerabschnitt und die erste und zweite Einsatzaufnahme angepasst sind, dass ein radial außen liegender Bereich der Umfangsfläche jedes Angriffsabschnitts unabhängig vom wirksamen Radius des Angriffsabschnitts immer denselben radialen Abstand zur Grundkörperachse aufweist, wenn ein Werkzeugeinsatz in einer Einsatzaufnahme befestigt ist. Die radial außen liegenden Bereiche der Umfangsfläche tangieren also jeweils einen coaxial zur Grundkörperachse liegenden Tangentenkreis. Damit ist der "Flugkreis", den die radial außen liegenden Bereiche der Angriffsabschnitte am ersten Werkzeugteil definieren, für alle mit einem bestimmten ersten Grundkörper erzielbaren Werkzeugkonfigurationen der gleiche. Damit ist jeweils der gleiche geometrische Bezug zum radial weiter außen liegenden dritten Angriffsabschnitt geschaffen.

[0031] Besonders stabil werden die zusammengebauten Biegewerkzeuge dann, wenn der erste und der zweite Werkzeugeinsatz derart an den Einsatzträger und die erste und zweite Einsatzaufnahme angepasst sind, dass sich radiale Außenflächen des Einsatzträgerabschnitts und der eingesetzten Werkzeugeinsätze zu einer im Wesentlichen kreiszylindrischen Außenfläche ergänzen. Dadurch kann auch erreicht werden, dass die Biegedorne möglichst weit außen sitzen und der Abstand A2 und somit der Abstand aufeinanderfolgender Biegungen möglichst klein gehalten werden kann.

[0032] Es ist möglich, eine einfache Ausführung eines Werkzeugsets mit nur einem einzigen ersten Grundkörper sowie einem oder mehreren zweiten Grundkörpern aufzubauen. Vorzugsweise weist das Werkzeugset jedoch mehrere erste Grundkörper auf. Vorzugsweise umfasst das Werkzeugset genau drei unterschiedlich dimensionierte erste Grundkörper. Dadurch bleibt einerseits die Zahl unterschiedlicher erster Grundkörper für einen Bediener überschaubar. Andererseits lassen sich damit jedoch für die meisten Biegemaschinen in deren Arbeitsbereich in feiner Teilung fast alle möglichen Biegegeometrien konfigurieren. Es ist also ein guter Kompromiss zwischen Kosten der Herstellung, Überschaubarkeit für einen Bediener und Flexibilität bei den konfigurierbaren Wirkgeometrien geschaffen.

[0033] Vorzugsweise besitzen alle Grundkörper die gleichen (gleich dimensionierten) Aufnahmeausnehmungen, z. B. Frästaschen, so dass die Werkzeugeinsätze universell an allen Grundkörpern verwendbar sind.

[0034] Besonders bedienerfreundlich sind manche Ausführungsformen dadurch, dass ein Werkzeugkonfigurations-Hilfesystem zur Unterstützung eines Bedieners bei der Auswahl von Werkzeugkomponenten zum Konfigurieren des Biegewerkzeugs bereitgestellt wird, worin für jeden Durchmesser des Halbzeugs aus einer vorgegebenen Gruppe unterschiedlicher Durchmesser aus einem Arbeitsbereich der Biegemaschine in Abhängigkeit vom gewünschten ersten Radius und zweiten Radius genau ein zugeordneter erster Grundkörper aus einer Gruppe mit mehreren ersten Grundkörpern identifizierbar ist. Diese Bedienerhilfe kann auf unterschiedliche Weisen realisiert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, einem Bediener in Papierform und/oder elektronisch eine Tabelle zur Verfügung zu stellen, in der ein Anwender abhängig vom gewünschten Durchmesser des Halbzeugs und den Biegeradien den richtigen jeweils zu wählenden ersten Grundkörpers angezeigt bekommt. Es ist auch möglich, das Werkzeugkonfigurations-Hilfesystem in die Steuerung der Biegemaschine zu integrieren. Dann kann der Anwender die gewünschte Kombination aus Biegeradien und Durchmesser an der Bedieneinheit der Steuerung eingeben und erhält eine Anzeige, die ihm die richtige Größe des ersten Grundhalters anzeigt. Vorzugsweise sind Konstellationen von Durchmessern des Halbzeugs und Biegeradien, die nicht ausgewählt werden können oder zum Beispiel aufgrund zu hoher Kräfte oder zu geringer Abstände nicht gewählt werden sollten, in der Tabelle oder einer anderen Darstellungsform des Werkzeugkonfigurations-Hilfesystems klar gekennzeichnet, beispielsweise durch eine rote Markierung in einer Tabelle oder eine Warnanzeige an der Anzeigeeinheit der Steuereinheit.

[0035] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Einrichten eines Biegekopfs einer Biegemaschine durch Befestigen von separaten Werkzeugteilen eines zweiteiligen Biegewerkzeugs an einem ersten und einem zweiten Werkzeugträger des Biegekopfs. Bei dem Biegewerkzeug handelt es sich dabei um ein modulares Biegewerkzeug der in dieser Anmeldung beschriebenen Art. Die zum Zusammenbau des zweiteiligen Biegewerkzeugs erforderlichen Werkzeugkomponenten können dem Werkzeugset entnommen werden.

[0036] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Konfigurieren eines zweiteiligen Biegewerkzeugs mit einem ersten und einem zweiten Werkzeugteil zur Verwendung an einem Biegekopf einer Biegemaschine. Dabei werden Werkzeugkomponenten des Biegewerkzeugs in geeigneter Kombination aus Werkzeugkomponenten des Werkzeugsets ausgewählt und das Biegewerkzeug damit zusammengebaut.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0037] Weitere Vorteile und Aspekte der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen und aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung, die nachfolgend anhand der Figuren erläutert sind.

- Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Biegemaschine mit einem Biegekopf, an dem Werkzeugteile eines zweiteiligen Biegewerkzeugs montiert werden können;
- Fig. 2 zeigt eine isometrische Ansicht des Biegekopfs mit montierten Werkzeugkomponenten eines zweiteiligen Biegewerkzeugs;
- Fig. 3 zeigt eine isometrische Ansicht des ersten und des zweiten Werkzeugteils ohne die zu ihrer Aufnahme vorgesehenen Werkzeugaufnahmen;
- Fig. 4 zeigt eine Draufsicht auf das zweiteilige Biegewerkzeug parallel zur Biegekopfachse;
- Fig. 5A und 5B zeigen jeweils Werkzeugeinsätze des ersten Werkzeugteils;
- Fig. 6 zeigt ein Beispiel für einen dritten Werkzeugeinsatz;
- Fig. 7A, 7B und 7C zeigen drei unterschiedlich dimensionierte erste Grundkörper und drei unterschiedlich dimensionierte zweite Grundkörper eines Werkzeugsets;
- Fig. 8 zeigt schematisch ein Beispiel eines Werkzeugkonfigurations-Hilfesystems in Form einer Tabelle.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

[0038] Nachfolgend werden Aspekte und Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand des Biegens von drahtförmigem Halbzeug aus Metall, also Draht, erläutert.

[0039] In Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer Drahtverformungsmaschine in Form einer Biegemaschine 100 zur Herstellung von zweidimensional oder dreidimensional gebogenen Biegeteilen aus Draht 190 gezeigt. Die Biegemaschine hat 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 zu einer Einzugsrichtung, in der das zu biegende Material mithilfe einer Einzugseinrichtung 160 einer nachgeschalteten Biegeeinrichtung 150 zugeführt wird.

[0040] Von den Koordinatenachsen des Maschinenkoordinatensystems sind die später noch erwähnten geregelt angetriebenen Maschinenachsen zu unterscheiden, die mit Großbuchstaben (zum Beispiel A-Achse, Z-Achse etc.) bezeichnet werden. Eine nicht dargestellte Steuerungseinheit der Biegemaschine ist im Maschinenkörper verbaut und steuert und koordiniert die Arbeitsbewegungen aller Maschinenachsen.

[0041] Das umzuformende Ausgangsmaterial (Draht 190), wird mithilfe einer Einzugseinrichtung 160 durch die Biegemaschine gezogen. Die Einzugseinrichtung dient zum Zuführen des Drahts von einem Materialvorrat. Die Einzugs-einrichtung kann z.B. als Rolleneinzug oder Riemeneinzug ausgestaltet sein. Die Einzugseinrichtung ist beim Ausführungsbeispiel auf parallel zur x-Richtung verlaufenden Führungsschienen geführt und mittels eines Verschiebungsantriebs (V-Achse) parallel zur x-Richtung axial verschiebbar. Diese Verschiebbarkeit kann bei anderen Ausführungsformen auch entfallen.

[0042] Bevor der Draht 190 in die Einzugseinrichtung eintritt, passiert der Draht eine Richteinheit, die im Beispielsfall eine Anzahl von versetzt angeordneten Rollen aufweist.

[0043] Für viele Biegeteile werden Biegungen in unterschiedlichen, im Winkel zueinander stehenden Biegeebenen benötigt, so dass die resultierenden Biegeteile dreidimensional gebogen sind. Um dies ohne komplizierten Aufbau der Biegeeinrichtung zu ermöglichen, ist bei der Biegemaschine des Ausführungsbeispiels vorgesehen, dass die Einzugs-einrichtung 160 um die Einzugsachse in beiden Drehrichtungen drehbar ist. Dadurch kann auf einfache Weise zwischen einzelnen Biegeoperationen ein Wechsel zwischen Biegeebenen durchgeführt werden.

[0044] Zum Erzeugen von Biegungen an dem Draht 190 durch Umformung ist eine numerisch gesteuerte Biegeeinrichtung 150 vorgesehen. Im Biegebereich wird der Draht mithilfe eines CNC-gesteuerten Biegekopfs 200 der Biegeeinrichtung in die gewünschte Form gebogen. Optional kann ein CNC-gesteuerter Auflagetisch 180 vorgesehen sein, um längere Materialabschnitte beim Biegen zu unterstützen.

[0045] Die Komponenten der Biegeeinrichtung 150 tauchen beim Wechsel der Biegeebenen in Biegekopf-Achsrichtung (Z-Achse) senkrecht zur x-Richtung weg, um nach dem Wechsel der Biegeebene wieder in den Draht eingreifen

zu können. Die Z-Achse hat im Beispielsfall einen winkligen Versatz zur z-Richtung um ca. 20°. Beim Ausführungsbeispiel werden die Einzugseinrichtung 160 und die vorgeschaltete Richteinrichtung mithilfe eines Servomotors einer entsprechenden Maschinenachse (A-Achse) gedreht.

[0046] Zwischen dem Biegebereich mit dem Biegekopf 200 der Biegeeinrichtung 150 und der Einzugseinrichtung 160 ist eine Schnitteinrichtung 170 montiert, die dafür vorgesehen ist, das fertige Biegeteil (nach Abschluss aller Biegeoperationen) und ggf. einer oder mehrerer Verdreh-Operationen von dem zugeführten Material abzutrennen. Die Abtauchbewegung mittels der Z-Achse kann auch zur Durchführung des Schnitts vorgesehen sein.

[0047] Der Biegekopf 200 der Biegeeinrichtung 150 ist in Fig. 2 besonders gut zu erkennen. Der Biegekopf 200 hat zwei unabhängig voneinander drehbare Werkzeugträger. Der erste Werkzeugträger 210 kann mithilfe eines nicht dargestellten Antriebs (beispielsweise Servoantrieb) um die Biegekopfachse 202 gedreht werden. Der erste Werkzeugträger 210 umfasst eine drehbare Welle, die gelegentlich auch als "Dornwelle" bezeichnet wird. Am freien Ende des Werkzeugträgers 210 ist eine erste Werkzeugaufnahme 215 derart ausgebildet, dass darin ein erstes Werkzeugteil 300 eines zweiteiligen Biegewerkzeugs 500 drehfest und mit definierter axialer Position aufgenommen und dort befestigt werden kann.

[0048] Der zweite Werkzeugträger 220 wird im Wesentlichen durch eine Hohlwelle gebildet, die mithilfe eines nicht gezeigten zweiten Antriebs (zum Beispiel Servoantrieb) coaxial mit dem ersten Werkzeugträger um die Biegekopfachse 202 gedreht werden kann und gelegentlich auch als "Biegewelle" bezeichnet wird. Die Werkzeugträger können unabhängig voneinander unbegrenzt in beide Drehrichtungen um die Biegekopfachse 202 gedreht werden. Am Umfang des zweiten Werkzeugträgers 220 sind drei zweite Werkzeugaufnahmen 225 ausgebildet, die in einem Umfangsabstand von jeweils 120° zueinander angeordnet sind. Jede der zweiten Werkzeugaufnahmen 225 ist so ausgestaltet, dass darin ein zweites Werkzeugteil 400 des Biegewerkzeugs 500 in axial und radial definierter Position aufgenommen und dort befestigt werden kann. Die zweiten Werkzeugaufnahmen liegen exzentrisch zur Biegekopfachse 202 mit radialem Abstand zu dieser und erlauben, dass sich das zweite Werkzeugteil 400 um das erste Werkzeugteil 300 auf einer Kreisbahn herumbewegen kann.

[0049] Das erste Werkzeugteil 300 und das zweite Werkzeugteil 400 sind jeweils modular aus mehreren Werkzeugkomponenten aufgebaut, die zueinander passend ausgestaltet sind und mithilfe von Befestigungsschrauben geometrisch definiert aneinander befestigt werden können. Details werden unter anderem im Zusammenhang mit den Fig. 3 und 4 näher erläutert. Dabei zeigt Fig. 3 eine isometrische Ansicht des ersten und des zweiten Werkzeugteils ohne die zu ihrer Aufnahme vorgesehenen Werkzeugaufnahmen und Fig. 4 eine Draufsicht auf das zweiteilige Biegewerkzeug parallel zur Biegekopfachse.

[0050] Das erste Werkzeugteil 300 hat einen aus Werkzeugstahl gefertigten ersten Grundkörper 310, der am unteren Ende einen kreiszylindrischen Befestigungsabschnitt 313 und am oberen Teil einen einstückig damit ausgebildeten Einsatzträgerabschnitt 315 aufweist. Die Längsmittelachse des zylindrischen Befestigungsabschnitts 313 definiert die Grundkörperachse 312, die bei eingebautem erstem Werkzeugteil coaxial zur Biegekopfachse 202 verläuft. Im oberen Endbereich des Einsatzträgerabschnitts 315 sind an diametral zur Grundkörperachse gegenüberliegenden Seiten zwei Einsatzaufnahmen zur Aufnahme jeweils eines Werkzeugeinsatzes ausgebildet, nämlich eine erste Einsatzaufnahme 320-1 und diametral gegenüberliegend eine zweite Einsatzaufnahme 320-2. Die Einsatzaufnahmen sind jeweils in Form von seitlich bzw. radial offenen Frästaschen mit einem im Wesentlichen rechtwinklig begrenzten Aufnahmequerschnitt ausgebildet (vgl. Fig. 4).

[0051] Im zusammengebauten Zustand ist in der ersten Einsatzaufnahme 320-1 ein erster Werkzeugeinsatz 330-1 mittels Schrauben befestigt, während in der zweiten Einsatzaufnahme 320-2 ein zweiter Werkzeugeinsatz 330-2 mittels Befestigungsschrauben befestigt ist. Die Werkzeugeinsätze haben jeweils eine zu den Einsatzaufnahmen passende Außenkontur, so dass die Werkzeugeinsätze im Wesentlichen seitenspielfrei und mit definierter radialer Position in die Einsatzaufnahmen eingesetzt und mit Schrauben dort befestigt werden können.

[0052] Die beiden Werkzeugeinsätze 330-1, 330-2 des ersten Werkzeugteils 300 sind besonders gut in Fig. 5A, Fig. 5B zu erkennen. Jeder der Werkzeugeinsätze ist einstückig aus einem Stahlstück gefertigt und weist im Wesentlichen einen Befestigungsabschnitt 312-1, 312-2 auf, an dessen Oberseite ein zylindrischer Angriffsabschnitt (erster Angriffsabschnitt 315-1, zweiter Angriffsabschnitt 315-2) ausgebildet ist. Die Befestigungsabschnitte haben jeweils eine durch drei Planflächen begrenzte Kontur, die spielfrei in die Einsatzaufnahmen hineinpasst, sowie eine radial außen anzubringende zylindrisch gekrümmte Außenseite, deren Krümmungsradius dem Krümmungsradius des oberen Teils des Einsatzträgerabschnitts des kleinsten Grundträgers entspricht. Dadurch ist in diesem Fall sichergestellt, dass bei eingesetzten Werkzeugeinsätzen der obere Teil des ersten Werkzeugteils insgesamt eine zur Grundkörperachse coaxiale, kreiszylindrische Außenkontur mit Halbmesser (Radius) R5 hat (vgl. Fig. 4).

[0053] An der Oberseite jedes der Werkzeugeinsätze befindet sich ein nach oben ragender, kreiszylindrischer Fortsatz, der als Angriffsabschnitt des jeweiligen Werkzeugeinsatzes dient, mit dem der Werkzeugeinsatz in Eingriff mit dem zu biegenden Draht kommt. Die Angriffsabschnitte 315-1, 315-2 haben im Beispielsfall unterschiedliche Radien (Halbmesser) R1 bzw. R2. Unabhängig vom Radius der Angriffsabschnitte sitzen die Angriffsabschnitte so, dass die radial außen liegenden Bereiche im Abstand R5 von der Grundkörperachse liegen, also einen gemeinsamen Tangentenkreis tangie-

ren, dessen Radius dem Radius R5 entspricht.

[0054] Das zweite Werkzeugteil 400 hat einen zweiten Grundkörper 410, dessen quaderförmiger unterer Abschnitt als Befestigungsabschnitt 413 dient, um das zweite Werkzeugteil drehfest und axial genau positioniert in einer der zweiten Aufnahmen 225 befestigen zu können. Am oberen Ende schließt sich ein im Querschnitt größerer, ebenfalls rechtwinklig begrenzter Einsatzträgerabschnitt 415 an, in dem eine seitlich offene Frästasche ausgebildet ist, die als dritte Einsatzaufnahme 420-3 dient, um einen dritten Werkzeugeinsatz 430-3 aufnehmen zu können.

[0055] Fig. 6 zeigt einen dritten Werkzeugeinsatz 430-3 im gebrauchsfertigen Zustand. Dieser umfasst einen Grundkörper 433 mit einer Bohrung an der Oberseite. In die Bohrung ist ein Biegestift 415-3 mittels einer Presspassung eingefügt. Der Grundkörper hat einen im Wesentlichen quaderförmigen Befestigungsabschnitt, der genau in die dritte Einsatzaufnahme 420-3 passt. An der Oberseite ist der Biegestift 415-3 eingefügt, der als dritter Angriffsabschnitt 415-3 des zweiteiligen Biegewerkzeugs dient und einen wirksamen dritten Radius R3 hat. Die Außenkontur des Biegestifts ist konkav eingezogen, um einen verrutschsicheren Angriff am zu biegenden Draht zu gewährleisten. Die Konkavität entspricht in günstigen Fällen wenigstens annähernd dem Radius des zu verarbeitenden Halbzeugs. Der dritte Radius R3 entspricht dem Halbmesser an der schmalsten Stelle. Er sollte aus Gründen der Stabilität in der Regel mindestens so groß sein wie der Durchmesser des Drahts.

[0056] Anstelle des fest angebrachten Biegestifts kann auch eine drehbar gelagerte Rolle als dritter Angriffsabschnitt genutzt werden.

[0057] Die Draufsicht in Fig. 4 zeigt besonders anschaulich die geometrischen Verhältnisse am zusammengebauten Biegewerkzeug. Zwischen den einander zugewandten Seiten der Biegedorne (erster Angriffsabschnitt 315-1, zweiter Angriffsabschnitt 315-2) besteht ein lichter Abstand A1. Die voneinander abgewandten äußeren Bereiche liegen auf einem gemeinsamen Kreis mit Radius R5. Der dritte Angriffsabschnitt (Biegestift) 415-3 hat mit seiner der Biegekopfachse zugewandten Seite einen Abstand A2 zu dem Tangentenkreis mit Radius R5, so dass in der gezeigten kollinearen Anordnung der Biegedorne mit dem Biegestift ein Minimalabstand A2 zwischen Biegestift und dem diesem zugewandten Biegedorn (zweiter Angriffsabschnitt 315-2) verbleibt.

[0058] Ein Werkzeugset 700 zum Konfigurieren unterschiedlich dimensionierter zweiteiliger Biegewerkzeuge kann zahlreiche erste und zweite Werkzeugeinsätze aufweisen, die jeweils Angriffsabschnitte (Biegedorne) mit unterschiedlich wirksamen Radien R1 bzw. R2 haben. Jeder dieser Werkzeugeinsätze kann wahlweise als erster Werkzeugeinsatz oder zweiter Werkzeugeinsatz beim Zusammenbau eines ersten Werkzeugteils 300 genutzt werden. Jeder dieser Werkzeugeinsätze für das erste Werkzeugteil 300 kann in jede der daran angebrachten Einsatzaufnahmen eingefügt und dort befestigt werden. Dadurch gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Radienkombinationen aus R1 und R2. Für manche Anwendungsfälle gibt es auch erste Werkzeugteile, bei denen die beiden wirksamen Radien R1 und R2 identisch sind. Diese können mithilfe von zwei ersten Werkzeugeinsätzen identischer Geometrie zusammengesetzt werden, die Bestandteil eines entsprechend bestückten Werkzeugsets sein können.

[0059] Weiterhin hat das Werkzeugset 700 des Ausführungsbeispiels drei unterschiedlich dimensionierte Grundkörper, die schematisch in Fig. 7A, 7B und 7C dargestellt sind. Die Grundkörper haben jeweils identisch dimensionierte zylindrische Befestigungsabschnitte. Es gibt einen kleinsten Grundkörper G1 (Fig. 7A), einen mittleren Grundkörper G2 (Fig. 7B) und einen größten Grundkörper G3 (Fig. 7C). Bei allen Grundkörpern sind die Einsatzaufnahmen 320-1, 320-2 zur Aufnahme der ersten und zweiten Werkzeugeinsätze identisch dimensioniert. Der diametrale Abstand A4 zwischen den Innenseiten der Einsatzaufnahmen 320-1, 320-2 nimmt jedoch vom kleinsten Grundkörper G1 zum größten Grundkörper G3 zu, wobei dieser Abstand A4 beim mittleren Grundkörper G2 circa dreimal so groß wie beim kleinsten Grundkörper G1 und beim größten Grundkörper G3 circa fünfmal so groß wie beim kleinsten Grundkörper G1 ist. Abweichungen von diesen Größenverhältnissen sind selbstverständlich möglich. Entsprechend dem größeren Abstand A4 sind auch die Radien R5 der zylindrischen Außenseiten unterschiedlich groß.

[0060] Es ist erkennbar, dass im Werkzeugset 700 auch unterschiedliche zweite Werkzeugträger vorgesehen sind, insbesondere in drei unterschiedlichen Größen. Diese haben jeweils identische Befestigungsabschnitte, jedoch sind die Einsatzträgerabschnitte unterschiedlich dimensioniert in der Weise, dass bei eingesetztem drittem Werkzeugeinsatz der radiale Abstand zur Biegekopfachse bzw. zum äußeren Tangentenkreis des jeweils gewählten Grundkörpers unterschiedlich groß ist. Der Abstand A5 zwischen dem Außendurchmesser der Grundkörper (bzw. dem Tangentenkreis der Außenseiten der jeweils daran angebrachten Biegedorne) und der hinteren (entfernten) Kante der jeweiligen dritten Einsatzaufnahmen 420-3 ist jeweils identisch, so dass in allen Grundkörper die gleichen dritten Werkzeugeinsätze 430-3 genutzt werden können.

[0061] Die unterschiedlichen Dimensionierungen der ersten und zweiten Grundkörper sowie der Werkzeugeinsätze sind im Beispielsfall derart aneinander angepasst, dass über geeignete Kombinationen ausgewählter Werkzeugkomponenten für eine fein gestufte Anzahl unterschiedlicher Drahtdurchmesser aus dem Arbeitsbereich der Biegemaschine jeweils einer der Grundkörper passt, um in Kombination mit den für die gewünschten Biegeradien erforderlichen Biegedornen ein zweiteiliges Biegewerkzeug zu konfigurieren.

[0062] Im Beispielsfall wird dem Bediener hierzu ein Werkzeugkonfigurations-Hilfesystem 800 zur Verfügung gestellt, das die Auswahl der richtigen Komponenten auch für einen ungeübten Bediener erleichtert. In Fig. 8 ist ein Beispiel

eines Werkzeugkonfigurations-Hilfesystems 800 in Form einer Tabelle schematisch gezeigt. Ein Bediener muss daher lediglich wissen, mit welchem Drahtdurchmesser DD das Biegeteil hergestellt werden soll. Die Tabelle enthält auf ihrer y-Achse in enger Stufung zahlreiche mögliche Drahtdurchmesser d_1 , d_2 , d_3 etc. aus dem Arbeitsbereich der Biegemaschine. Die Stufung kann entsprechend den Anforderungen gewählt werden, z.B. in Stufen von 1/10 mm. Weiterhin sollte der Bediener wissen, welche Biegeradien am Biegeteil erzeugt werden sollen. Wie erwähnt legt der Radius (Halbmesser) desjenigen Angriffsabschnitts (Biegedorn), um den gebogen wird, den Biegeradius einer Biegung fest. Ein erstes Werkzeugteil kann damit gleichzeitig für zwei unterschiedliche Biegeradien vorbereitet werden. Ein Bediener errechnet dann die Summe $\Sigma_i = R1 + R2$ der beiden Biegeradien R1 und R2 als weitere Eingangsgröße, die auf der x-Achse angegeben ist.

[0063] Ausgehend von den gewünschten Biegeradien (bzw. deren Summe) und dem zu verarbeitenden Drahtdurchmessers (d_1 , d_2 etc.) wird dem Bediener anhand der Tabelle 800 eine Größe G1, G2 oder G3 des ersten Grundkörpers vorgegeben. Die Tabelle berücksichtigt dabei automatisch das Bestreben, durch einen möglichst kleinen Grundhalter den Abstand der beiden Biegedorne (erster und zweiter Angriffsabschnitt) möglichst gering zu halten, um bei Bedarf einen möglichst kleinen Abstand zwischen zwei entlang des Drahts aufeinanderfolgenden Biegungen erreichen zu können. Allerdings ist weiterhin dafür gesorgt, dass ein Mindestabstand erlaubter Kombinationen von mindestens dem Doppelten des Drahtdurchmessers DD nicht unterschritten wird, da ansonsten die Kraft auf die Biegedorne zu hoch werden und dadurch die Gefahr eines Bruchs bestehen kann. Wird mit den gewünschten Biegeradien der Mindestabstand (der lichten Weite A1) unterschritten, muss gemäß der Tabelle der nächstgrößere Grundhalter verwendet werden. Der Drahtdurchmesser DD als Eingangsgröße bestimmt auch den kleinsten jeweils wählbaren Biegeradius. Die Tabelle ist so ausgelegt, dass der Radius (Halbmesser) des Biegedorns, um den gebogen werden soll, wenigstens der Hälfte des Drahtdurchmessers entspricht, um eine ausreichende Sicherheit gegen Bruch des Biegedorns zu gewährleisten.

[0064] Die jeweils für die Grundkörper G1, G2 und G3 erlaubten Bereiche in Abhängigkeit vom Drahtdurchmesser und der Summe der Biegeradien sind in der Tabelle von Fig. 8 in unterschiedlichen Graustufen gezeigt. Ein linker unterer Bereich der Tabelle ist schraffiert. Die in diesem Bereich liegenden Wertekombinationen sind bei dem Werkzeugset nicht empfohlen.

[0065] Anwender können je nach Arbeitsbereich der von ihnen verwendeten Biegemaschinen unterschiedlich bestückte Werkzeugsets nutzen. Dabei können beispielsweise Werkzeugsets mit nur zwei unterschiedlich dimensionierten Grundhaltern ausreichen. Mit drei unterschiedlich dimensionierten Grundhaltern können nach den Erfahrungen der Erfinder die meisten der praktisch relevanten Fälle bei geeigneter Staffelung der Grundhaltergrößen abgedeckt werden.

[0066] Die Erfindung ist nicht auf das Biegen von Runddraht (Draht mit rundem Querschnitt) beschränkt. Modular aufgebaute zweiteilige Biegewerkzeuge der hier beschriebenen Art können, ggf. mit leichten Modifikationen, auch zum Biegen von Halbzeug (Draht oder Rohr) mit anderen Querschnittsprofilen verwendet werden, so dass z.B. auch polygonale Querschnitte, wie z.B. Flachdraht, gebogen werden können.

Patentansprüche

1. Werkzeugset (700) mit einer Vielzahl von Werkzeugkomponenten zum Konfigurieren von zweiteiligen Biegewerkzeugen (500) unterschiedlicher Wirkgeometrie zur Verwendung in einem Biegekopf (200) einer Biegemaschine (100), wobei der Biegekopf (200) einen ersten Werkzeugträger (210) und einen zweiten Werkzeugträger (220) aufweist, wobei der erste Werkzeugträger (210) mittels eines ersten Antriebs um eine Biegekopfachse (202) drehbar ist und eine erste Werkzeugaufnahme (215) zur Aufnahme eines ersten Werkzeugteils (300) eines Biegewerkzeugs (500) aufweist und der zweite Werkzeugträger (310) mittels eines zweiten Antriebs relativ zum ersten Werkzeugträger um die Biegekopfachse (202) herum drehbar ist und eine exzentrisch zur Biegekopfachse angeordnete zweite Werkzeugaufnahme (225) zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugteils (400) des Biegewerkzeugs aufweist; das Werkzeugset (700) umfassend:

mindestens einen ersten Grundkörper (310), der einen zur ersten Werkzeugaufnahme passenden Befestigungsabschnitt (313) und eine Grundkörperachse (312) aufweist, die bei in der ersten Werkzeugaufnahme befestigtem ersten Grundkörper koaxial zur Biegekopfachse (202) verläuft, wobei der erste Grundkörper (310) weiterhin einen Einsatzträgerabschnitt (315) aufweist, an dem exzentrisch zur Grundkörperachse (312) eine erste Einsatzaufnahme (320-1) zur Aufnahme eines ersten Werkzeugeinsatzes (330-1) und winkelfersetzt dazu eine zweite Einsatzaufnahme (320-2) zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugeinsatzes (330-2) ausgebildet sind; mindestens ein zweiten Grundkörper (410), der einen zur zweiten Werkzeugaufnahme (225) passenden Befestigungsabschnitt (413) und einen Einsatzträgerabschnitt (415) aufweist, an dem eine dritte Einsatzaufnahme (420-3) zur Aufnahme eines dritten Werkzeugeinsatzes (430-3) ausgebildet ist; wenigstens drei Werkzeugeinsätze (330-1, 330-2, 430-3), die jeweils einen Befestigungsabschnitt zur Befesti-

gung des Werkzeugeinsatzes an einer der Einsatzaufnahmen und einen Angriffsabschnitt (315-1, 315-2, 415-3) mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an einem zu biegenden Draht oder Rohr aufweisen, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen Radius (R_1 , R_2 , R_3) bezogen auf eine Angriffsabschnittsachse aufweist.

- 5 **2.** Werkzeugset nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Einsatzaufnahme (320-1) und die zweite Einsatzaufnahme (320-2) an diametral gegenüberliegenden Seiten des Einsatzträgerabschnitts (315) angeordnet sind.
- 10 **3.** Werkzeugset nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Einsatzaufnahme (320-1) und die zweite Einsatzaufnahme (320-2) in Form von zur radialen Außenseite offenen Aufnahmeausnehmungen ausgebildet sind.
- 15 **4.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Einsatzaufnahme (320-1) und die zweite Einsatzaufnahme (320-2) identisch ausgelegt sind, so dass jeder erste oder zweite Werkzeugeinsatz in jede Einsatzaufnahme aufnehmbar ist.
- 20 **5.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** erste und zweite Werkzeugeinsätze (330-1, 330-2) inkompatibel mit der dritten Einsatzaufnahme (420-3) sind und dass jeder dritte Werkzeugeinsatz (430-3) inkompatibel mit der ersten Einsatzaufnahme (320-1) und der zweiten Einsatzaufnahme (320-2) ist.
- 25 **6.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und die zweiten Werkzeugeinsätze (330-1, 330-2) derart an den Einsatzträgerabschnitt (315) und die erste und zweite Einsatzaufnahme (320-1, 320-2) angepasst sind, dass ein radial außen liegender Bereich der Umfangsfläche jedes Angriffsabschnitts (315-1, 315-2) unabhängig vom wirksamen Radius des Angriffsabschnitts immer denselben radialen Abstand zur Grundkörperachse (312) aufweist, wenn ein Werkzeugeinsatz in einer Einsatzaufnahme befestigt ist.
- 30 **7.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ersten und die zweiten Werkzeugeinsätze (330-1, 330-2) derart an den Einsatzträgerabschnitt (315) und die erste und zweite Einsatzaufnahme (320-1, 320-2) angepasst sind, dass radiale Außenflächen des Einsatzträgerabschnitts und der eingesetzten Werkzeugeinsätze zu einer im Wesentlichen kreiszylindrischen Außenfläche ergänzen.
- 35 **8.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Werkzeugset (700) genau drei unterschiedlich dimensionierte erste Grundkörper (G_1 , G_2 , G_3) aufweist und/oder dass das Werkzeugset (700) genau drei unterschiedlich dimensionierte zweite Grundkörper (410) aufweist.
- 40 **9.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** ein Werkzeugkonfigurations-Hilfesystem (800) zur Unterstützung eines Bedieners bei der Auswahl vom Werkzeugkomponenten zum Konfigurieren des Biegewerkzeugs, worin für jeden Durchmesser (DD) aus einer vorgegeben Gruppe unterschiedlicher Durchmesser aus einem Arbeitsbereich der Biegemaschine in Abhängigkeit vom gewünschten ersten Radius (R_1) und zweiten Radius (R_2) genau ein zugeordneter erster Grundkörper (G_1 , G_2 , G_3) aus einer Gruppe mit mehreren ersten Grundkörpern identifizierbar ist.
- 45 **10.** Werkzeugset nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** abhängig vom Durchmesser (DD) des Drahts oder Rohrs die Grundkörper (G_1 , G_2 , G_3) und die Werkzeugeinsätze derart aufeinander abgestimmt sind, dass im montierten Zustand
ein erster lichter Abstand A_1 zwischen den Umfangsflächen des ersten und des zweiten Angriffsabschnitts mindestens dem Zweifachen des Durchmessers DD entspricht;
50 ein zweiter lichter Abstand A_2 zwischen einen äußeren Tangentenkreis an den ersten und zweiten Angriffsabschnitt und der Umfangsfläche des dritten Angriffsabschnitts größer als der Drahtdurchmesser ist; und
der Radius R_1 des ersten Angriffsabschnitts und der Radius R_2 des zweiten Angriffsabschnitts jeweils wenigstens die Hälfte des Durchmessers DD beträgt.
- 55 **11.** Zweiteiliges Biegewerkzeug (500) mit einem ersten Werkzeugteil (300) und einem separaten zweiten Werkzeugteil (400) zur Verwendung in einem Biegekopf (200) einer Biegemaschine (100), wobei der Biegekopf (200) einen ersten Werkzeugträger (210) und einen zweiten Werkzeugträger (220) aufweist, wobei der erste Werkzeugträger (210) mittels eines ersten Antriebs um eine Biegekopfachse (202) drehbar ist und

eine erste Werkzeugaufnahme (215) zur Aufnahme eines ersten Werkzeugteils (300) eines Biegewerkzeugs (500) aufweist und der zweite Werkzeugträger (310) mittels eines zweiten Antriebs relativ zum ersten Werkzeugträger um die Biegekopfachse (202) herum drehbar ist und eine exzentrisch zur Biegekopfachse angeordnete zweite

Werkzeugaufnahme (225) zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugteils (400) des Biegewerkzeugs aufweist;
das erste Werkzeugteil (300) zur Befestigung in der ersten Werkzeugaufnahme (215) ausgebildet ist und an einer

Oberseite zwei Angriffsabschnitte (315-1, 315-2) zum Angreifen an gegenüberliegenden Seiten eines zu biegenden Drahts aufweist und
das zweite Werkzeugteil (400) zur Befestigung in der zweiten Werkzeugaufnahme ausgebildet ist und an einer

Oberseite einen Angriffsabschnitt (415-3) zum Angreifen an einem zu biegenden Draht aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass

das erste Werkzeugteil (300) einen ersten Grundkörper (310) aufweist, der einen zur ersten Werkzeugaufnahme passenden Befestigungsabschnitt (313) und eine Grundkörperachse (312) aufweist, die bei in der ersten Werkzeugaufnahme befestigtem ersten Grundkörper coaxial zur Biegekopfachse (202) verläuft, wobei der erste Grundkörper weiterhin einen Einsatzträgerabschnitt (315) aufweist, an dem exzentrisch zur Grundkörperachse eine erste

Einsatzaufnahme (320-1) zur Aufnahme eines ersten Werkzeugeinsatzes (330-1) und winkelfersetzt dazu eine zweite Einsatzaufnahme (320-2) zur Aufnahme eines zweiten Werkzeugeinsatzes (330-2) ausgebildet sind;

das zweite Werkzeugteil (400) einen zweiten Grundkörper (410) aufweist, der einen zur zweiten Werkzeugaufnahme (225) passenden Befestigungsabschnitt (413) und einen Einsatzträgerabschnitt (415) aufweist, an dem eine dritte Einsatzaufnahme (420-3) zur Aufnahme eines dritten Werkzeugeinsatzes (430-3) ausgebildet ist;

in der ersten Einsatzaufnahme (320-1) ein erster Werkzeugeinsatz (330-1) befestigt ist, der einen ersten Angriffsabschnitt (315-1) mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an dem zu biegenden Draht oder Rohr aufweist, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen ersten Radius (R1) bezogen auf eine erste Angriffsabschnittsachse aufweist;

in der zweiten Einsatzaufnahme (320-2) ein zweiter Werkzeugeinsatz (330-2) befestigt ist, der einen zweiten Angriffsabschnitt (315-2) mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an dem zu biegenden Draht oder Rohr aufweist,

wobei die Umfangsfläche einen wirksamen zweiten Radius (R2) bezogen auf eine zweite Angriffsabschnittsachse aufweist;

in der dritten Einsatzaufnahme (420-3) ein dritter Werkzeugeinsatz (430-3) befestigt ist, der einen dritten Angriffsabschnitt (415-3) mit einer Umfangsfläche zum Angreifen an dem zu biegenden Draht oder Rohr aufweist, wobei die Umfangsfläche einen wirksamen dritten Radius (R3) bezogen auf eine dritte Angriffsabschnittsachse aufweist.

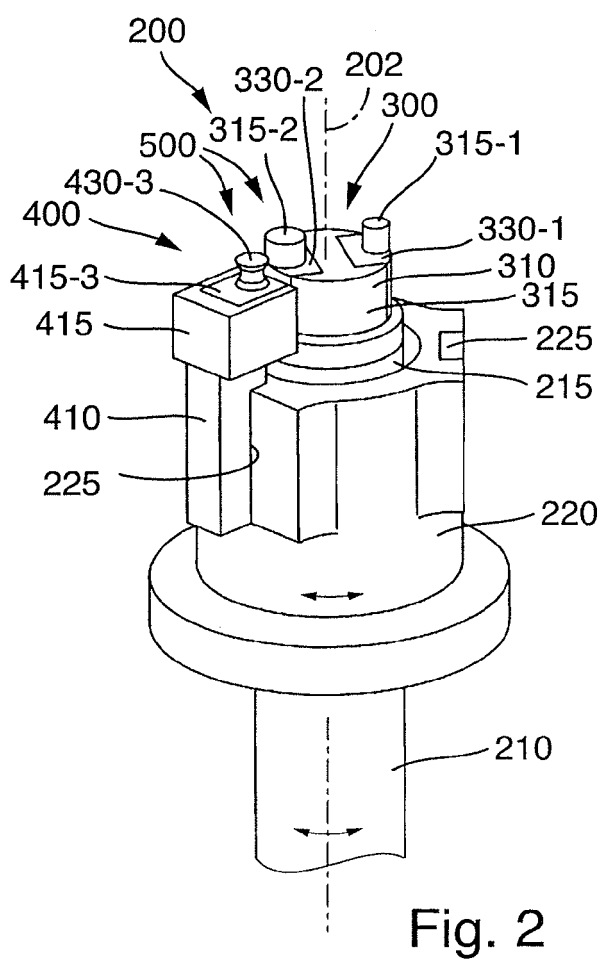
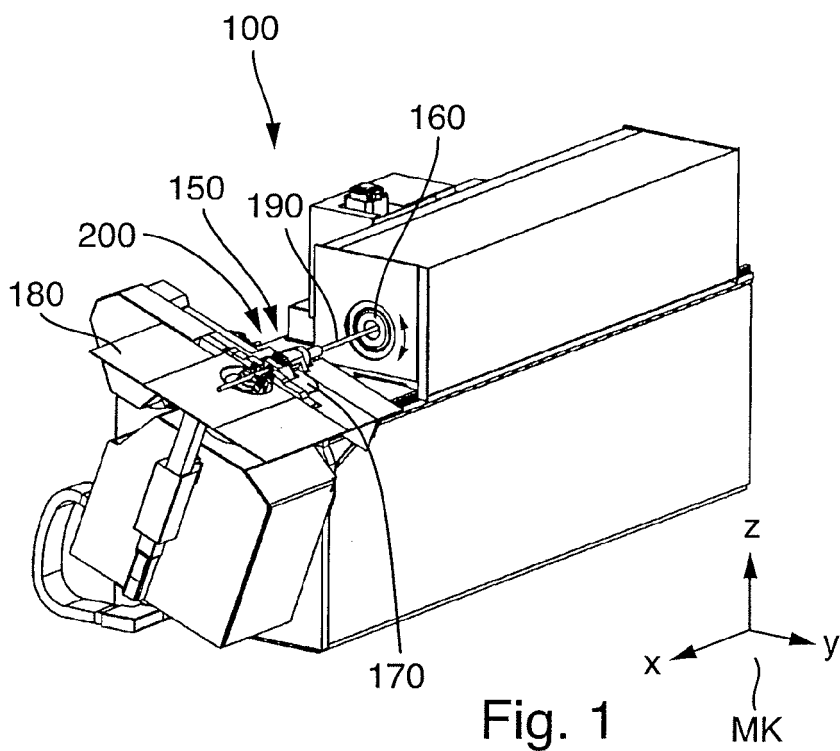
- 12.** Biegewerkzeug nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Biegewerkzeug (500) zum Biegen eines Drahts oder Rohrs mit einem Durchmesser DD ausgelegt ist und dass die Grundkörper und die Werkzeugeinsätze derart aufeinander abgestimmt sind, dass im montierten Zustand

ein erster lichter Abstand A1 zwischen den Umfangsflächen des ersten und des zweiten Angriffsabschnitts (315-1, 315-2) mindestens dem Zweifachen des Durchmessers DD entspricht;

ein zweiter lichter Abstand A2 zwischen einem äußeren Tangentenkreis an den ersten und zweiten Angriffsabschnitt (315-1, 315-2) und der Umfangsfläche des dritten Angriffsabschnitts (415-3) größer als der Durchmesser DD ist; und der Radius R1 des ersten Angriffsabschnitts (315-1) und der Radius R2 des zweiten Angriffsabschnitts (315-2) jeweils wenigstens die Hälfte des Durchmessers DD beträgt.

- 13.** Verfahren zum Einrichten eines Biegekopfs (200) einer Biegemaschine (100) durch Befestigen von separaten Werkzeugteilen eines zweiteiligen Biegewerkzeugs (500) an einem ersten Werkzeugträger (210) und einem zweiten Werkzeugträger (220) des Biegekopfs, wobei zum Konfigurieren des zweiteiligen Biegewerkzeugs (500) Werkzeugkomponenten aus einem Werkzeugset gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 verwendet werden.

- 14.** Verfahren zum Konfigurieren eines zweiteiligen Biegewerkzeugs (500) mit einem ersten Werkzeugteil (300) und einem zweiten Werkzeugteil (400) zur Verwendung an einem Biegekopf (200) einer Biegemaschine (100), wobei Werkzeugkomponenten des Biegewerkzeugs (500) in geeigneter Kombination aus Werkzeugkomponenten des Werkzeugsets gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10 ausgewählt werden und das Biegewerkzeug mit den ausgewählten Werkzeugkomponenten zusammengebaut wird



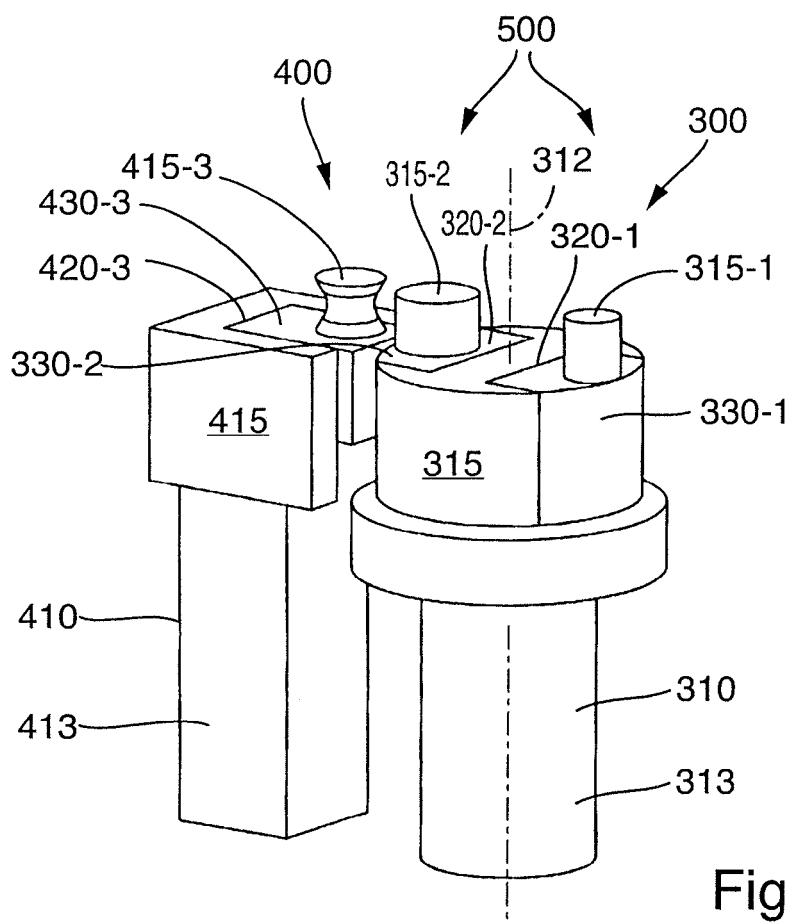


Fig. 3

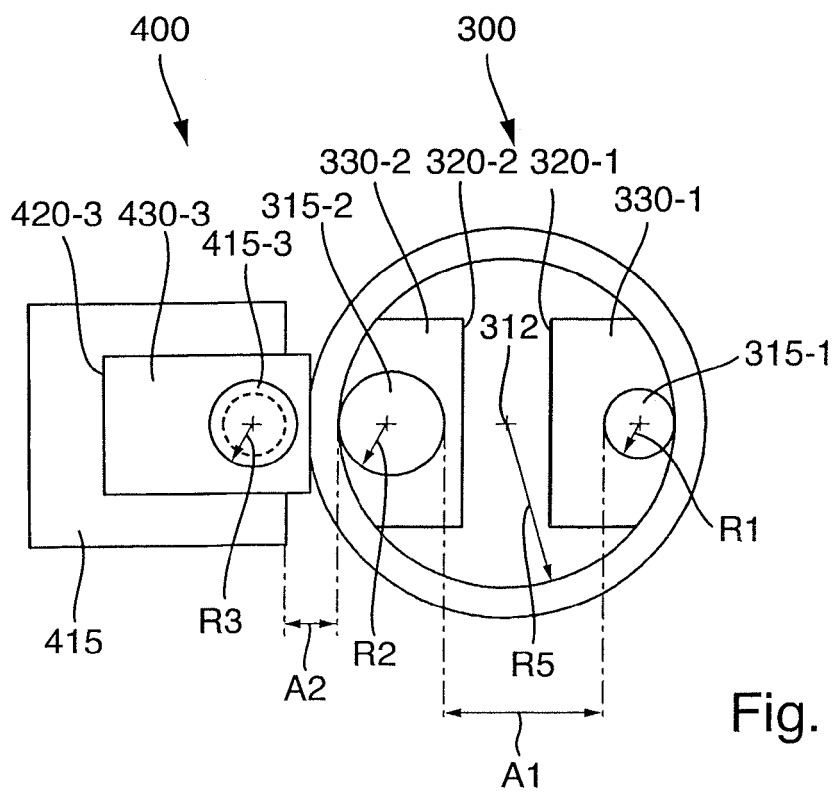


Fig. 4

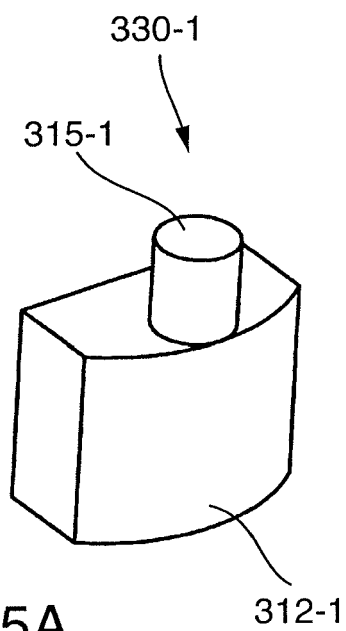


Fig. 5A

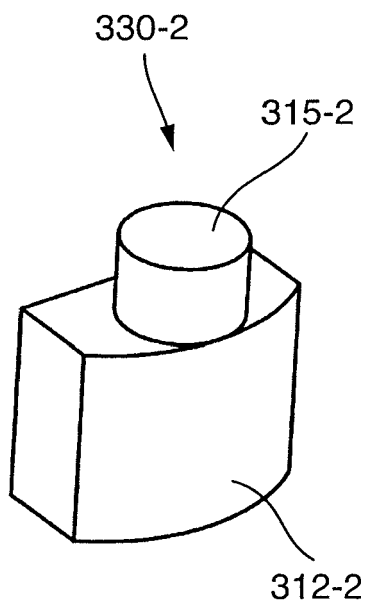


Fig. 5B

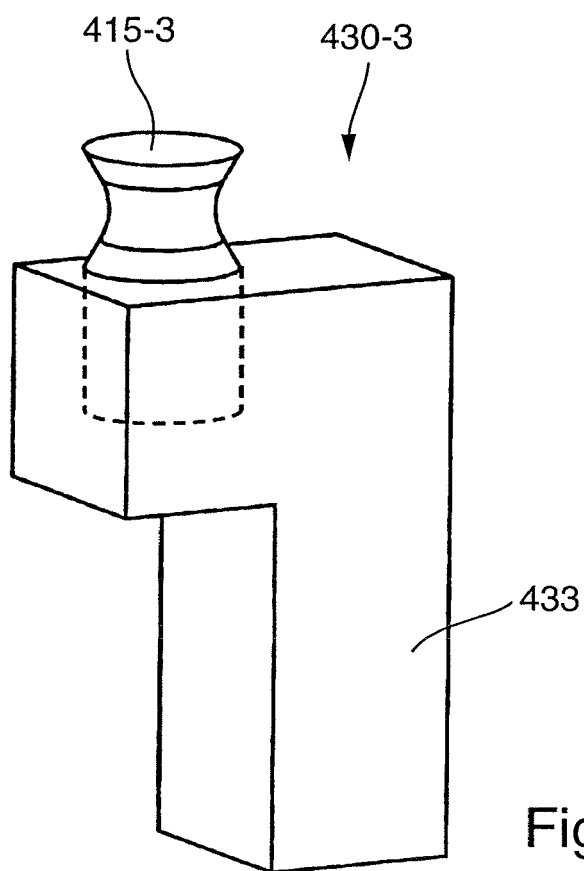


Fig. 6

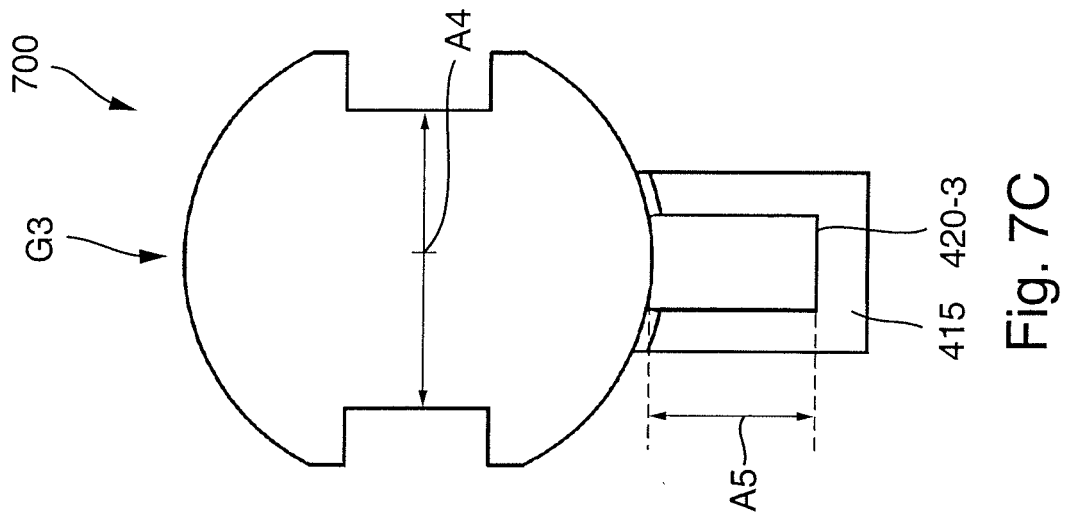


Fig. 7C

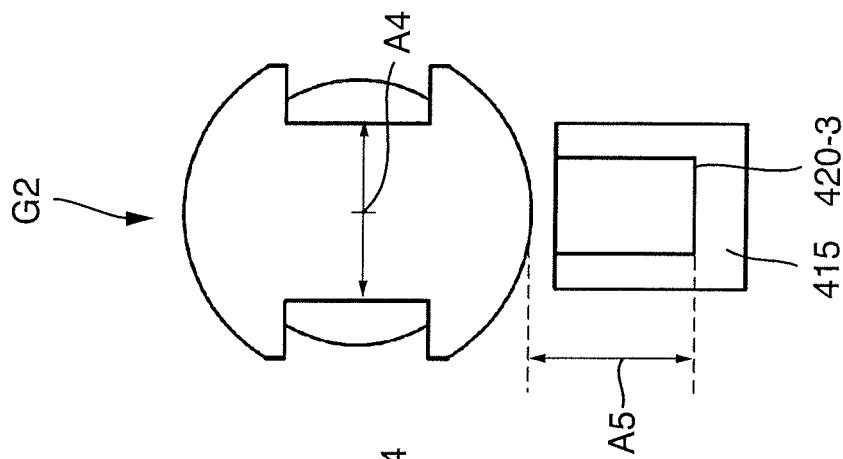


Fig. 7B

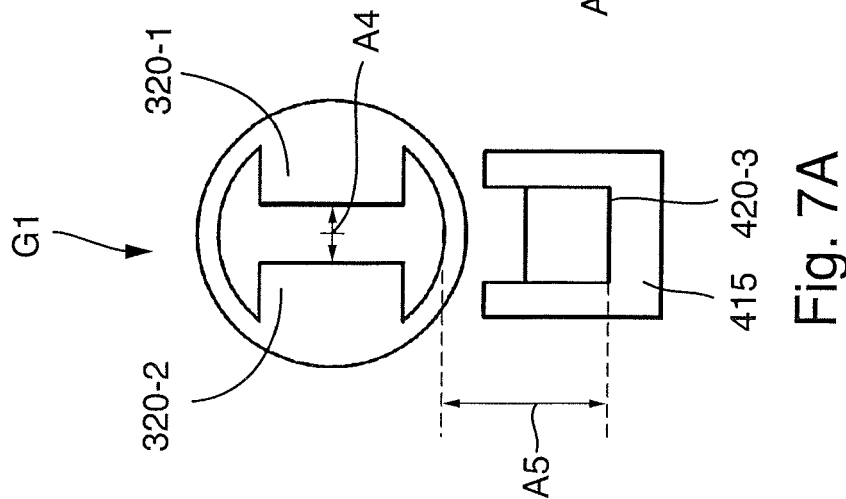


Fig. 7A

		$\Sigma_i = R1 + 2$														
		Σ_1	Σ_2	Σ_3	Σ_4	Σ_5	Σ_6	Σ_7	Σ_8	Σ_9	Σ_{10}	Σ_{11}	Σ_{12}	Σ_{13}	Σ_{14}	Σ_{15}
DD	d ₁															
	d ₂															
	d ₃															
	d ₄															
	d ₅				G1					G2				G3		
	d ₆															
	d ₇															
	d ₈															
	d ₉															
	d ₁₀															
	d ₁₁															
	d ₁₂															
	d ₁₃															
	d ₁₄															

Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 21 16 9811

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2010/080522 A2 (AUTOMATED IND MACHINERY INC [US]; CHRISTOFILIS TOM J [US] ET AL.) 15. Juli 2010 (2010-07-15)	1,2,4-8, 11,13,14	INV. B21F1/00 B21D7/024 B21D7/12
Y	* Absatz [0049] - Absatz [0061];	3,9	
A	Abbildungen 1-3 *	10,12	

Y	EP 2 223 752 A1 (WAFIOS AG [DE]) 1. September 2010 (2010-09-01)	3,9	
A	* Absatz [0023] - Absatz [0056]; Abbildungen 1-8 *	1,2,4-8, 10-14	

A	EP 3 401 036 A1 (WAFIOS AG [DE]) 14. November 2018 (2018-11-14) * Absatz [0034] - Absatz [0041] * * Absatz [0045]; Abbildungen 2-9 *	1-11	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21F B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 22. September 2021	Prüfer Ritter, Florian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 21 16 9811

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

22-09-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	WO 2010080522	A2	15-07-2010	AT	548140 T	15-03-2012
				EP	2237905 A2	13-10-2010
				EP	2514536 A1	24-10-2012
15				EP	3213836 A1	06-09-2017
				ES	2384025 T3	28-06-2012
				PL	2237905 T3	31-08-2012
				US	2010147048 A1	17-06-2010
				US	2014130567 A1	15-05-2014
20				US	2017182544 A1	29-06-2017
				WO	2010080522 A2	15-07-2010

	EP 2223752	A1	01-09-2010	AT	495837 T	15-02-2011
				EP	2223752 A1	01-09-2010
25	-----					
	EP 3401036	A1	14-11-2018	DE	202017002608 U1	13-07-2017
				EP	3401036 A1	14-11-2018

30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82