

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 424 606 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
09.01.2019 Patentblatt 2019/02

(51) Int Cl.:
B21D 5/02 (2006.01)

B21D 5/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 18000560.5

(22) Anmeldetag: 26.06.2018

(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

(30) Priorität: 28.06.2017 DE 102017006218

(71) Anmelder: **Technische Universität Dortmund
44227 Dortmund (DE)**

(72) Erfinder:

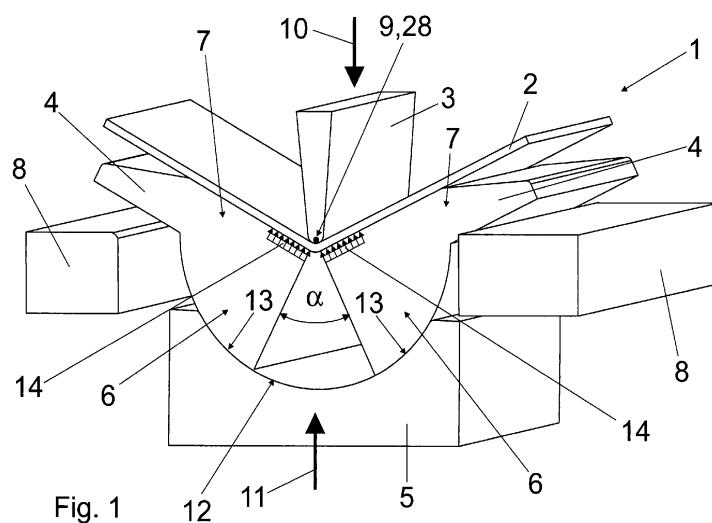
- Tekkaya, Erman A.
44227 Dortmund (DE)**
- Meya, Rickmer
59368 Werne (DE)**
- Löbbe, Christian Heinrich
59199 Bönen (DE)**

(74) Vertreter: **Schneider, Uwe
Patentanwalt
Holbeinstraße 27
59423 Unna (DE)**

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM BIEGEN VON BLECHARTIGEN WERKSTÜCKEN BEI
GLEICHZEITIGER DRUCKSPANNUNGSÜBERLAGERUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (1) zum Biegen von blechartigen Werkstücken (2) bei gleichzeitiger Druckspannungsüberlagerung, in der mindestens ein relativ zu Biegeauflagern (4) beweglich angeordneter Biegestempel (3, 3') das blechartige Werkstück (2) plastisch verformt, bei der einzelne oder mehrere Biegeauflager (4) einseitig oder beidseits der Biegelinie (28) an dem blechartigen Werkstück (2) anliegen und zumindest einzelne Biegeauflager (4) drehbeweglich derart gelagert sind, dass diese Biegeauflager (4) bei der forschreitenden Biegung des blechartigen Werkstücks (2) zwischen Biegestempel (3, 3') und Biegeauflager (4) mit

an der Biegelinie (28) angeordneten Abschnitten des blechartigen Werkstücks (2) synchron mit verschwenken, wobei diese Biegeauflager (4) eine derartige Kraftwirkung im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) auf das blechartige Werkstück (2) aufbringen, dass zumindest im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) Normalspannungen (14) immer senkrecht zu entlang der Biegelinie (2) angeordneten Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks (2) erzeugt und den dort wirkenden Spannungen aufgrund des Biegens überlagert werden. Ebenfalls wird ein entsprechendes Verfahren vorgeschlagen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Biegen von blechartigen Werkstücken bei gleichzeitiger Druckspannungsüberlagerung gemäß Oberbegriff des Anspruches 1 sowie ein entsprechendes Verfahren gemäß Oberbegriff des Anspruches 14.

[0002] Das Biegen von blechartigen Werkstücken ist eine in der Technik vielfältig benötigte Bearbeitungsaufgabe, zu der eine Vielzahl von verschiedenen Verfahren und Vorrichtungen bekannt sind. Hierbei sind neben den sog. freien Biegeverfahren auch Verfahrensweisen beim Biegen mittels Druckspannungsüberlagerung bekannt geworden, durch die die Biegeumformung genauer und mit geringerer Beeinflussung der Blechdicke im Bereich des Biegeradius' ausgeführt werden kann.

[0003] So ist z.B. aus der DE 10 2006 014 093 A1 bekannt, dass nach Erreichen eines eingestellten Biegewinkels der Biegeprozess unterbrochen wird. Anschließend fährt eine beliebig geformte Rolle von unten über die Biegezone. Dadurch plastifiziert die Biegezone des blechartigen Werkstücks und die Rückfederung des gebogenen Werkstücks wird reduziert. Die Geometrie der Rolle gibt dabei den Ort der Druckspannungsüberlagerung vor. Durch diese Art der Überlagerung wird aber der Außenbogen des gebogenen Teiles deformiert. Diese Vorrichtung ist nicht in der Lage, gezielt im Biegeprozess Druckspannungen aufzubringen, sondern überlagert Druck jeweils nach den Biegefolgen.

[0004] Bei der DE 404 273 2 B4 wird nach einer vollständigen Biegung ein erneuter Biegevorgang vorgenommen mit dem Ziel, den Biegewinkel nach Last einzustellen. Dies wird durch Druckspannungsüberlagerung über ein vorgegebenes Gesenk nach der ersten Biegung erreicht.

[0005] Bei der EP 0 341 211 A2 wird über einen verfahrbaren Gegenstempel eine Druckspannungsüberlagerung aufgebracht. Diese wirkt senkrecht von unten und flacht somit den Biegeradius ab. Das Verfahren wird genutzt, um über die Einstellung der immer vertikal wirkenden Kraft den Biegekonturverlauf zu kontrollieren. Der Biegekonturverlauf stellt sich aufgrund des freien Biegens material- und lastabhängig ein.

[0006] Aus der US 3 978 706 ist bekannt, dass ebenfalls von unten senkrecht Druck auf das Blechteil ausgeübt wird. Dies führt wiederum zu abgeflachten Biegeradien. Eine Alternative ist hier, dass das Gegenstück eine gebogene Kontur aufweist. Diese hat dann den Effekt, den endgültigen Biegeradius an das Gesenk zu drücken. Jedoch ist diese Möglichkeit nur für eine Kombination aus Biegeradius und Biegewinkel möglich. Ebenso findet die Krafteinleitung dann nur kurz vor Ende des Biegevorgangs statt.

[0007] Aus der Dissertation von Schiefenbuch [1] ist bekannt, dass beim Biegen das Blech in ein beliebig geartetes Elastomerkissen gedrückt wird. Das Elastomerkissen bringt dann unkontrolliert und undefiniert Druckspannungen auf das Blech auf. Dabei ist die Druckspan-

nung nicht kontrollier- und regulierbar. Ebenso ist das Elastomerkissen ein Verschleißteil und plastifiziert bei Eindringung des Biegestempels. Daher ist dieses Verfahren unwirtschaftlich. Es konnte jedoch gezeigt werden, dass die Druckspannungen, die durch das Elastomerkissen eingeleitet wurden, den Versagenszeitpunkt verzögern. Die Erhöhung der Formänderungsgrenzen wird dabei auf die zusätzlichen Druckspannungen zurückgeführt.

[0008] Weiterhin wird in einer bekannten Variante der Biegeumformung mit sich relativ zum blechartigen Werkstück bei der Umformung drehenden Gesenen gearbeitet.

[0009] Aus der US-PS 4 434 644 ist diese besondere Art des Schwenkbiegens bekannt. Dabei schwenkt durch die rotierende Gesenk anordnung das Gesenk um das Blech. Dabei wirken zu keinem Zeitpunkt Druckspannungen in der Biegezone (Biegeradius). Es werden nur Biegemomente eingeleitet. Die Gesenkkontur dient immer nur zum Vorgeben der Endkontur.

[0010] Bei der EP 0 575 393 B1 können mit der genutzten Kinematik keine Druckspannungen in der Biegezone aufgebracht werden. Würde in der Kinematik eine äußere Druckspannung aufgebracht werden, würde das Biegemoment erhöht, aber keine Druckspannung im Biegebogen erzielt werden. Die Kinematik kann auch nicht konstruktiv dahin geändert werden.

[0011] Auch bei der EP 0476092 B1 ist die dort beschriebene Kinematik nicht in der Lage, Druckspannungen in der Biegezone aufzubringen. Auch bei konstruktiver Änderung/Anpassung würde nur ein erhöhtes Biegemoment resultieren bzw. die Gefahr des Ausknickens erhöht werden (Stempelablösung).

[0012] Die EP 2 001 615 B1 zielt nicht auf Druckspannungsüberlagerung während des Prozesses. Es werden nur in senkrechter Richtung Druckspannungen überlagernt. Die Schädigung des blechförmigen Werkstücks in der Biegezone beim Biegeumformen ist dadurch nicht zu vermeiden. Diese Druckspannungsüberlagerung findet nach dem vollzogenen Freiformbiegen statt, um dann den Spannungszustand in Hinsicht auf die Rückfederung zu verändern. Dadurch findet zudem eine ungewollte Abflachung der Biegezone statt.

[0013] Beim Freibiegen sind keine weiteren Druckspannungsüberlagerungen bekannt. Die bekannten Verfahren zur Druckspannungsüberlagerung sind hingegen nicht in der Lage, gezielt Druckspannungen in der Biegezone normal zur Blechoberfläche aufzubauen. Zudem sind die meisten Verfahren werkzeuggebunden. Der Biegeradius weist bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zur Druckspannungsüberlagerung eine Abflachung auf. Kein Verfahren kann gezielt die Druckspannungen in der Biegezone kontrolliert und flexibel einstellen. Ebenso kann der Biegeradius nicht unabhängig vom Biegewinkel aufgebaut werden, da bei den freien Biegeverfahren immer eine freie Ausbildung des Radius' stattfindet. Dieser Radius ist zudem nicht beliebig klein möglich, da sich der Radius frei einstellt. Zudem

hat sich noch kein Verfahren im Stand der Technik damit befasst, formgebunden eine radiale Druckspannungsüberlagerung zur Erweiterung des Formänderungsvermögens und zur Material- und Spannungszustandsbeeinflussung zu nutzen.

[0014] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, bei denen die Biegeumformung durch gezielte Druckspannungsüberlagerung in der Biegezone wesentlich verbessert und das Biegeergebnis optimiert wird.

[0015] Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich hinsichtlich der Vorrichtung aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruches 1 und hinsichtlich des Verfahrens aus den Merkmalen des Anspruchs 14 jeweils in Zusammenwirken mit den Merkmalen des zugehörigen Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0016] Die Erfindung hinsichtlich der Vorrichtung geht aus von einer Vorrichtung zum Biegen von blechartigen Werkstücken bei gleichzeitiger Druckspannungsüberlagerung, in der mindestens ein relativ zu Biegeauflagern beweglich angeordneter Biegestempel das blechartige Werkstück plastisch verformt. Eine derartige gattungsgemäße Vorrichtung wird dadurch in erfunderischer Weise weiter entwickelt, dass einzelne oder mehrere Biegeauflager einseitig oder beidseits der Biegelinie an dem blechartigen Werkstück anliegen und zumindest einzelne Biegeauflager drehbeweglich derart gelagert sind, dass diese Biegeauflager bei der fortschreitenden Biegung des blechartigen Werkstücks zwischen Biegestempel und Biegeauflagern mit an der Biegelinie angeordneten Abschnitten des blechartigen Werkstücks synchron mit verschwenken, wobei diese Biegeauflager eine derartige Kraftwirkung im Bereich der Biegelinie und nahe der Biegelinie auf das blechartige Werkstück aufbringen, dass zumindest im Bereich der Biegelinie und nahe der Biegelinie Normalspannungen immer senkrecht zu entlang der Biegelinie angeordneten Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks erzeugt und den dort wirkenden Spannungen aufgrund des Biegens überlagert werden. Durch die Gestaltung der mitschwenkenden Biegelager werden bei der Vorrichtung gemäß der Erfindung etwa über eine Führung mit definiertem Drehpunkt gezielt Druckspannungen auf das zu biegende Blechwerkstück im Bereich der Biegezone aufgebracht. Die Höhe der Druckspannungsüberlagerung ist dabei flexibel einstellbar und auch über den Prozess sowohl variabel als auch konstant möglich. Durch die gezielte Führung des zu biegenden Blechwerkstück in Kombination mit der Druckspannungsüberlagerung kann immer der selbe Biegeradius auch bei unterschiedlichen Biegewinkel gewährleistet werden. Durch die Druckspannungseinbringung werden die Tangentialspannungen im Blechwerkstück verringert. Durch Reduktion der Zugspannungen im Außenbogen ist die Vorrichtung gemäß der Erfindung in der Lage, die Biegebarkeit insbesondere höherfester Werkstoffe zu erweitern. Ebenso ist es mög-

lich, Materialschädigungen des Blechwerkstücks im Bereich der Biegezone, die durch die Umformung induziert werden, gezielt zu steuern und im Vergleich zu konventionellen Biegeprozessen zu verringern. Die Druckspannungsüberlagerung beeinflusst dabei das Versagens- und Schädigungsverhalten des Blechwerkstücks. Somit können durch Druckspannungsüberlagerungen die Formänderungsgrenzen erhöht werden. Dies ist insbesondere für hoch- und ultrafeste Werkstoffe relevant. Zudem wird durch Druckspannungsüberlagerungen die Werkstoffschädigung verzögert, sodass entsprechend hergestellte Blechwerkstücke im Leistungstest besser abschneiden. Durch die Druckspannungsüberlagerungen kann zudem der Eigenspannungszustand und das Rückfederungsverhalten positiv beeinflusst werden. Zudem können kleine Radien (Innenradius in der Größe des Biegestempelradius) winkel- und werkstoffunabhängig eingestellt werden. Die gängigen Freibiegeverfahren bilden den Biegeradius frei aus und diese Biegeradien sind wesentlich größer. Mittels der speziellen Gestaltung der Vorrichtung gemäß der Erfindung kann biegewinkelunabhängig der Biegeradius eingestellt werden. Durch die Führung des Bleches und die wirkenden Druckkräfte findet kein freies Biegen mehr statt und die Biegekontur wird vorgegeben. Es können somit Biegeradien definiert vorgegeben werden. Im Vergleich zum Elastomerbiegen, wirkt die Vorrichtung verschleißfrei und kontrollierbar.

[0017] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung können die nicht schwenkbar ausgebildete Biegeauflager als Klemmelemente ausgebildet sein, die Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks klemmend halten. Hierdurch wird es möglich, einseitige und nicht symmetrische Biegeoperationen auszuführen, indem ein erster Blechabschnitt seitlich der Biegelinie nur klemmend gehalten, aber selbst nicht aktiv gebogen wird, wohingegen ein gegenüberliegender Blechabschnitt mittels der verschwenkenden Biegeauflager erfindungsgemäß gebogen wird. Hierbei können die als Klemmelemente ausgestalteten Biegeauflager aber ggf. auch eine Verschwenkbewegung ausführen.

[0018] In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung sind die schwenkbar ausgebildeten Biegeauflager so gelagert, dass die Biegeauflager aufgrund der Kraftwirkung des Biegestempels bei zunehmender Biegung des Blechwerkstücks verschwenken und das sich biegende Blechwerkstück stützen. Der Biegestempel drückt bei seiner Biegebewegung auf das Blechwerkstück und damit auch auf die schwenkbar ausgebildeten Biegeauflager, die aufgrund ihrer Lagerung gegenüber dieser Bewegung des Biegestempels zurückweichen können und dabei eine definierte Schwenkbewegung ausführen. Die Schwenkbewegung der Biegeauflager und damit die Biegung des an den Biegeauflagern anliegenden Blechwerkstücks erfolgt synchron, wodurch die sich biegenden Abschnitte des Blechwerkstücks dauernd sicher abgestützt und mit der Gegenkraft der Biegeauflager beaufschlagt werden. Diese Gegenkraft der Biegeauflager

erzeugt dann zumindest im Bereich der Biegezone die Normalspannungen, die sich den in der Biegezone herrschenden Spannungen überlagern und das Umformverhalten des Blechwerkstücks in der Biegezone wie vorstehend beschrieben signifikant verbessern.

[0019] In weiterer Ausgestaltung kann die Verschwenkung der schwenkbar ausgebildeten Biegeauflager um eine Schwenkachse herum erfolgen, die entlang oder nahe der Biegelinie des zu biegenden Blechwerkstücks verläuft. Die Biegeauflager sind dabei so gestaltet und gelagert, dass die Schwenkachse kollinear oder parallel benachbart zur Biegelinie des zu biegenden Blechwerkstücks verläuft und daher im Bereich der Biegezone. Hierdurch werden die zu biegenden Abschnitte des Blechwerkstücks im Bereich der Biegezone unterstützt und geometrisch definiert geführt und bilden daher genaue und wenn gewünscht auch sehr kleine Biegeradien aus.

[0020] Von besonderem Vorteils ist es, wenn zumindest einzelne Biegeauflager als Schwenkbacken ausgebildet sind, die einseitig oder beidseitig symmetrisch der Biegelinie schwenkbar angeordnet sind. Derartige Schwenkbacken können eine vollflächige oder benachbart zur eigentlichen Biegezone großflächige Unterstützung des zu biegenden Blechwerkstücks ermöglichen und im unbetätigten Zustand der Vorrichtung das noch ebene Blechwerkstück komplett stützen. Mit zunehmenden Hub des Biegestempels weichen die Schwenkbacken gegenüber dem Biegestempel zurück und verschwenken im Wesentlichen um die Biegelinie herum derart, dass sie synchron zu der zunehmenden Biegung des Blechwerkstücks verschwenken und das Blechwerkstück laufend zumindest nahe der Biegelinie flächig abstützen und führen. Damit ist zum einen die Unterstützung des Blechwerkstücks während des kompletten Biegevorgangs erreicht, zum anderen können durch die Kraftwirkung der Schwenkbacken entgegen der Kraftwirkung des Biegestempels die schon beschriebenen Normalkräfte laufend so auf das Blechwerkstück aufgebracht werden, dass diese Kräfte senkrecht zur sich jeweils ändernden Lage der gebogenen Abschnitte des Blechwerkstücks verlaufen und die Normalspannungen senkrecht zu den gebogenen Abschnitten des Blechwerkstücks erzeugen.

[0021] Diese laufende Anpassung der Lage der Schwenkbacken an den jeweiligen Biegezustand des Blechwerkstücks kann dadurch erreicht werden, dass die Schwenkbacken der Biegeauflager mit einem nahe der Biegelinie angeordneten Endbereich in einen Führungsschlitten hinein ragen, wobei Schwenkbacken und Führungsschlitten gegengleich und korrespondierend ausgebildete Führungsfächen aufweisen, an denen sich die Endbereiche der Biegeauflager und die Führungsfäche des Führungsschlittens bei der zunehmenden Biegung des blechartigen Werkstücks relativ zueinander bewegen und sich aneinander abstützen. Der Führungsschlitten bildet eine Art zwangsweise Gleitlagerung der Endbereiche der Schwenkbacken, an der sich die Schwenk-

backen sicher geführt abstützen können, wenn die Schwenkbacken gegenüber dem sich absenkenden Biegestempel zurückweichen und dabei verschwenken. Der Führungsschlitten selbst ist dabei ebenfalls so gelagert, dass er gegenüber dem sich absenkenden Biegestempel zurückweichen kann, gleichzeitig aber wie beschrieben eine Kraftwirkung entgegen der Kraftrichtung des sich absenkenden Biegestempels auf die Schwenkbacken aufbringen kann.

[0022] Hierzu kann die Führungsfläche des Führungsschlittens etwa halbkreisförmig vertieft ausgebildet und die dem Führungsschlitten zugeordneten Endbereiche der Schwenkbacken zumindest abschnittsweise halbkreisförmig vorstehend ausgebildet sein. Die jeweils halbkreisförmigen Gestaltungen von Führungsschlitten und Schwenkbacken definieren die Verschwenkbewegung der Schwenkbacken und erlauben gleichzeitig die Übertragung der Kräfte vom Biegestempel auf das Blechwerkstück sowie die Gegenkräfte vom Führungsschlitten auf die Schwenkbacken und damit ebenfalls auf das Blechwerkstück.

[0023] Zur Aufbringung der Gegenkräfte vom Führungsschlitten auf die Schwenkbacken kann in weiterer Ausgestaltung der Führungsschlitten mit einer im Wesentlichen entgegen der Kraftrichtung des Biegestempels gerichteten Druckkraft belastbar sein, die über die Führungsfläche des Führungsschlittens auf die Endbereiche der Schwenkbacken und von den verschwenkenden Biegeauflagern zu jedem Zeitpunkt senkrecht zum Umformbereich des sich biegenden blechartigen Werkstücks übertragen wird und eine Normalspannungsüberlagerung im Bereich der Biegelinie und nahe der Biegelinie hervorruft. Hierbei kann in weiterer Ausgestaltung die entgegen der Kraftrichtung des Biegestempels gerichtete Kraft mechanisch und/oder pneumatisch und/oder hydraulisch und/oder elektromechanisch erzeugt werden.

[0024] Weiterhin ist es denkbar, dass die entgegen der Kraftrichtung des Biegestempels gerichtete Kraft konstant oder abhängig vom Biegezustand des sich biegenden Blechwerkstücks, insbesondere kraft- oder wegabhängig, steuerbar ist. Durch eine solche Steuerung der Gegenkräfte vom Führungsschlitten auf die Schwenkbacken kann eine weitere Beeinflussung des Biegeablaufs des Blechwerkstücks erreicht werden, etwa indem die Gegenkraft kraftabhängig zur Biegekraft oder wegabhängig vom Weg des Biegestempels oder auch abhängig von weiteren geometrischen oder werkstoffabhängigen Biegegrößen gesteuert wird.

[0025] Eine weitere Möglichkeit der gezielten Beeinflussung der Biegung im Bereich der Biegezone lässt sich dadurch erreichen, dass im Bereich der Anlage des zu biegenden Blechwerkstücks an den Schwenkbacken der Biegeauflager Ausnehmungen oder Formgebungen, insbesondere Taschen oder Vorsprünge, angeordnet sind, durch die die Krafteinleitung der die Normalspannungen hervorrufenden Normalkräfte in das zu biegende Blechwerkstück beeinflussbar, insbesondere in den Bereich

ringen um die Biegelinie herum konzentrierbar ist. So können etwa direkt an der Biegelinie z.B. radiusähnliche Vorsprünge vorgesehen werden, die die Normalkräfte sehr nahe an der Biegelinie in das Blechwerkstück einkoppeln und dadurch gerade diesen sensiblen Bereich der Biegeumformung gezielt stützen und beladen. Weiter von der Biegelinie entfernte Bereich des Blechwerkstücks können hingegen durch z.B. taschenartige Ausnehmungen gezielt entlastet werden.

[0026] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Schwenkachse der Biegeauflager parallel zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels, vorzugsweise kollinear zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels ausgerichtet ist. Hierdurch lässt sich eine sehr genaue Ausbildung des eigentlichen Biegeradius erreichen. Es ist aber auch denkbar, dass die Schwenkachse der Biegeauflager beabstandet zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels ausgerichtet ist, etwa parallel zur Bewegung des Biegestempels oberhalb oder unterhalb der eigentlichen Biegelinie verläuft. Hierdurch kann das Biegeverhalten in der eigentlichen Biegezone weiter gezielt beeinflusst und gesteuert werden.

[0027] Zur Einstellung eines Versatzes zwischen Schwenkachse der Biegeauflager und Biegelinie ist es denkbar, dass Abstandhalter oder Zwischenbleche derart zwischen Biegeauflager und sich entlang der Biegelinie erstreckenden Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks angeordnet werden, dass die Schwenkachse der Biegeauflager beabstandet zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels ausgerichtet ist. In anderer Ausgestaltung kann aber auch eine Verstelleinrichtung derart zwischen Biegeauflager und den sich entlang der Biegelinie erstreckenden Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks angeordnet werden, dass der Abstand zwischen Biegeauflager und den sich entlang der Biegelinie erstreckenden Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks zueinander einstellbar ist, so dass die Schwenkachse der Biegeauflager beabstandet zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels ausgerichtet ist.

[0028] In weiterer Ausgestaltung ist es auch denkbar, dass gegenüberliegend und mit den Schwenkbacken der Biegeauflager zusammenwirkend Spannelemente angeordnet sind, die zusammen mit den Schwenkbacken die entlang der Biegelinie sich erstreckenden Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks halten und/oder klemmen. Hierdurch wird das zu biegende Blechwerkstück während der Biegung nicht nur vollflächig abgestützt, sondern kann auch noch gegen die Schwenkbacken gehalbert oder geklemmt werden, wodurch sich ungewollte Materialverschiebungen des zu biegenden Blechwerkstücks weiter eliminieren lassen. So ist es z.B. auch denkbar, dass die Spannelemente tangential mit Schubkräften belastet werden, die die Spannelemente auf die längs der Biegelinie sich erstreckenden Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks übertragen. Hierdurch können etwa Tangentialspannungen gezielt in Bereich des Blechwerkstücks eingebracht werden, die

in Richtung auf die Biegelinie zu oder von der Biegelinie weg wirken und das Fließen des Materials in der Biegelinie zusätzlich beeinflussen.

[0029] In einer weiteren Ausgestaltung ist es denkbar, dass die Schwenkbacken der Biegeauflager in einem Bereich unterhalb der Auflageflächen für das zu biegende Blechwerkstück Ausnehmungen oder Formgebungen, insbesondere Taschen oder Rücksprünge, aufweisen, die einen größeren Schwenkwinkel der Biegeauflager zueinander und damit eine Erhöhung des biegbaren Winkels des zu biegenden Blechwerkstücks ermöglichen. Um Biegewinkel von mehr als 90° zu erzeugen, ist eine Verringerung der gegenseitigen Beeinflussung der Schwenkbacken der Biegeauflager anzustreben sowie dafür zu sorgen, dass auch bei derart größeren Biegewinkeln die Abstützung und Kraftübertragung zwischen Führungsschlitten und Schwenkbacken immer sicher möglich ist.

[0030] Hierzu ist es weiterhin auch denkbar, dass die Schwenkbacken der Biegeauflager derart ausgebildet sind, dass jeweils gegengleich kammartig ausgebildete Abschnitte der nahe der Biegelinie angeordneten Endbereiche wechselweise ineinander greifen und die Schwenkbacken der Biegeauflager sich dadurch gegenseitig durchdringen. Die kammartig ausgebildete Abschnitte verschränken quasi die sich durchdringenden Endbereiche der Schwenkbacken und erlauben daher auch dann noch eine sichere Abstützung und Kraftübertragung zwischen Führungsschlitten und Schwenkbacken, wenn der Schwenkwinkel größer als 90° wird.

[0031] Weiterhin ist es denkbar, dass die kammartig ausgebildeten Endbereiche der Schwenkbacken der Biegeauflager durch parallel zur Biegelinie verlaufende Kräfte belastet werden, die in Blechbreitenrichtungen Spannungen in den sich biegenden Bereichen entlang der Biegelinie hervorrufen und den dort herrschenden Spannungen überlagern. Hierdurch werden Tangentialkräfte parallel zur Biegelinie auf das zu biegende Blechwerkstück aufgebracht, die das Fließen des Materials in der Biegelinie zusätzlich beeinflussen können.

[0032] In einer anderen Ausgestaltung ist es auch denkbar, dass der Biegestempel aus mindestens zwei Segmenten gebildet ist, die entlang der Biegelinie an dem blechartigen Werkstück anliegen und drehbeweglich derart gelagert sind, und die Biegestempelsegmente bei der zunehmenden Biegung des blechartigen Werkstücks zwischen Biegestempel und Biegeauflagern mit den entlang der Biegelinie angeordneten Abschnitten des blechartigen Werkstücks synchron mit verschwenken. Hierdurch ist eine weitere Abstützung des Biegestempels an dem Biegeinnenbogen erreichbar, durch die sich etwaige Einkerbungen an dem Biegeinnenbogen reduzieren oder sogar eliminieren lassen. Auch wird das blechartige Werkstück gegenüberliegend zu den Schwenkbacken zusätzlich flächig abgestützt, wodurch ein Abheben des blechartigen Werkstücks von den Schwenkbacken beim Ausführen des Biegevorganges und damit einhergehende Materialverformungen ausge-

schlossen werden können.

[0033] Von besonderem Vorteil ist es, wenn die Biegestempelsegmente um die Achse des Biegeinnenbogens des sich biegenden blechartigen Werkstücks synchron mit verschwenken, da hierdurch eine während des ganzen Biegeablaufs die beschriebene zusätzliche Gegenhalterung des blechartigen Werkstücks erreicht werden kann. Die Biegestempelsegmente verschwenken synchron mit der Verschwenkbewegung der Schwenkbacken der Biegeauflager.

[0034] Zur Realisierung einer derartigen Verschwenkbewegung der Biegestempelsegmente ist es in weitere Ausgestaltung denkbar, dass die Biegestempelsegmente in einer Führungsfläche einer Biegestempelführung drehbar zueinander gelagert sind, wobei die Biegestempelsegmente bei Beaufschlagung der Biegestempelführung mit der Biegekraft zueinander um die Biegeelinie herum verschwenken. Diese Anordnung entspricht im Wesentlichen der Lagerung und Führung der Schwenkbacken der Biegeauflager und ist konstruktiv einfach und robust ausführbar. Die Führungsfläche der Biegestempelführung kann dabei auch etwa halbkreisförmig vertieft ausgebildet werden und die der Biegestempelführung zugeordneten Endbereiche der Biegestempelsegmente sind zumindest abschnittsweise ebenfalls halbkreisförmig vorstehend ausgebildet.

[0035] Weiterhin ist es denkbar, dass die Biegestempelsegmente im Bereich der Achse des Biegeinnenbogens zueinander jeweils kammartig gegengleich und mit den kammartig ausgebildeten Vorsprüngen wechselweise ineinander greifend ausgebildet sind, so dass gerade im Bereich der eigentlichen Biegezone die Biegestempelsegmente sehr sicher aneinander festgelegt bzw. gegenseitig geführt ausgebildet werden können.

[0036] Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zum Biegen von blechartigen Werkstücken bei gleichzeitiger Druckspannungsüberlagerung, wobei mindestens ein relativ zu Biegeauflagern beweglich angeordneter Biegestempel das blechartige Werkstück plastisch verformt, bei dem das blechartige Werkstück einseitig oder beidseits der Biegeelinie von einzelnen oder mehreren Biegeauflager unterstützt wird, die an dem blechartigen Werkstück anliegen und zumindest einzelne Biegeauflager drehbeweglich bei der fortschreitender Biegung des blechartigen Werkstücks mit an der Biegeelinie angeordneten Abschnitten des blechartigen Werkstücks synchron mit verschwenken, wobei diese Biegeauflager eine derartige Kraftwirkung im Bereich der Biegeelinie und nahe der Biegeelinie auf das blechartige Werkstück aufbringen, dass zumindest im Bereich der Biegeelinie und nahe der Biegeelinie Normalspannungen immer senkrecht zu entlang der Biegeelinie angeordneten Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks erzeugt und den dort wirkenden Spannungen aufgrund des Biegens überlagert werden. Die Eigenschaften und Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind schon vorstehend zur erfindungsgemäßen Vorrichtung ausführlich beschrieben worden, so dass hierauf ausdrücklich Bezug genommen

wird.

[0037] Hierbei ist es in weiterer Ausgestaltung denkbar, dass die Normalspannungsüberlagerung im Bereich der Biegeelinie und nahe der Biegeelinie im elastischen Bereich der Werkstoffverformung des sich biegenden Blechwerkstücks liegt, damit die Tangentialspannungen im Blechwerkstück reduziert werden, aber kaum bis keine Ausdünnung zusätzliche im Blechwerkstück stattfindet. So können nahezu gleiche Bauteilend-Geometrien mit unterschiedlicher Belastungshistorie hergestellt werden.

[0038] In anderer Ausgestaltung ist es aber auch denkbar, dass die Normalspannungsüberlagerung im Bereich der Biegeelinie und nahe der Biegeelinie im plastischen Bereich der Werkstoffverformung des sich biegenden Blechwerkstücks liegt. Hierdurch wird die Streckgrenze überschritten und gezielt das Bauteil im Biegeradius verjüngt oder ein Blechdickenverlauf vorgegeben.

[0039] Das Verfahren erlaubt weiterhin durch die vollflächige Abstützung des Blechwerkstücks ein Biegen von weichen oder formschlaffen Materialen, vorzugsweise ein Umformen des Blechwerkstücks im erwärmten Zustand von weichen Metallen oder von faserfaserverstärkten Kunststoffen.

[0040] Denkbar ist auch ein temperaturunterstütztes Biegen durch direkte Erwärmung, insbesondere mittels Stromdurchleitung, oder indirekte Erwärmung, insbesondere durch Aufheizung der Vorrichtung, wobei durch ein solches temperaturunterstütztes Biegen das Biegen spröder und gehärteter Metalle verbessert werden kann.

[0041] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Biegen zeigt die Zeichnung.

[0042] Es zeigen:

35 Figur 1 - prinzipielle Darstellung der Anordnung der Bestandteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung während der Biegeumformung eines Blechwerkstücks zwischen einem Biegestempel und einem geteilten und drehbeweglich angeordneten Biegeauflager in einer dreidimensionalen Ansicht,

40 Figur 2a-2c - ein Stadienplan der erfindungsgemäß Vorrichtung gemäß Figur 1 während der Biegeumformung, ausgehend von der unverformten Konfiguration des Blechwerkstücks (Figur 2a), in einem Zwischenstadium (Figur 2b) und im Endzustand der Biegeumformung (Figur 2c) in ebener Darstellung,

45 Figur 3 - Möglichkeiten zur Verschiebung des Schwenkmittelpunktes der drehbeweglich angeordneten Biegeauflager,

50 Figur 4 - Anordnung zweier in Richtung der Bie-

gelinie versetzt zueinander angeordneter Biegeauflager mit Aufbringung einer zusätzliche Kraft in Richtung der Biegelinie auf diese Biegeauflager,

Figur 5 - eine Abwandlung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 1 mit verzahnt ineinander greifenden in Richtung der Biegelinie versetzt zueinander angeordneten Biegeauflagern zur Erzielung größerer biegbaren Winkel des Blechwerkstücks,

Figur 6 - eine Abwandlung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 1 zum einseitigen Biegen mit einer als Klemmlager ausgebildeten einseitigen Einspannung des Blechwerkstücks,

Figur 7 - eine Abwandlung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 1 mit einem geteilten Biegestempel, dessen Einzelteile in einer offenen Lagerschale schwenkbar angeordnet sind,

Figur 8 - Gestaltung der biegeliniennahen Einzelteile des geteilten Biegestempels gemäß Figur 7 zur Vergrößerung der Anlagefläche des Blechwerkstücks an dem geteilten Biegestempel,

Figur 9 - Gestaltung der Anlageflächen des geteilten Biegestempels gemäß Figur 7 mit Taschen und vorspringenden Radien im Bereich der Anlagefläche des Blechwerkstücks an dem geteilten Biegestempel,

Figur 10 - eine Abwandlung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß Figur 7 mit einem geteilten Biegestempel, dessen Einzelteile stürnseitig zueinander gelagert und durch zusätzlich Kräfte belastet werden können

Figur 11 - eine Hälfte des geteilten Biegestempels gemäß Figur 10 mit einer vergrößerten Darstellung der Drehlagerung und der Verzahnung zum anderen Hälfte des Biegestempels.

[0043] Die Figur 1 zeigt in einer prinzipiellen Darstellung die Anordnung der Bestandteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 während der Biegeumformung eines Blechwerkstücks 2 zwischen einem Biegestempel 3 und einem geteilten und drehbeweglich angeordneten Biegeauflager 4 in einer dreidimensionalen Ansicht. Die als Schwenkbacken 4 ausgebildeten Biegelager 4 können dabei um einen definierten Drehpunkt 9 schwenken.

Die Schwenkbacken 4 können dabei spiegelsymmetrisch identische Bauteile sein, wobei jede Schwenkbacke 4 im Wesentlichen plattenförmig ausgebildet ist mit einem Auflagebereich 7 für das Blechwerkstück 2 und einem vorstehenden Abschnitt 6, der etwa halbkreisförmig mit einer Führungsfläche 13 vorgewölbt ist. Diese Führungsfläche 13 steht nach unten in Richtung auf einen Führungsschlitten 5 vor und wird in einer Vertiefung des Führungsschlittens 5 aufgenommen. Der hier etwa viertelkreisförmige Radius der Schwenkbacken 4 und die etwa halbkreisförmige Vertiefung 12 des Führungsschlittens 5 sind dabei so gewählt, dass die Schwenkbacken 4 in der halbkreisförmigen Vertiefung 12 des Führungsschlittens 5 gestützt sich verdrehen können und der Drehpunkt 9 der Schwenkbacken 4 im Mittelpunkt des Stempelradius des Biegestempels 3 liegt. Dadurch wird gewährleistet, dass der äußere Biegeradius des Blechwerkstücks 2 konstant bleibt. Die Führungsfläche 13 gibt somit die Kontur des gebogenen Blechwerkstücks 2 vor.

5 In einer Ausgangsstellung vor der Verformung des Blechwerkstücks 2 liegen die Schwenkbacken 4 flächig auf einem Gesenklager 8 auf, während der Biegeumformung stützen sie sich auf dem Gesenklager 8 mit zunehmender Biegung des Blechwerkstücks 2 auf dem Gesenklager 8 ab.

10 **[0044]** Wird der Biegestempel 3 nun in Vorschubrichtung 10 nach unten auf das Blechwerkstück 2 zu bewegt, so belastet der Biegestempel 3 das Blechwerkstück 2 und damit die Schwenkbacken 4. Aufgrund der schwenkbaren Lagerung der Schwenkbacken 4 in dem Führungsschlitten 5 verschwenken die Schwenkbacken 4 bei dieser Belastung nach und nach immer mehr, je tiefer der Biegestempel 3 sich bewegt. Der Winkel α zwischen den beiden Schwenkbacken 4 vergrößert sich, wie dies genauer in den Figuren 2a bis 2c zu erkennen ist, die eine Art Stadienplan der Biegeumformung des Blechwerkstücks 2 darstellen. Der Drehpunkt 9 der Schwenkbewegung der Schwenkbacken 4 bleibt dabei konstant, hier wie dargestellt im Mittelpunkt des Stempelradius des Biegestempels 3.

15 **[0045]** Aufgrund der Auflagerung der Schwenkbacken 4 auf dem Gesenklager 8 muss der Führungsschlitten 5 bei zunehmender Absenkung des Biegestempels 3 nach unten ausweichen, wie dies in den Figuren 2a bis 2c gut

20 zu erkennen ist. Wird der Führungsschlitten 5 aber bei dieser Bewegung nach unten mit einer gegen die Stempelkraft des Biegestempels 3 wirkenden Kraft 11 beaufschlagt, so wirkt auf die Schwenkbacken 4 eine Gegenkraft über die Führungsfläche 12 des Führungsschlittens 5 auf die Führungsflächen 13 der Schwenkbacken 4. Diese Gegenkraft 11 wird dabei durch die Lagerung der Schwenkbacken 4 immer so in die Schwenkbacken 4 eingeleitet, dass diese Kraftkomponenten F_{Res} senkrecht zur Blechebene des sich verformenden Blechwerkstücks 2 gerichtet ist, also wie mit der Normalkraftverteilung 14 angedeutet senkrecht zu den beiden sich seitlich der Biegelinie 28 erstreckenden Auflagebereichen 7 der Schwenkbacken 4 erstrecken. Diese Normalkraftverteilung

25

30 **[0044]** Wird der Biegestempel 3 nun in Vorschubrichtung 10 nach unten auf das Blechwerkstück 2 zu bewegt, so belastet der Biegestempel 3 das Blechwerkstück 2 und damit die Schwenkbacken 4. Aufgrund der schwenkbaren Lagerung der Schwenkbacken 4 in dem Führungsschlitten 5 verschwenken die Schwenkbacken 4 bei dieser Belastung nach und nach immer mehr, je tiefer der Biegestempel 3 sich bewegt. Der Winkel α zwischen den beiden Schwenkbacken 4 vergrößert sich, wie dies genauer in den Figuren 2a bis 2c zu erkennen ist, die eine Art Stadienplan der Biegeumformung des Blechwerkstücks 2 darstellen. Der Drehpunkt 9 der Schwenkbewegung der Schwenkbacken 4 bleibt dabei konstant, hier wie dargestellt im Mittelpunkt des Stempelradius des Biegestempels 3.

35 **[0045]** Aufgrund der Auflagerung der Schwenkbacken 4 auf dem Gesenklager 8 muss der Führungsschlitten 5 bei zunehmender Absenkung des Biegestempels 3 nach unten ausweichen, wie dies in den Figuren 2a bis 2c gut

40 zu erkennen ist. Wird der Führungsschlitten 5 aber bei dieser Bewegung nach unten mit einer gegen die Stempelkraft des Biegestempels 3 wirkenden Kraft 11 beaufschlagt, so wirkt auf die Schwenkbacken 4 eine Gegenkraft über die Führungsfläche 12 des Führungsschlittens 5 auf die Führungsflächen 13 der Schwenkbacken 4. Diese Gegenkraft 11 wird dabei durch die Lagerung der Schwenkbacken 4 immer so in die Schwenkbacken 4 eingeleitet, dass diese Kraftkomponenten F_{Res} senkrecht zur Blechebene des sich verformenden Blechwerkstücks 2 gerichtet ist, also wie mit der Normalkraftverteilung 14 angedeutet senkrecht zu den beiden sich seitlich der Biegelinie 28 erstreckenden Auflagebereichen 7 der Schwenkbacken 4 erstrecken. Diese Normalkraftverteilung

45

50 **[0044]** Wird der Biegestempel 3 nun in Vorschubrichtung 10 nach unten auf das Blechwerkstück 2 zu bewegt, so belastet der Biegestempel 3 das Blechwerkstück 2 und damit die Schwenkbacken 4. Aufgrund der schwenkbaren Lagerung der Schwenkbacken 4 in dem Führungsschlitten 5 verschwenken die Schwenkbacken 4 bei dieser Belastung nach und nach immer mehr, je tiefer der Biegestempel 3 sich bewegt. Der Winkel α zwischen den beiden Schwenkbacken 4 vergrößert sich, wie dies genauer in den Figuren 2a bis 2c zu erkennen ist, die eine Art Stadienplan der Biegeumformung des Blechwerkstücks 2 darstellen. Der Drehpunkt 9 der Schwenkbewegung der Schwenkbacken 4 bleibt dabei konstant, hier wie dargestellt im Mittelpunkt des Stempelradius des Biegestempels 3.

55 **[0045]** Aufgrund der Auflagerung der Schwenkbacken 4 auf dem Gesenklager 8 muss der Führungsschlitten 5 bei zunehmender Absenkung des Biegestempels 3 nach unten ausweichen, wie dies in den Figuren 2a bis 2c gut

60 zu erkennen ist. Wird der Führungsschlitten 5 aber bei dieser Bewegung nach unten mit einer gegen die Stempelkraft des Biegestempels 3 wirkenden Kraft 11 beaufschlagt, so wirkt auf die Schwenkbacken 4 eine Gegenkraft über die Führungsfläche 12 des Führungsschlittens 5 auf die Führungsflächen 13 der Schwenkbacken 4. Diese Gegenkraft 11 wird dabei durch die Lagerung der Schwenkbacken 4 immer so in die Schwenkbacken 4 eingeleitet, dass diese Kraftkomponenten F_{Res} senkrecht zur Blechebene des sich verformenden Blechwerkstücks 2 gerichtet ist, also wie mit der Normalkraftverteilung 14 angedeutet senkrecht zu den beiden sich seitlich der Biegelinie 28 erstreckenden Auflagebereichen 7 der Schwenkbacken 4 erstrecken. Diese Normalkraftverteilung

lung 14 wirkt auf die beaufschlagten Abschnitte des Blechwerkstücks 2 als Druckspannung, die sich den in diesen Abschnitten des Blechwerkstücks 2 aufgrund der Biegung wirkenden Spannungen überlagert und die schon vorstehend ausführlich dargestellten vorteilhaften Wirkungen auf die Biegeumformung und die Ausbildung der gebogenen Kontur des Blechwerkstücks 2 hervorruft.

[0046] Der Führungsschlitten 5 kann zur Aufbringung der Gegenkraft 11 beispielsweise mit einem nicht dargestellten Hydraulikzylinder verbunden sein. Mittels eines solchen Hydraulikzylinders kann dann genau die gewünschte Druckspannungsüberlagerung aufgrund der Normalkraftverteilung 14 während des Biegeprozesses vorgegeben werden. Die aufzubringende Kraft 11 kann jedoch auch durch elektrische oder mechanische Kräfte beispielsweise durch Federsysteme aufgebracht werden. Dadurch, dass die Kraft 11 einstellbar sein kann, kann auch die Höhe der Normalkraftverteilung 14 und damit der Druckspannungsüberlagerung im Blechwerkstück 2 eingestellt werden. Vorzugsweise sollte die Normalkraftverteilung 14 und damit die Druckspannungsüberlagerung im elastischen Bereich des Werkstoffs des Blechwerkstücks 2 liegen, damit die Tangentialspannungen im Blechwerkstück 2 reduziert werden, aber wenig bis keine zusätzliche Ausdünnung im Bereich des Biegeradius des Blechwerkstücks 2 stattfindet. So können nahezu gleiche Bauteilend-Geometrien des Blechwerkstücks 2 mit unterschiedlicher Belastungshistorie hergestellt werden. Ebenso ist es denkbar die Streckgrenze des Werkstoffs des Blechwerkstücks 2 zu überschreiten und gezielt das Blechwerkstück 2 im Biegeradius zu verjüngen oder einen Blechdickenverlauf vorzugeben.

[0047] Aus den Figuren 1 und 2 ist weiter ersichtlich, dass die zusätzliche Kraft 11 z.B. aus einem Hydraulikzylinder immer senkrecht von unten wirkt, da der Führungsschlitten 5 axial geführt ist. Die Führungsflächen 13 der Schwenkbacken 4, die direkt an dem der vertieften Führungsfläche 12 des Führungsschlittens 5 anliegen, können dabei zur Konzentrierung der Druckspannungsüberlagerung verschiedene Gestalten annehmen. So kann ein radiusförmiger Vorsprung 23 direkt im Bereich der Biegezone angeordnet werden, der angefast in den Auflagebereich der Schwenkbacken 4 übergeht, um eine kleinere Anlagefläche zwischen Führungsschlitten 5 und Schwenkbacken 4 zu erhalten. Somit wird die Kraft senkrecht auf den Biegestempel 3 geführt. Das gleiche Ziel wird erreicht, in dem eine Tasche in die Führungsfläche 13 der Schwenkbacken 4 eingebracht wird, die die Kraftübertragung auf die Umformzone beschränkt. Eine Kombination aus beiden Anpassungen ist möglich und sinnvoll.

[0048] Weiterhin ist es denkbar, in den Figuren aber nicht ausdrücklich dargestellt, dass eine Art Gegenhalter das Blechwerkstück 2 auf die zurückweichenden und verschwenkenden Schwenkbacken 4 drückt oder an den Schwenkbacken 4 auf sonstige Weise festlegt. Ein solcher Gegenhalter ist nicht zwangsläufig notwendig, da er keine Kräfte in das Blechwerkstück 2 für die Biegeum-

formung einbringt, sondern vorrangig ein Abheben der äußeren Randbereiche des Blechwerkstücks 2 verhindern soll. Der Gegenhalter könnte auch wie eine Tasche in den Schwenkbacken 4 ausgeführt sein oder durch angebrachte Taschen eingebracht werden. Eine weitere Variante kann sein, den Gegenhalter mit den Schwenkbacken 4 fest zu verspannen. Dann kann durch zusätzliche äußere Kräfte auf den Gegenhalter und dadurch auf das Blechwerkstück 2 in Tangentialrichtung ein Aufstauchen bzw. Ausdünnen in der Biegezone erreicht werden.

[0049] Es besteht weiterhin gemäß Figur 3a und 3b auch die Möglichkeit, den Drehpunkt 9 der Schwenkbacken 4 zu verschieben, um die Druckspannungsüberlagerung zu variieren. Hierzu können gemäß Figur 3a etwa zwischen Schwenkbacken 4 und Blechwerkstück 2 zusätzlich Zwischenlagebleche 18 eingelegt werden, wodurch der Drehpunkt 9 der Schwenkbacken 4 in Richtung auf den Biegestempel 3 angehoben wird. Auch wäre es denkbar, durch nur schematisch als Stellschrauben angedeutete Verstelleinrichtungen 15 das Blechwerkstück in seiner Lage gegenüber dem Auflagebereich 7 der Schwenkbacken 4 zu verstetzen (Figur 3b). Weiterhin ist es möglich, den Drehpunkt 9 des Auflagerradius' der Schwenkbacken 4 konstruktiv anders anzordnen, d.h. es wären keine Stellschrauben 15 oder Zwischenlagebleche 18 notwendig, der Drehpunkt 9 liegt einfach direkt durch die Konstruktion vorgegeben beispielsweise 1 mm unter der Radiusmitte des Biegestempels 3. Liegt der Drehpunkt 9 beispielsweise genau in der oberen Ecke der Schwenkbacken 4, würden diese Schwenkbacken 4 sich beim Absenken gar nicht voneinander entfernen und so eine zusätzliche Druckspannung in Umfangsrichtung einbringen. Durch die Konstruktion kann man daher den Drehpunkt 9 entweder einmalig fest vorgeben oder ihn durch die genannten Möglichkeiten von Stellschrauben 15 oder Zwischenlageblechen 18 variieren.

[0050] Weiterhin ist es denkbar, gemäß Figur 4 die Schwenkbacken 4 selbst jeweils zweiteilig auszubilden, wobei die Hälften der Schwenkbacken 4 durch einen Spalt 17 voneinander beabstandet zueinander angeordnet werden. Berühren die Schwenkbacken 4 das Blechwerkstück wie in Figur 4 dargestellt nur abschnittsweise an Vorsprüngen 16 und wirkt auf die beiden Hälften der Schwenkbacken 4 eine zusätzliche in Richtung der Biegelinie 28 wirkende Kraft F_{zus} , so können Druckspannungen in Blechbreitenrichtungen aufgebracht werden und damit wird das Fließverhalten des Werkstoffs des Blechwerkstücks 2 im Bereich der Biegezone zusätzlich beeinflusst. Dieser Spalt 17 ist dann gemäß der elastischen Verschiebungen ausgelegt und ermöglicht eine Druckspannungsüberlagerung im elastischen Bereich. Durch diese Druckspannungsüberlagerung kann der Spannungszustand zusätzlich positiv beeinflusst werden.

[0051] Die Erzeugung der beschriebenen Spannungsüberlagerung mittels des Führungsschlittens und der Schwenkbacken 4 kann in der in den Figuren 1 und 2

beschriebenen Anordnung solange Kräfte übertragen, bis der Radius der Schwenkbacken 4 aus der Führungsfäche 12 des Führungsschlittens 5 heraus dreht. Um diesen maximalen Biegewinkel von ca. 90° zu erhöhen, können gemäß Figur 5 die der Schwenkbacken 4 verändert ausgebildet werden. Hierzu werden die vorstehenden Abschnitte 6 der Schwenkbacken 4 in Richtung der jeweils anderen Schwenkbacke 4 verlängert und so verschränkt zueinander angeordnet, dass sich eine Art Verzahnung zwischen den Schwenkbacken 4 bildet. Dadurch greifen die verlängerten Abschnitte 6 der Schwenkbacken 4 wechselweise in entsprechende nutartige Vertiefungen der anderen der Schwenkbacke 4 ein, so dass sich die Schwenkbacken 4 quasi sich ein Stück weit durchdringend ineinander drehen können. Hierdurch ist auch bei größeren Verdrehungen der Schwenkbacken 4 noch ein flächiger Kontakt zwischen den Führungsfächlen 13 der Schwenkbacken 4 und der Führungsfäche 12 des Führungsschlittens 5 möglich und es werden Biegewinkel deutlich über 90°, etwa bis zu 130° und mehr erreicht. Dadurch kann auch bei größeren Biegewinkeln α noch eine Spannungsüberlagerung stattfinden.

[0052] Gemäß der Figur 7 ist es auch möglich, anstatt eines einteiligen Biegstempels 3 gemäß Figur 1 oder 2 mit einem mehrteiligen Biegestempel 3, 3' zu arbeiten, dessen Segmente 3, 3' zueinander durch einen Abstand 22 abschnittsweise getrennt angeordnet und ebenfalls schwenkbar in einer Stempelführung 20 geführt sind. Hierzu kann analog wie bei der Führung der Schwenkbacken 4 eine etwa halbkreisförmige Vertiefung 29 in der Stempelführung 20 vorgesehen sein, in denen sich die Segmente 3, 3' mit gegengleichen Flächen abstützen und bei der Vorschubbewegung 10 des Stempels 3 um den Winkel β verschwenkt werden. Diese Verschwenkbewegung um den Winkel β erfolgt dabei aufgrund der Kontaktverhältnisse synchron zur zunehmenden Biegeumformung des Blechwerkstücks 2, wie dies etwa aus der Figur 8 zu entnehmen ist. Die Nutzung eines geteilten Biegestempels 3, 3' hat dabei den Vorteil, dass die beiden Teile Biegestempels 3, 3' das Blechwerkstück flächig auf die Schwenkbacken 4 drücken und damit ein Abheben des Blechwerkstücks 2 von den Schwenkbacken 4 oder sonstige unzulässige Verformungen des Blechwerkstücks 2 minimieren. Zudem erhöht die mehrteilige Gestaltung des Biegestempels 3, 3' bei entsprechender Formgebung im Bereich des Biegeinnenbogens wie in Figur 8 dargestellt die Auflagefläche des Blechwerkstücks 2 am Bereich des Biegeinnenbogens gegenüber einem einteiligen Biegestempel 3, wodurch festigkeitsmäßig nachteilige Einkerbungen des Biegeinnenbogens verringert oder ganz verhindert werden können.

[0053] Eine weitere Konzentration der Biegekräfte auf das Blechwerkstück 2 und damit der Druckspannungsüberlagerung in oder nahe der Biegezone lässt sich bei einem mehrteiligen Biegestempel 3, 3' erreichen, dass der Auflagebereich zwischen Schwenkbacken 4 und Blechwerkstück 2 passend geformt wird. Hierzu kann der am

nächsten zur Biegezone befindliche Abschnitt der Schwenkbacken 4 mit einem Vorsprung 23 ausgebildet werden, an den angrenzend sich eine taschenförmige Ausnehmung 24 weiter nach außen erstreckt, in deren Bereich kein direkter Kontakt zwischen Schwenkbacken 4 und Blechwerkstück 2 vorliegt. Hierdurch konzentrieren sich die Normalspannungen 14 auf den Bereich des Vorsprungs 23.

[0054] Die Ausgestaltung mit einem geteilten Biegestempel kann gemäß Figur 6 auch dazu genutzt werden, dass an dem Blechwerkstück nur eine einseitige Biegeumformung ausgeführt wird. Hierzu wird nur jeweils einseitig der Biegeleiste 28 eine Schwenkbacke 4 und ein Stempelsegment 3 vorgesehen. Auf der anderen Seite der Biegeleiste 29 wird dieser Abschnitt des Blechwerkstücks 2 in einer backenähnlichen Klemmeinrichtung 21 lediglich festgelegt, ohne dass hier symmetrisch zur anderen Seite der Biegeleiste 29 ebenfalls gebogen wird.

[0055] Die Figuren 10 und 11 zeigen eine Ausgestaltung mit einem geteilten Biegestempel 3, 3', bei der wie schon beschrieben die beiden Stempelsegmente 3, 3' mittels einer Stempelführung 20 verschwenkend betätigt und sich synchron zur Verschwenkung der Schwenkbacken 4 bewegen. Hierbei sind aber zusätzlich, wie in der vergrößerten Detailzeichnung der Figur 11 eine einzelnen Schwenkbacke 4 besser zu erkennen, die beiden Segmente 3, 3' des Biegestempels über eine seitliche Achslagerung 26 zueinander geführt und zusätzlich mittels zueinander passender Verzahnung 27 einander zugeordnet. Dies ermöglicht es, in Richtung der Biegeachse 29 auch axiale Kräfte auf die Segmente 3, 3' des Biegestempels aufzubringen, um auch hier das Fließverhalten des Blechwerkstücks 2 in der Biegezone positiv zu beeinflussen.

[0056] Mit der Erfindung wird somit eine definierte und variable Aufbringung von Druckspannungen beim nahezu konstanten Biegeradius und variablen Biegewinkeln gewährleistet.

[0057] Üblicherweise werden Werkstoffe mit begrenztem Umformvermögen bei erhöhten Temperaturen umgeformt, um zusätzliche Gleitebenen zu aktivieren oder eine Rekristallisation herbeizuführen. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht unter hohen Druckspannungen bereits bei Raumtemperatur die Erweiterung von Prozessgrenzen (martensitische Stähle, Magnesium-Legierungen, Titan-Legierungen). Obwohl die Gestaltung konstruktiv einfach umsetzbar erscheint, wird durch die spezielle Werkzeuggestaltung die Druckspannungsüberlagerung in bisher nicht bekannter Weise ermöglicht. Aufgrund des vielfachen Einsatzes von hochfesten Metallwerkstoffen ist das erfindungsgemäße Verfahren eine zukunftsorientierte Methode, die insbesondere für die industrielle Anwendung wegen des einfachen Werkzeugs und der flexiblen Einstellmöglichkeiten besonders wichtig ist.

[0058] Die erfindungsgemäße Gestaltung hebt sich insbesondere wie folgt von Vorgehensweise aus dem Stand der Technik ab:

- Keine bekannte Lösung überlagert bisher Druckspannungen radial in der Biegezone reproduzierbar und genau einstellbar während des gesamten Biegevorgangs,
- Bei keiner bekannten Lösung ist die Höhe der radialen Druckspannungsüberlagerung beliebig hoch einstellbar (üblicherweise Begrenzung Abflachung des Biegeteils)
- Bei keiner bekannten Methode ist eine Druckspannungsüberlagerung in Umfangsrichtung beliebig hoch möglich, da sonst ein Ausknicken am Außenbogen auftritt

[0059] In keinem der aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren werden somit gezielt Druckspannungen durch ein drehendes und mitwanderndes Gesenkteil vorgegeben. Ebenso können mit dem Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung beliebig hohe tangentiale Druck- oder Zugspannungen eingebracht werden.

Literatur:

[0060]

[1] Schiefenbusch, J., 1992, Untersuchungen zur Verbesserung des Umformverhalten von Blechen beim Biegen, Universität Dortmund, Dr.-Ing.-Dissertation.

Sachnummernliste

[0061]

- Vorrichtung
- Blechwerkstück
- Biegestempel
- Biegeauflager/ Schwenkbacke
- Führungsschlitten
- vorstehender Abschnitt Schwenkbacke
- Auflagebereich Schwenkbacke
- Gesenkauflager
- Schenkmittelpunkt Schwenkbacken
- Vorschubrichtung Biegestempel
- Gegenkraft auf Führungsschlitten
- Führungsfläche Führungsschlitten

- Führungsfläche Schwenkbacke
- Normalkräfte
- Verstelleinrichtung
- Vorsprung
- Spalt
- Zwischenlageblech
- Verzahnungsvorsprünge
- Stempelführung
- Klemmbacken
- Abstand zwischen Stempelhälften
- radiusförmiger Vorsprung
- taschenförmige Ausnehmung
- axiale Kraftbeaufschlagung
- seitliche Achslagerung
- Verzahnung
- Biegelinie
- Vertiefung Stempelführung

35 Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zum Biegen von blechartigen Werkstücken (2) bei gleichzeitiger Druckspannungsüberlagerung, in der mindestens ein relativ zu Biegeauflagern (4) beweglich angeordneter Biegestempel (3, 3') das blechartige Werkstück (2) plastisch verformt, **dadurch gekennzeichnet, dass** einzelne oder mehrere Biegeauflager (4) einseitig oder beidseits der Biegelinie (28) an dem blechartigen Werkstück (2) anliegen und zumindest einzelne Biegeauflager (4) drehbeweglich derart gelagert sind, dass diese Biegeauflager (4) bei der fortschreitenden Biegung des blechartigen Werkstücks (2) zwischen Biegestempel (3, 3') und Biegeauflagern (4) mit an der Biegelinie (28) angeordneten Abschnitten des blechartigen Werkstücks (2) synchron mit verschwenken, wobei diese Biegeauflager (4) eine derartige Kraftwirkung im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) auf das blechartige Werkstück (2) aufbringen, dass zumindest im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) Normalspannungen (14) immer senkrecht zu ent-

- lang der Biegelinie (2) angeordneten Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks (2) erzeugt und den dort wirkenden Spannungen aufgrund des Biegens überlagert werden.
2. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nicht schwenkbar ausgebildete Biegeauflager (4) als Klemmelemente (21) ausgebildet sind, die Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks (2) klemmend halten. 5
3. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die schwenkbar ausgebildeten Biegeauflager (4) so gelagert sind, dass die Biegeauflager (4) aufgrund der Kraftwirkung des Biegestempels (3, 3') bei zunehmender Biegung des Blechwerkstücks (2) verschwenken und das sich biegende Blechwerkstück (2) stützen, vorzugsweise die Verschwenkung der schwenkbar ausgebildeten Biegeauflager (4) um eine Schwenkachse (9) herum erfolgt, die entlang oder nahe der Biegelinie (28) des zu biegenden Blechwerkstücks (2) verläuft. 15
4. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest einzelne Biegeauflager (4) als Schwenkbacken (4) ausgebildet sind, die einseitig oder beidseitig symmetrisch der Biegelinie (28) schwenkbar angeordnet sind, wobei die Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) vorzugsweise mit einem nahe der Biegelinie (28) angeordneten Endbereich (6) in einen Führungsschlitten (5) hinein ragen, wobei Schwenkbacken (4) und Führungsschlitten (5) gegengleich und korrespondierend ausgebildete Führungsfächen (12, 13) aufweisen, an denen sich die Endbereiche der Biegeauflager (4) und die Führungsfächen (12) des Führungsschlittens (5) bei der zunehmenden Biegung des blechartigen Werkstücks (2) relativ zueinander bewegen und sich aneinander abstützen, und die Führungsfäche (12) des Führungsschlittens (5) vorzugsweise etwa halbkreisförmig vertieft ausgebildet ist und die dem Führungsschlitten (5) zugeordneten Endbereiche (6) der Schwenkbacken (4) zumindest abschnittsweise halbkreisförmig vorstehend ausgebildet sind. 20
5. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Führungsschlitten (5) mit einer im Wesentlichen entgegen der Kraftrichtung (10) des Biegestempels (3, 3') gerichteten, vorzugsweise mechanisch und/oder pneumatisch und/oder hydraulisch und/oder elektromechanisch, Druckkraft (11) erzeugbar, belastbar ist, die über die Führungsfäche (12) des Führungsschlittens (5) auf die Endbereiche (6) der Schwenkbacken (4) und von den verschwenkenden Schwenkbacken (4) zu jedem Zeitpunkt senkrecht zum Umformbereich des sich biegenden blechartigen Werkstücks 25
- (2) übertragen wird und eine Normalspannungsüberlagerung im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) hervorruft, wobei vorzugsweise die entgegen der Kraftrichtung (10) des Biegestempels (3, 3') gerichtete Kraft (11) konstant oder abhängig vom Biegezustand des sich biegenden Blechwerkstücks (2), insbesondere kraft- oder wegabhängig, steuerbar ist. 30
6. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich der Anlage des zu biegenden Blechwerkstücks (2) an den Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) Ausnehmungen (24) oder Formgebungen, insbesondere Taschen oder Vorsprünge (23), angeordnet sind, durch die die Krafteinleitung der die Normalspannungen hervorruft Normalkräfte (14) in das zu biegende Blechwerkstück (2) beeinflussbar, insbesondere in den Bereich rings um die Biegelinie (28) herum konzentrierbar ist. 35
7. Vorrichtung (1) gemäß einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkachse (9) der Biegeauflager (4) parallel zur Mittelachse des Stempelradius' des Biegestempels (3, 3'), vorzugsweise kollinear zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels (3, 3') oder beabstandet zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels (3, 3'), ausgerichtet ist, wobei vorzugsweise Abstandhalter oder Zwischenbleche derart zwischen Biegeauflager (4) und sich entlang der Biegelinie (28) erstreckenden Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks (2) angeordnet sind, dass die Schwenkachse (9) der Biegeauflager (4) beabstandet zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels (3, 3') ausgerichtet ist. 40
8. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verstelleinrichtung (15) derart zwischen Biegeauflager (4) und den sich entlang der Biegelinie (28) erstreckenden Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks (2) angeordnet ist, dass der Abstand zwischen Biegeauflager (4) und den sich entlang der Biegelinie (28) erstreckenden Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks (2) zueinander einstellbar ist, so dass die Schwenkachse (9) der Biegeauflager (4) beabstandet zur Mittelachse des Stempelradius des Biegestempels (3, 3') ausgerichtet ist. 45
9. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** gegenüberliegend und mit den Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) zusammenwirkend Spannelemente angeordnet sind, die zusammen mit den Schwenkbacken (4) die entlang der Biegelinie (28) sich erstreckenden Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks (2) halten und/oder klemmen, wobei die 50
- 55

- Spannelemente vorzugsweise tangential mit Schubkräften belastbar sind, die die Spannelemente auf die längs der Biegelinie (28) sich erstreckenden Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks (2) übertragen. 5
10. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) in einem Bereich unterhalb der Auflageflächen (7) für das zu biegende Blechwerkstück (2) Ausnehmungen (24) oder Formgebungen, insbesondere Taschen oder Rücksprünge, aufweisen, die einen größeren Schwenkwinkel (α) der Biegeauflager (4) zueinander und damit eine Erhöhung des biegbaren Winkels (α) des zu biegenden Blechwerkstücks (2) ermöglichen. 10
11. Vorrichtung (1) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) derart ausgebildet sind, dass jeweils gegengleich kammartig ausgebildete Abschnitte (19) der nahe der Biegelinie (28) angeordneten Endbereiche (6) wechselweise ineinander greifen und die Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) sich dadurch gegenseitig durchdringen, vorzugsweise die kammartig ausgebildeten Endbereiche (19) der Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) eine Übertragung von Druckkräften aus dem Führungsschlitten (5) auf die entlang der Biegelinie (28) sich erstreckenden Abschnitte des sich biegenden Blechwerkstücks (2) auch bei größeren Biegewinkeln (α) als etwa 90° ermöglichen, oder die kammartig ausgebildeten Endbereiche (19) der Schwenkbacken (4) der Biegeauflager (4) durch parallel zur Biegelinie (28) verlaufende Kräfte belastbar sind, die in Blechbreitrichtungen Spannungen in den sich biegenden Bereichen entlang der Biegelinie (28) hervorrufen und den dort herrschenden Spannungen überlagern. 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- drehbar zueinander gelagert sind, wobei die Biegestempelsegmente (3, 3') bei Beaufschlagung der Biegestempelführung (20) mit der Biegekraft zueinander um die Biegelinie (28) herum verschwenken oder die Führungsfläche (29) der Biegestempelführung (20) etwa halbkreisförmig vertieft ausgebildet ist und die der Biegestempelführung (20) zugeordneten Endbereiche der Biegestempelsegmente (3, 3') halbkreisförmig vorstehend ausgebildet sind. 10
13. Vorrichtung (1) gemäß Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegestempelsegmente (3, 3') im Bereich der Achse des Biegeinnenbogens zueinander jeweils kammartig gegengleich und mit den kammartig ausgebildeten Vorsprüngen (27) wechselweise ineinander greifend ausgebildet sind. 15
14. Verfahren zum Biegen von blechartigen Werkstücken (2) bei gleichzeitiger Druckspannungsüberlagerung, wobei mindestens ein relativ zu Biegeauflagern (4) beweglich angeordneter Biegestempel (3, 3') das blechartige Werkstück (2) plastisch verformt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das blechartige Werkstück (2) einseitig oder beidseits der Biegelinie (28) von einzelnen oder mehreren Biegeauflagern (4) unterstützt wird, die an dem blechartigen Werkstück (2) anliegen und zumindest einzelne Biegeauflager (4) drehbeweglich bei der forschreitender Biegung des blechartigen Werkstücks (2) mit an der Biegelinie (28) angeordneten Abschnitten des blechartigen Werkstücks (2) synchron mit verschwenken, wobei diese Biegeauflager (4) eine derartige Kraftwirkung im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) auf das blechartige Werkstück (2) aufbringen, dass zumindest im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) Normalspannungen immer senkrecht zu entlang der Biegelinie (28) angeordneten Abschnitten des sich biegenden Blechwerkstücks (2) erzeugt und den dort wirkenden Spannungen aufgrund des Biegens überlagert werden. 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
15. Verfahren gemäß Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Biegeauflager (4) mit einer im Wesentlichen entgegen der Kraftrichtung (10) des Biegestempels (3, 3') gerichteten Kraft (11) belastet werden, die auf die Endbereiche (6) der Biegeauflager (4) und von den verschwenkenden Biegeauflagern (4) zu jedem Zeitpunkt senkrecht zum Umformbereich des sich biegenden blechartigen Werkstücks (2) übertragen wird und eine Normalspannungsüberlagerung im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) hervorruft, wobei die entgegen der Kraftrichtung (10) des Biegestempels (3, 3') gerichteten Kraft (11) vorzugsweise konstant oder abhängig vom Biegezustand des sich biegenden Blechwerkstücks (2), insbesondere kraft- oder wegabhängig, gesteuert wird. 25

16. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet, dass die Normalspannungsüberlagerung im Bereich der Biegelinie (28) und nahe der Biegelinie (28) im elastischen Bereich oder im plastischen Bereich der Werkstoffverformung des sich biegenden Blechwerkstücks (2) liegt. 5

17. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 14 bis 16,
dadurch gekennzeichnet, dass die Verschwenkung der schwenkbar ausgebildeten Biegeauflager (4) um eine Schwenkachse (9) herum erfolgt, die entlang oder nahe der Biegelinie (28) des zu biegenden Blechwerkstücks (2) verläuft. 10

18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 14 bis 17, 15
dadurch gekennzeichnet, dass die vollflächige Abstützung des Blechwerkstücks (2) ein Biegen von weichen oder formschlaffen Materialen ermöglicht, vorzugsweise ein Umformen des Blechwerkstücks (2) im erwärmten Zustand von weichen Metallen 20 oder von faserfaserverstärkten Kunststoffen.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 14 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass ein temperaturunterstütztes Biegen durch direkte Erwärmung, insbesondere mittels Stromdurchleitung, oder indirekte Erwärmung, insbesondere durch Aufheizung der Vorrichtung (1) ermöglicht, wobei vorzugsweise ein temperaturunterstütztes Biegen das Biegen spröder und gehärteter Metalle ermöglicht. 25 30

35

40

45

50

55

13

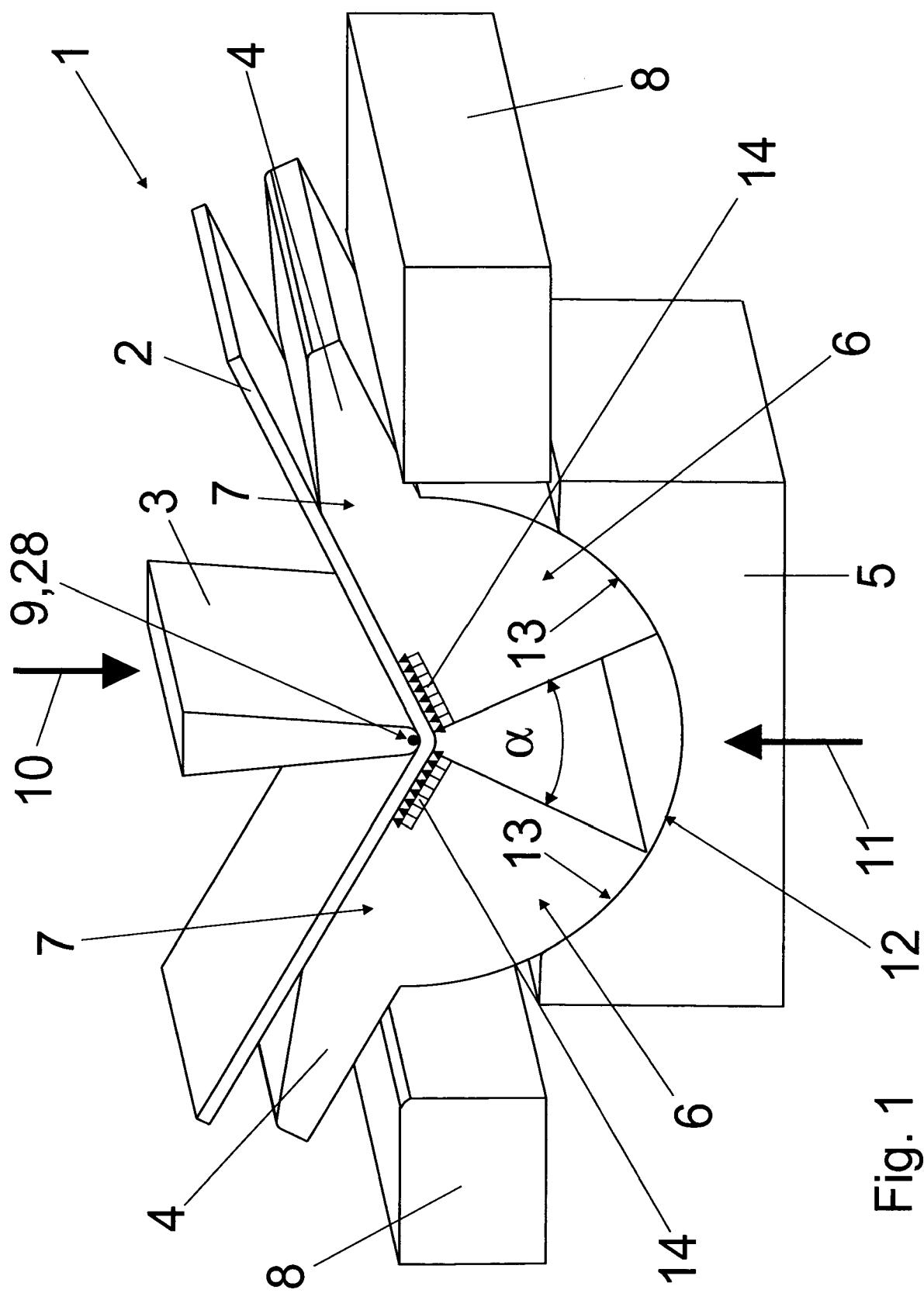
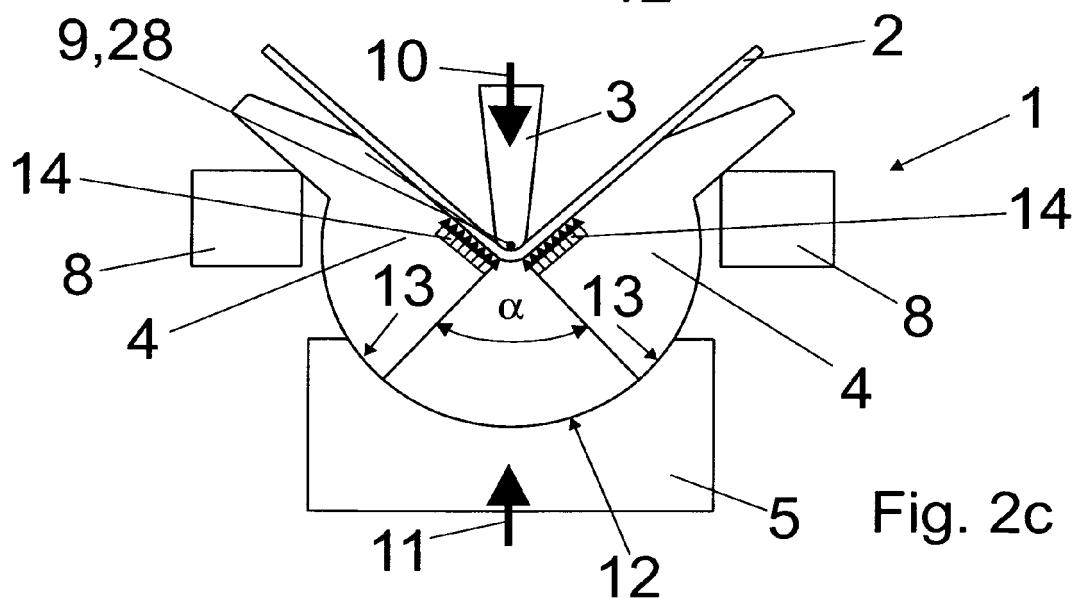
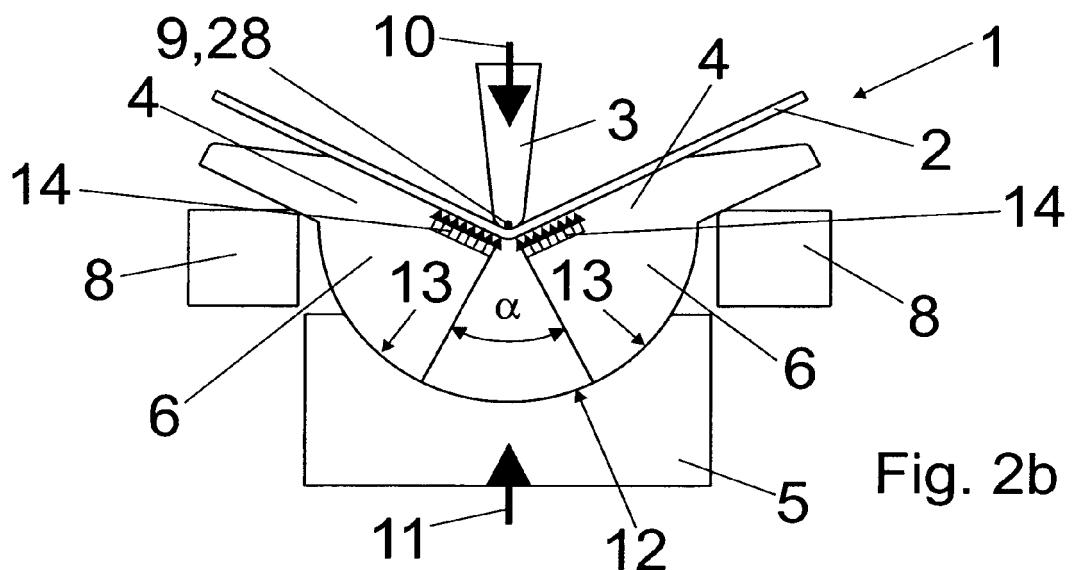
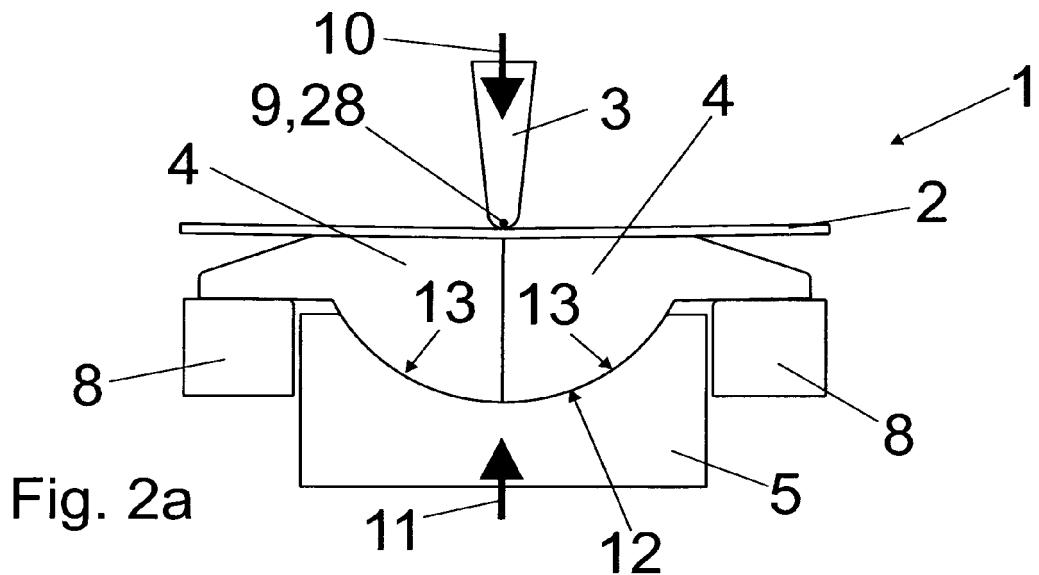
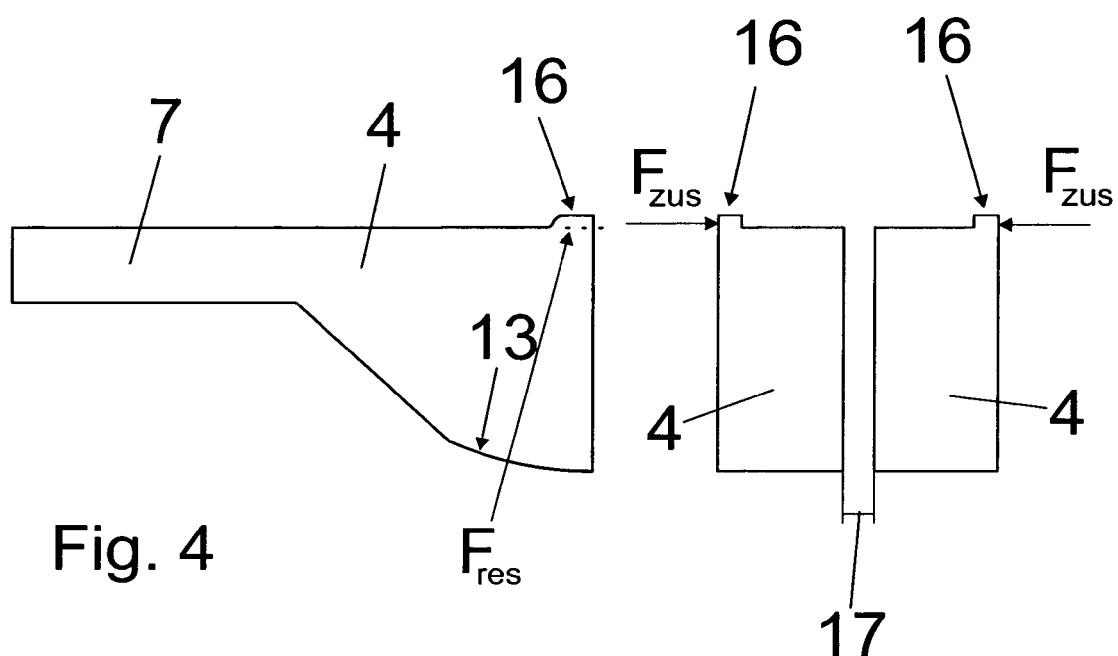
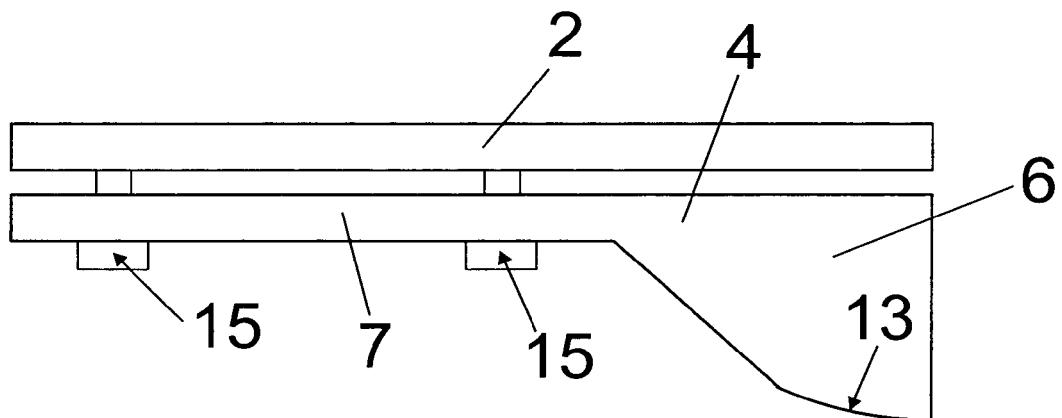
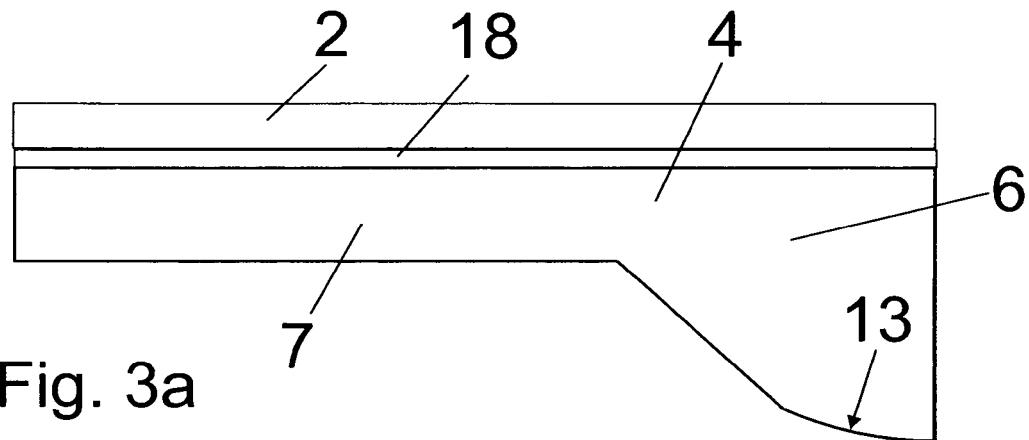


Fig. 1





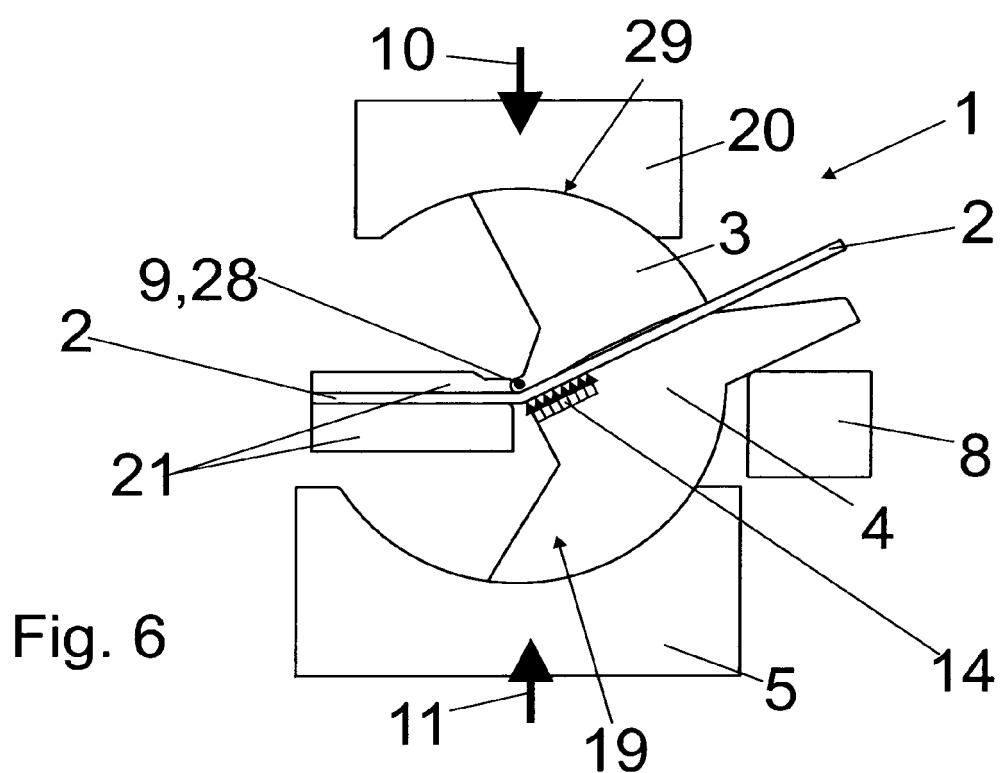
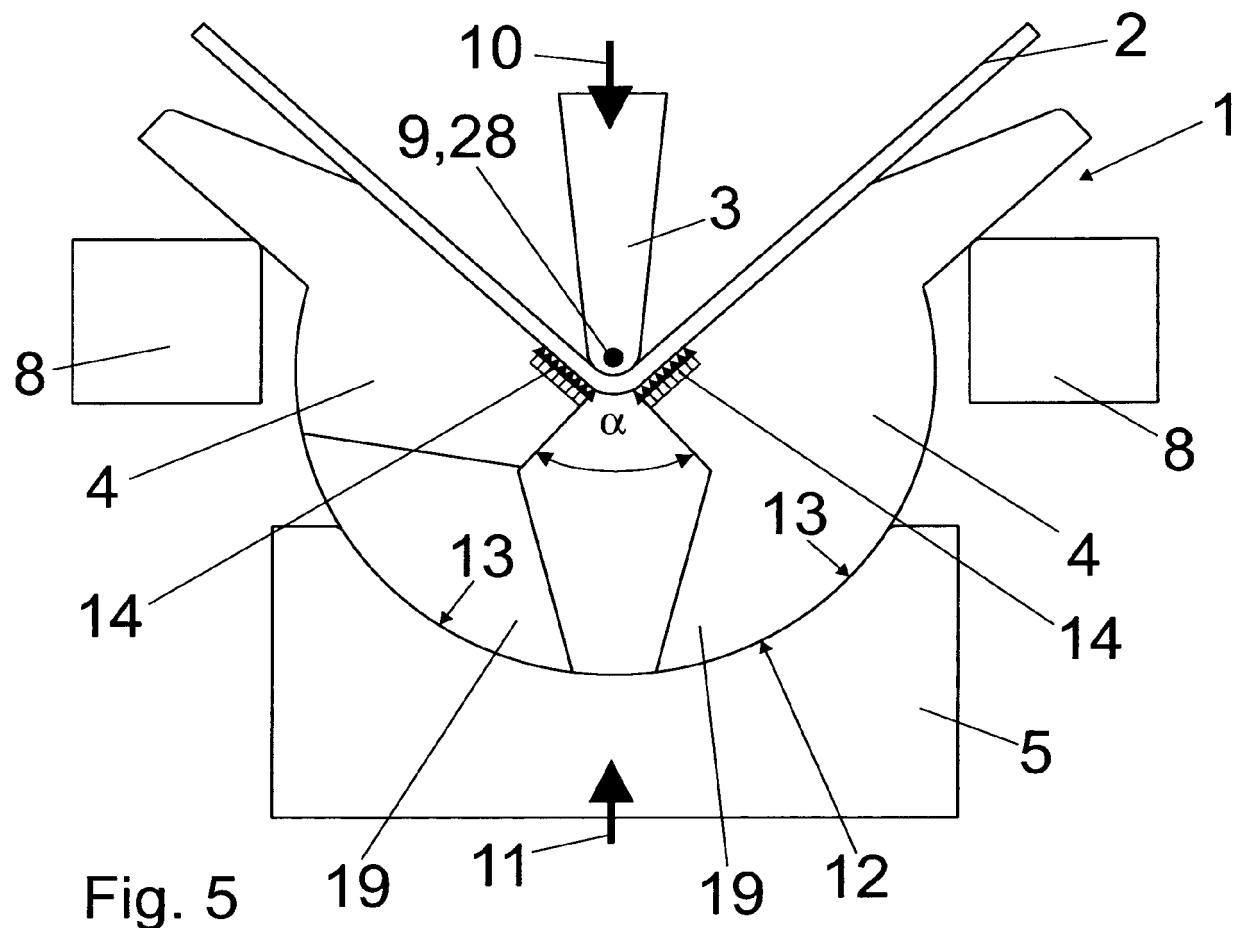


Fig. 7

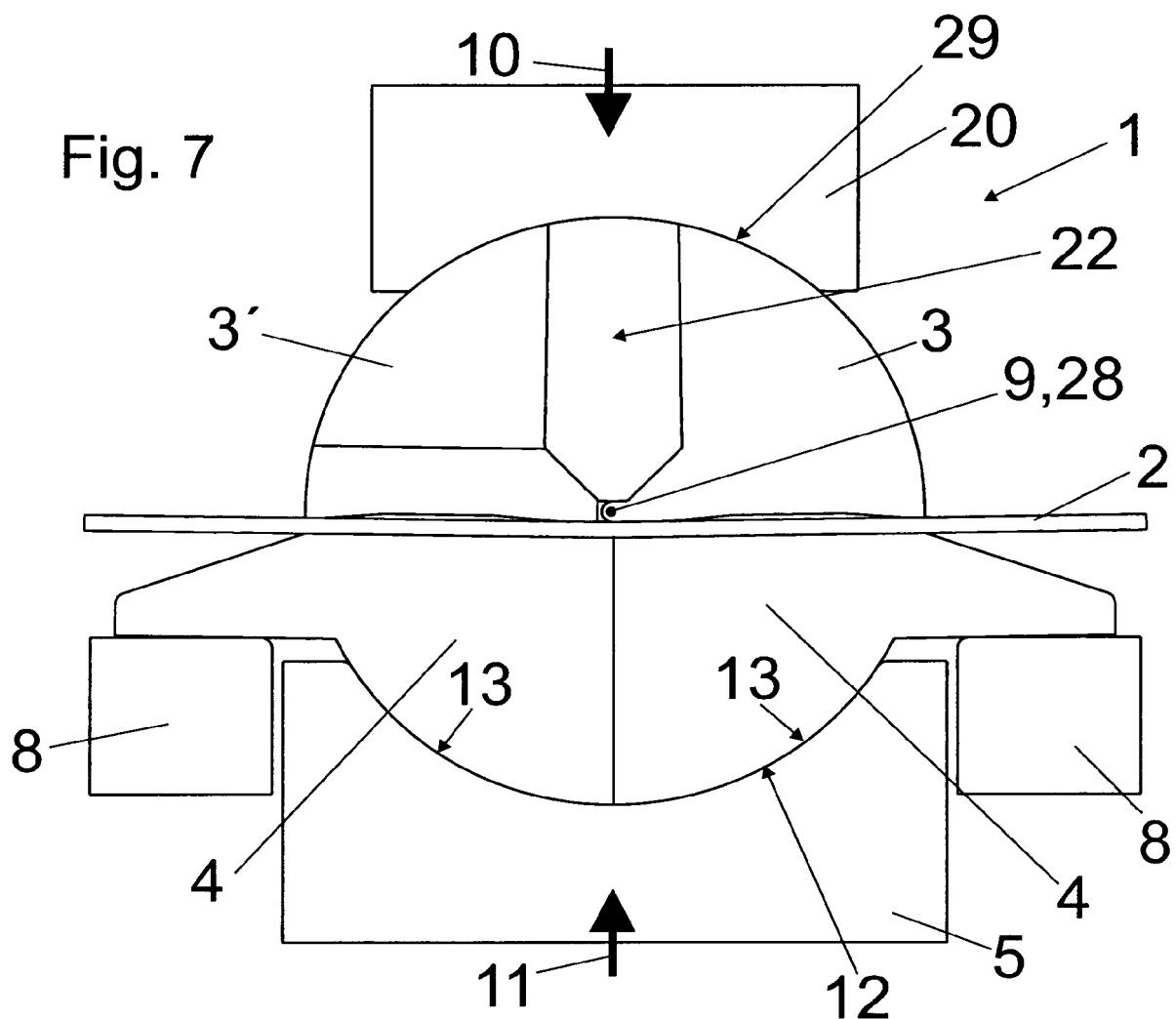
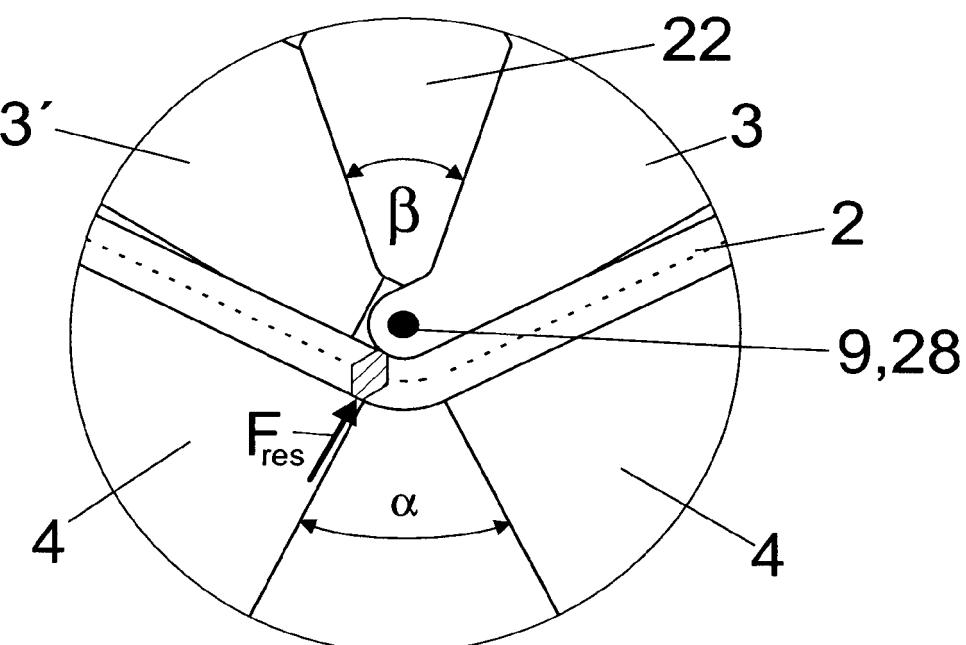


Fig. 8



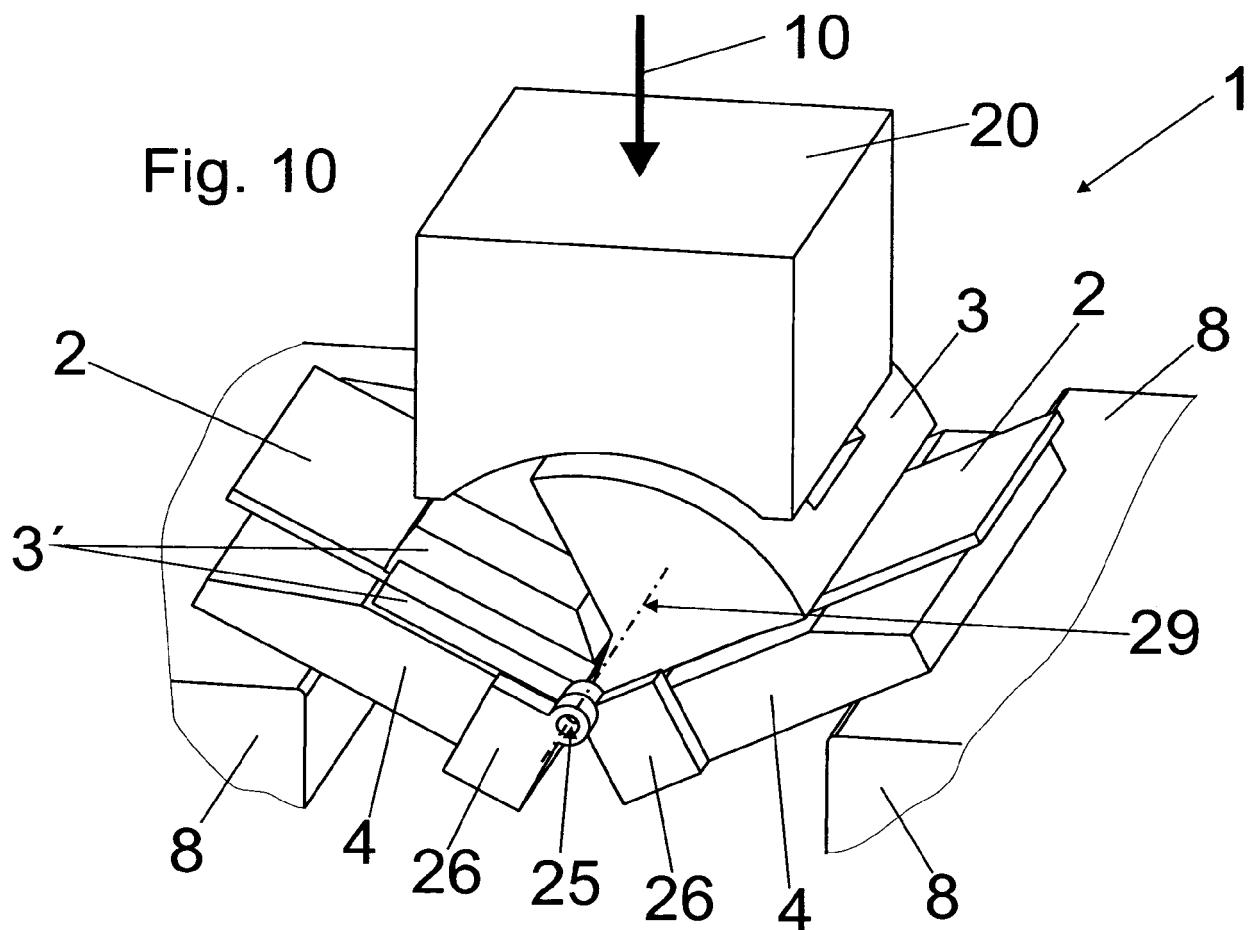
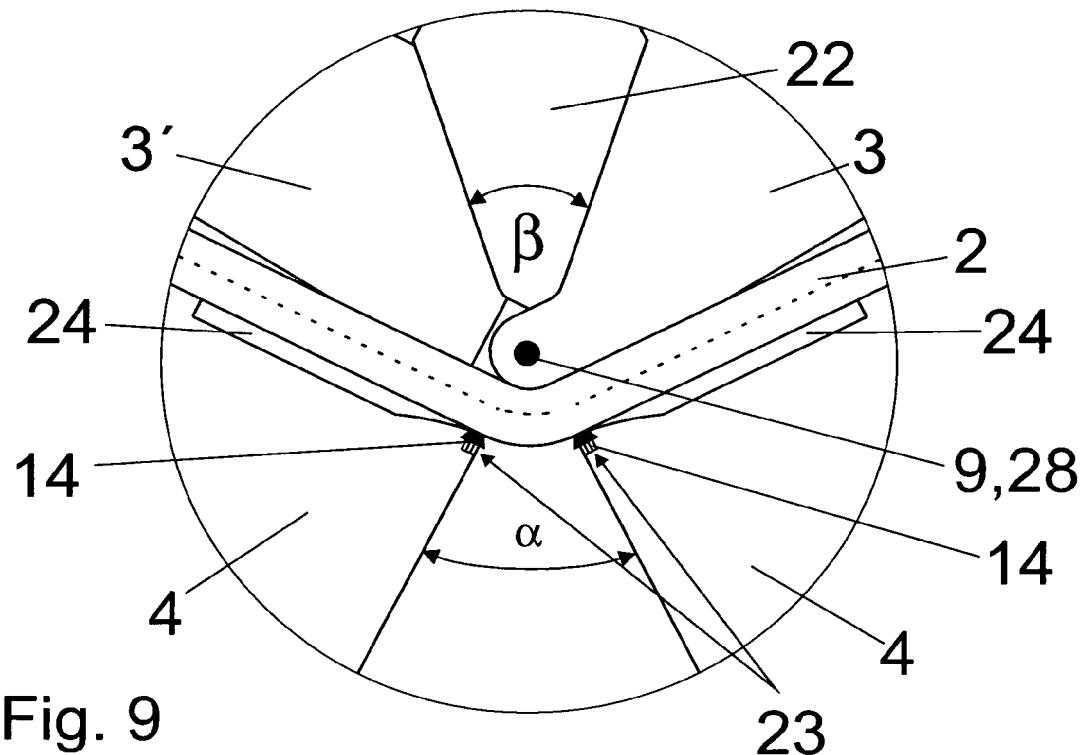
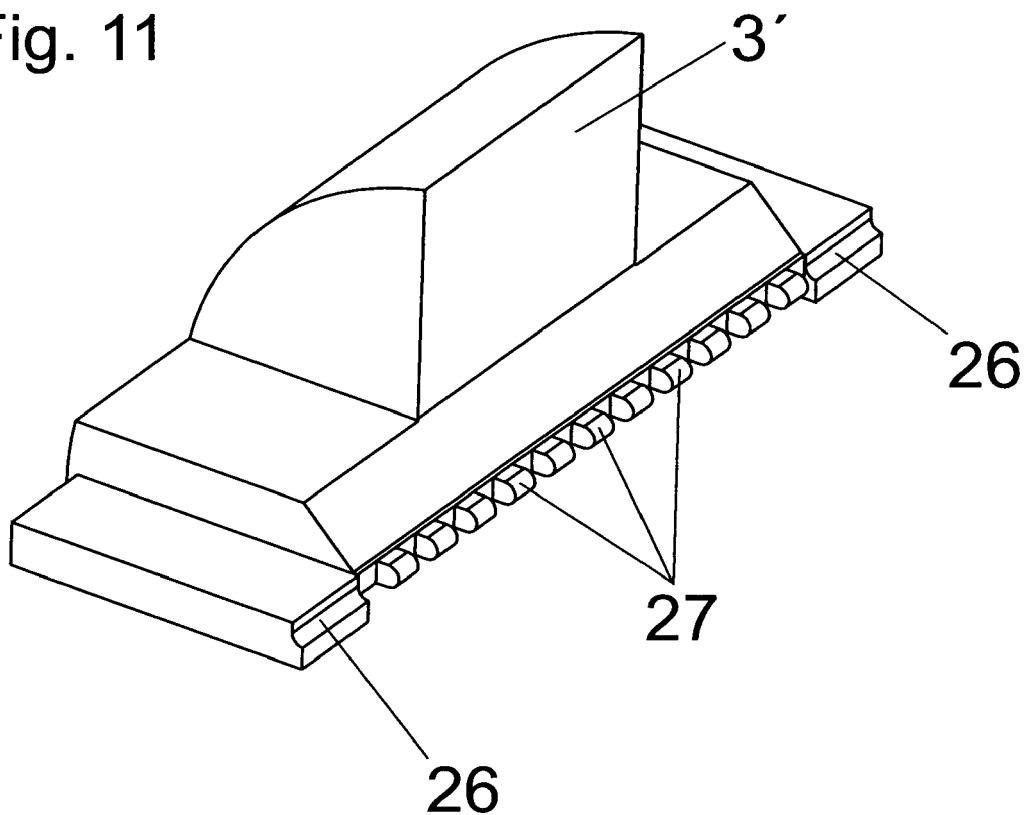


Fig. 11





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 00 0560

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrieff Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	EP 3 127 626 A1 (TOKYO SEIMITSU HATSUJO CO LTD [JP]) 8. Februar 2017 (2017-02-08)	1,3,4, 14,16, 18,19	INV. B21D5/02 B21D5/04
15 A	* Abbildungen 1-3 *	2,5-13, 15,17	
20 X	JP 2005 169433 A (AMADA CO LTD) 30. Juni 2005 (2005-06-30)	1,3,4, 14,16, 18,19	
25 A	* Abbildungen 2-4,11 *	2,5-13, 15,17	
30 X	US 2 882 952 A (JOHNSON STANLEY A) 21. April 1959 (1959-04-21)	1,3,4, 14,16, 18,19	
35 A	* Abbildung 6 *	2,5-13, 15,17	
40		-----	
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 30. November 2018	Prüfer Vinci, Vincenzo
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist	
	A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
	O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
	P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 18 00 0560

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.

30-11-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	EP 3127626 A1 08-02-2017	CN EP JP KR TW US WO	105263645 A 3127626 A1 2015199120 A 20160138238 A 201607638 A 2016121382 A1 2015151694 A1	20-01-2016 08-02-2017 12-11-2015 02-12-2016 01-03-2016 05-05-2016 08-10-2015	
20	JP 2005169433 A 30-06-2005	JP JP	4346069 B2 2005169433 A	14-10-2009 30-06-2005	
25	US 2882952 A 21-04-1959	BE CH DE NL US	575399 A 364749 A 1402118 A1 6408858 A 2882952 A	04-08-1959 15-10-1962 30-01-1969 12-10-1964 21-04-1959	
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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

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 102006014093 A1 **[0003]**
- DE 4042732 B4 **[0004]**
- EP 0341211 A2 **[0005]**
- US 3978706 A **[0006]**
- US 4434644 A **[0009]**
- EP 0575393 B1 **[0010]**
- EP 0476092 B1 **[0011]**
- EP 2001615 B1 **[0012]**

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Untersuchungen zur Verbesserung des Umformverhalten von Blechen beim Biegen. **SCHIEFEN-BUSCH, J.** Dr.-Ing.-Dissertation. Universität Dortmund, 1992 **[0060]**