

(19)



(11)

EP 4 574 290 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
25.06.2025 Patentblatt 2025/26

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21D 5/01 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24220725.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21D 5/006; B21D 5/004

(22) Anmeldetag: **17.12.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **ECKL, Dominik**
4671 Neukirchen bei Lambach (AT)
• **HARTL, Dominik**
4073 Schönering (AT)

(30) Priorität: **21.12.2023 AT 510452023**

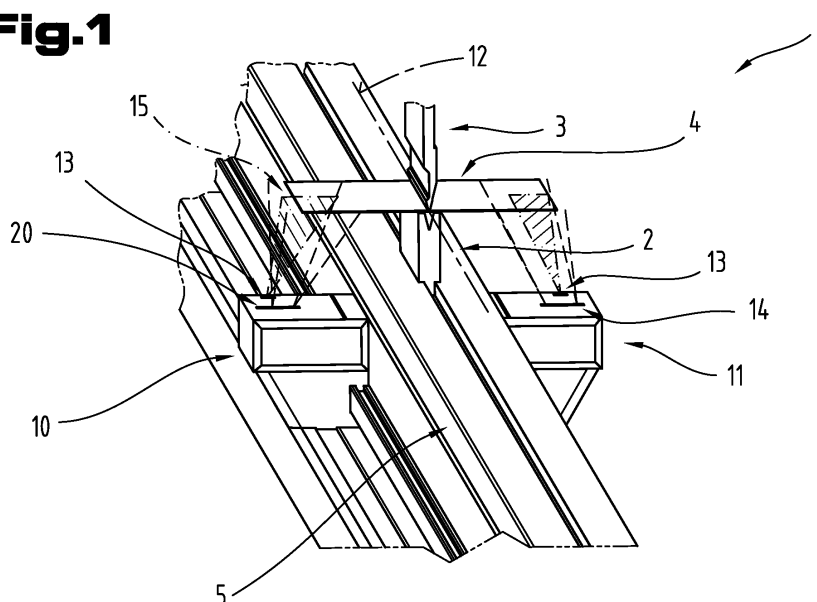
(74) Vertreter: **Burger, Hannes Alfred**
Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH
Rosenauerweg 16
4580 Windischgarsten (AT)

(71) Anmelder: **TRUMPF Maschinen Austria GmbH & Co. KG.**
4061 Pasching (AT)

(54) VERFAHREN ZUM BIEGEN

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausführen einer Biegeumformung an einem Werkstück (4) aus Blech mit einer Biegemaschine (1) und mit einer Biegewinkel-Messvorrichtung (10, 11) mit einer Lichtquelle (13) zur Projektion einer Lichtlinie (15) auf das Werkstück (4) und einer Kamera (14), wobei eine Steuervorrichtung (18) mit einem Bilderkennungsprogramm (21) und mit einem Auswerteprogramm (22) ausgebildet ist und mit dem Auswerteprogramm (22) aus Änderungen der erzeugten Lichtlinie (15) in den Bildern der

Kamera (14) ein Wert des Biegewinkels berechnet wird. Die Lichtlinie (15) wird auf die Oberfläche des Werkstücks (4) projiziert, wobei sich die Lichtlinie (15) bis zu einer von der Biegekante (7) distanzierten, äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) erstreckt. Mit dem Auswerteprogramm (22) wird neben dem Biegewinkel auch die räumliche Position des Endes der Lichtlinie (15) an der äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) berechnet.

Fig.1**EP 4 574 290 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausführen einer Biegeumformung an einem Werkstück aus Blech mit einer Biegemaschine und einer Biegewinkel-Messvorrichtung.

[0002] Bei der Produktion von Bauteilen aus gebogenem Blech kommt es beim Biegen des Werkstoffs in der Biegezone aufgrund der plastischen Verformung zu einer Streckung. Diese Verlängerung des Blech-Rohteils gegenüber der gestreckten Länge vor der Biegeumformung wird bei der Konstruktion als sogenannte Biegeverkürzung berücksichtigt. Zwar gibt es auch Methoden zur Berechnung der Biegeverkürzung, die bei der Konstruktion eines Bauteils berücksichtigt werden können. Aufgrund der Art und Anzahl der Einflussparameter auf die Werte der Biegeverkürzung ist es in der Praxis aber üblich, für Biegemaschinen auf der Basis der Ergebnisse von mit der Biegemaschine durchgeführten Testbiegungen Tabellen mit den entsprechenden Werten anzulegen. Die Biegeverkürzung ist bekanntlich abhängig vom Werkstoff (Festigkeit, Gefügeart, Korngröße, Duktilität), der Blechdicke (Verhältnis Dicke zu Radius), der Lage der Biegung zur Walzrichtung, der Art des Biegens (z.B. Gesenkbiegen, Freibiegen, Schwenkbiegen), der Oberflächenrauigkeit (Blech und Werkzeug), dem Vorhandensein von Schmierstoff und Beschichtungen, dem Biegeradius sowie der Größe des Biegewinkels.

[0003] Hinsichtlich der Messung des Biegewinkels ist auch bereits bekannt, Biegemaschinen mit einer optischen Biegewinkel-Messvorrichtung auszustatten, mit der es möglich ist, während der Biegeumformung eines Werkstücks den momentanen Biegewinkel zu messen und so das Erreichen des gewünschten Zielwerts des Biegewinkels zu überwachen. Solche optischen Biegewinkel-Messverfahren basieren zumeist darauf, dass von einer Beleuchtungsvorrichtung der Biegewinkel-Messvorrichtung auf die Unterseiten der beiden Schenkel des Werkstücks ein Lichtmuster bzw. eine Lichtlinie projiziert wird. Von einer schräg zu der Ebene des einfallenden Lichts der Lichtlinie angeordneten Kamera werden Bilder aufgenommen und mit Hilfe eines Bilderkennungsprogramms aus der veränderten, momentanen Lage der Lichtlinie, wie sie in den Bildern erscheint, der Biegewinkel berechnet.

[0004] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem die Herstellung von Werkstücken aus Blech auf Biegemaschinen mit noch höherer Präzision und Qualität zuverlässig durchgeführt werden kann.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß den Ansprüchen gelöst.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren ist zum Ausführen einer Biegeumformung an einem Werkstück aus Blech mit einer Biegemaschine mit zwei Biegewerkzeugen, die zur Herstellung einer Biegekante an dem Werkstück geeignet sind, ausgebildet. Die Biegemaschine ist

dabei mit zumindest einer Biegewinkel-Messvorrichtung, die einen Laser zur Projektion einer Lichtlinie auf eine Oberfläche des Werkstücks und eine Kamera zum Aufzeichnen von Bildern der projizierten Lichtlinie umfasst, ausgebildet, wobei eine Steuervorrichtung mit einem Bilderkennungsprogramm und mit einem Auswertprogramm ausgebildet ist und mit dem Auswertprogramm aus Änderungen der auf der Oberfläche des Werkstücks erzeugten Lichtlinie in den Bildern der Kamera ein Wert des Biegewinkels berechnet wird. Dabei ist vorgesehen, dass in einem ersten Verfahrensschritt das Werkstück in einem unverformten, ebenflächigen Zustand zwischen die Biegewerkzeuge gelegt wird und anschließend der Laser die Lichtlinie auf die Oberfläche des Werkstücks projiziert, sodass sich die Lichtlinie bis zu einer von der Biegekante distanzierenden, äußeren Kante des Werkstücks erstreckt, und dass zu einem momentanen Wert des Biegewinkels mit dem Auswertprogramm jeweils eine räumliche Position eines Endes der Lichtlinie an der äußeren Kante des Werkstücks berechnet wird. Dies hat den Vorteil einer erheblichen Erweiterung des Funktionsumfangs der Biegewinkel-Messvorrichtung.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise ist vorgesehen, dass aus den Werten der Biegewinkel und den räumlichen Positionen der Enden der Lichtlinien an der äußeren Kante des Werkstücks zu Beginn der Biegeumformung und zu einem Zeitpunkt am Ende der Biegeumformung mit dem Auswertprogramm ein Wert einer Biegeverkürzung berechnet wird.

[0008] Von Vorteil ist die Vorgehensweise, wonach aus den Werten der Biegewinkel und den räumlichen Positionen der Enden der Lichtlinien an der äußeren Kante des Werkstücks mit dem Auswertprogramm ein Rückfederwert berechnet wird. Damit ist es bei der Konstruktion bzw. bei der Erstellung eines Fertigungsprogramms für die Steuerung der Biegemaschine möglich, den unter Belastung zwischen den Biegewerkzeugen zu erreichenden Zielwert des Verformungswinkels eines Werkstücks so festzulegen, dass der (konstruktive) Sollwert des Biegewinkels tatsächlich erreicht wird.

[0009] Gemäß einer besonders bevorzugten Verfahrensweise ist vorgesehen, dass vor dem Ausführen der Biegeumformung an der äußeren Kante des Werkstücks ein Messzylinder befestigt wird, wobei eine Zylinderachse des Messzylinders coaxial zu der äußeren Kante des Werkstücks ausgerichtet ist. Dies hat den Vorteil, dass für die Kamera bei der Detektion der Kante des Werkstücks während des gesamten Verlaufs der Biegeumformung, währenddessen sich der Verformungswinkel verändert, weitestgehend unveränderte Lichtverhältnisse vorherrschen. Die Zylindermantelfläche des Messzylinders bietet optisch homogene Verhältnisse, auch unabhängig vom Material des Werkstücks bzw. unabhängig von dessen Oberflächenbeschaffenheit.

[0010] Vorteilhaft ist auch, wenn der Messzylinder zumindest eine Schraube umfasst und der Messzylinder durch die Schraube an der Kante des Werkstücks festgeklemmt wird.

[0011] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass ein Testblech, das rechteckig zugeschnitten ist, als Werkstück bei dem Verfahren verwendet wird.

[0012] Insbesondere erweist es sich als vorteilhaft, wenn die Abmessungen des Werkstücks mit einer Länge von 200 mm und einer Breite von 100 mm bemessen werden. Rechteckige Werkstücke, insbesondere wenn die von der Biegekante distanzierte, äußere Kante des Werkstücks parallel zu der Biegekante ausgerichtet ist, haben den Vorteil, dass die Messung bzw. die Berechnung der Koordinaten der Kante des Werkstücks gegenüber Abweichungen der projizierten Lichtlinie weitestgehend unempfindlich ist.

[0013] Als vorteilhaft erweist es sich auch, wenn die Werte des nach der Biegeumformung erreichten Biege- winkels, der Biegeverkürzung, des Rückfederwerts, der Wert der Dicke des Werkstücks gemeinsam mit einer Art des Werkstoffs des Werkstücks als auch mit der Art bzw. dem Typ der Biegewerkzeuge in einer Datenbank gespeichert werden. Dies ermöglicht es, bei der Konstruktion eines Bauteils die erforderlichen Maße des für das Bauteil ausgewählten Blechs zuverlässig festlegen zu können.

[0014] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0015] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Biegevorrichtung repräsentiert durch deren Bearbeitungsbereich, perspektivisch dargestellt;

Fig. 2 eine Seitenansicht der Biegevorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein Schema der Steuerung der Biegevorrichtung;

Fig. 4 eine Biegevorrichtung entsprechend einem weiteren Ausführungsbeispiel des Verfahrens zur Umformung eines Werkstücks, in Seitenansicht;

Fig. 5 ein Detail eines Schenkels des Werkstücks mit einem Messzylinder gemäß Fig. 4.

[0016] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageände-

rung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0017] Anhand der nachfolgenden Fig. 1 bis 3 wird ein erstes Ausführungsbeispiels des Verfahrens zum Umformen eines Werkstücks aus Blech beschrieben.

[0018] Die Fig. 1 zeigt eine Biegepresse bzw. eine Biegevorrichtung 1 perspektivisch dargestellt. Dabei sind, stellvertretend für die ganze Biegevorrichtung 1, von der Biegevorrichtung 1 lediglich zentrale Teile des Bearbeitungsbereichs um ein unteres Biegewerkzeug 2 und ein oberes Biegewerkzeug 3 dargestellt. Das heißt auf die Darstellung weiterer Komponenten der Biegemaschine 1, wie dem Maschinenrahmen und den Antriebsmitteln zur Verstellung der Biegewerkzeuge 2, 3 relativ zueinander ist aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit verzichtet worden.

[0019] Die relative Stellung des oberen Biegewerkzeugs 3 zu dem unteren Biegewerkzeug 2 entspricht im Übrigen der Situation am Beginn der Biegeumformung eines Werkstücks 4, das zwischen dem unteren Biegewerkzeug 2 und dem oberen Biegewerkzeug 3 zur Bearbeitung eingelegt ist. Das untere Biegewerkzeug 2 ist dabei an einem Pressentisch bzw. an einem unteren Pressbalken 5 und das obere Biegewerkzeug 3 an einem in vertikaler Richtung verstellbaren oberen Pressenbalken 6 befestigt. Durch Andrücken des oberen Pressenbalkens 6 gegen das Werkstück 4 wird an diesem eine Biegeumformung in der Art des Freibiegens bewirkt. Zu beiden Seiten der durch die beiden Biegewerkzeuge 2, 3 gebildeten Biegewerkzeuganordnung steht jeweils ein Schenkel des Werkstücks 4 seitlich ab und werden diese Schenkel beim Biegen unter Ausbildung einer Biegekante 7 um jeweils einen Verformungswinkel 8, 9 nach oben verschwenkt, wie an dem in Fig. 2 strichliert gezeichneten Werkstück 4 zu erkennen ist. Zur Bestimmung bzw. zum Messen von Werten der beiden Verformungswinkel 8, 9 bzgl. einer der Biegekante 7 entsprechenden Biegeachse 12 der entsprechenden Schenkel des Werkstücks 4 sind zu beiden Seiten des Pressentisches bzw. des unteren Pressbalkens 5 jeweils eine Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 an dem unteren Pressenbalken 5 befestigt. Mit den beiden Biegewinkel-Messvorrichtungen 10, 11 können die Verformungswinkel 8, 9 der jeweiligen Schenkel des Werkstücks 4 berührungslos und auf Grundlage der Geometrie und der relativen räumlichen Lage der Teile zueinander bestimmt werden.

[0020] Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle angemerkt, dass das Vorsehen von jeweils einer Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 zu beiden Seiten des unteren Pressbalkens 5 dem bei diesem Ausführungsbeispiel verwendeten Freibiegen geschuldet ist. Im Falle der Ausbildung der Biegevorrichtung 1 durch eine Vorrichtung zum Schwenkbiegen, bei dem ein Schenkel des Werkstücks 4 in seiner räumlichen Lage festgehalten wird, würde die Anordnung nur einer einzigen Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 ausreichend sein.

[0021] Die Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 ist zum berührungslosen, optischen Messen des Verfor-

mungswinkels 8, 9 in der Weise ausgebildet, dass sie eine Lichtquelle 13 und eine Kamera 14 umfasst. Die Lichtquelle 13 ist dazu ausgebildet, ein fächerartig aufgespreiztes, schmales Lichtbündel auf die Unterseite des jeweiligen Schenkels des Werkstücks 4 abzustrahlen. Als Lichtquelle 13 wird vorzugsweise ein Laser verwendet. Auf der Unterseite des Schenkels des Werkstücks 4 erscheint dadurch eine Lichtlinie 15. Das von der Lichtquelle 13 abgestrahlte, ebenflächige Lichtbündel ist vorzugsweise senkrecht in Bezug auf die Biegeachse 12 (bzw. die Biegekante 7) ausgerichtet. Außerdem ist die Kamera 14 in Richtung der Biegeachse 12 um einen Abstand relativ zu der Lichtquelle 13 versetzt angeordnet, wodurch sich eine schräge Blickrichtung auf die Lichtlinie 15 ergibt. In von der Kamera 14 aufgezeichneten Bildern der Unterseite des Werkstücks 4 erscheint die Lichtlinie 15 daher abhängig vom Verformungswinkel 8, 9 an jeweils unterschiedlichen Stellen bzw. unterschiedlich geneigt. Dies macht es möglich, aus Änderungen der Lichtlinie 15 in den von der Kamera 14 aufgezeichneten Bildern einen Wert des erreichten Verformungswinkels 8, 9 des jeweiligen Schenkels des Werkstücks 4 zu berechnen. In weiterer Folge kann daraus der von den beiden Schenkeln des Werkstücks 4 eingeschlossene Biegewinkel bestimmt werden. D.h. der Wert des Biegewinkels berechnet sich zu 180° minus die Summe der Werte der beiden Verformungswinkel 8, 9.

[0022] Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass bei dem Verfahren, während der Biegeumformung des Werkstücks 4, mit Hilfe der Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 auch die räumlichen Positionen von Punkten an einer äußeren Kante 16, 17 des Werkstücks 4 gemessen bzw. berechnet werden. Dazu wird das Werkstück 4 in einem noch unverformten, ebenflächigen Zustand zwischen das untere Biegewerkzeug 2 und das obere Biegewerkzeug 3 gelegt. Von der Lichtquelle 13 der Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 wird das Licht derart auf die beiden Unterseiten des Werkstücks 4 projiziert, sodass sich die Lichtlinie 15 jeweils bis zur äußeren Kante 16, 17 des Werkstücks 4 erstreckt. Die Lichtlinie 15 reicht also jeweils bis zum äußeren Rand der Schenkel des Werkstücks 4. Während der Biegeumformung des Werkstücks 4 werden von der Kamera 14 fortlaufend Bilder der Unterseite des Werkstücks 4 bzw. der jeweiligen Lichtlinien 15 aufgenommen. In den Bildern der Kamera 14 erscheinende Enden der Lichtlinien 15 kennzeichnen so die jeweiligen Punkte am äußeren Rand der Schenkel des Werkstücks 4.

[0023] Die Fig. 3 zeigt schematisch eine Steuerung der Biegevorrichtung 1. Die Biegevorrichtung 1 verfügt zur Durchführung der Biegeumformung über eine Steuervorrichtung 18 mit einer Zentralrecheneinheit 19 und einem Fertigungsprogramm 20. Die Verarbeitung der Bilder der Kamera 14 erfolgt unter Verwendung eines Bilderkennungsprogramms 21 und einer Auswertevorrichtung bzw. eines Auswerteprogramms 22. Aus der Lage bzw. der Ausrichtung der Lichtlinie 15 innerhalb des Sehfelds bzw. innerhalb des Bildausschnitts der Kamera 14 kön-

nen mit Hilfe des Bilderkennungsprogramms 21 und des Auswerteprogramms 22 die jeweiligen Verformungswinkel 8, 9 der beiden Schenkel des Werkstücks 4 berechnet werden. Daraus lässt sich der momentane Wert des Biegewinkels zwischen den beiden Schenkeln des Werkstücks 4 berechnen.

[0024] Erfindungsgemäß ist das Auswerteprogramm 22 dazu ausgebildet, aus der Lage der Bildpunkte der Lichtlinie 15 an der äußeren Kante 16, 17 des Werkstücks 4 in den von der Kamera 14 aufgezeichneten Bildern auch die räumliche Position des entsprechenden Punkts an der äußeren Kante 16, 17 des Werkstücks 4 zu berechnen. Die so bestimmten Verformungswinkel 8, 9, der Biegewinkel zwischen den Schenkeln des Werkstücks 4 und die räumlichen Koordinaten von Punkten an den äußeren Kanten 16, 17 des Werkstücks 4 werden in einem Speicher 23 der Steuervorrichtung 18 zwischengespeichert. Aus den während der Biegeumformung fortlaufend aufgezeichneten Werten dieser Größen, können schließlich Trajektorien der äußeren Kanten 16, 17 des Werkstücks 4 als Funktion des Biegewinkels berechnet werden. Die Biegeumformung des Werkstücks 4 wird bis zum Erreichen eines vorwählbaren Zielwerts des Biegewinkels durchgeführt. Schließlich kann das Auswerteprogramm 22 auch einen Wert der Biegeverkürzung des Werkstücks 4 berechnen, indem die jeweiligen Werte der räumlichen Positionen bzw. der räumlichen Koordinaten der äußeren Kanten 16, 17 zu Beginn und am Ende der Biegeumformung miteinander in Beziehung gesetzt werden. Da es beim Entlasten des Anpressdrucks der Biegewerkzeuge 2, 3 nach Erreichen des Zielwerts des Biegewinkels zu einem elastischen Rückstellen bzw. einem elastischen Rückfedern der beiden Schenkel des Werkstücks 4 kommt, werden auch noch die entsprechenden Werte der Verformungswinkel 8, 9 und der räumlichen Koordinaten für den entlasteten Zustand des Werkstücks 4 bestimmt. Auch nach Erreichen des angewendeten Zielwerts des Biegewinkels werden von den Biegewinkel-Messvorrichtungen 10, 11 die Verformungswinkel 8, 9 als auch die räumlichen Positionen der äußeren Kanten 16, 17 des Werkstücks 4 aufgezeichnet. Es können somit ein unter Belastung durch die Biegewerkzeuge 2, 3 erreichter Wert des Biegewinkels und der Wert des Biegewinkels im unbelasteten, kräftefreien Zustand - also der tatsächlich erreichte Biegewinkel - bestimmt werden. Dies ermöglicht es, dass durch das Auswerteprogramm 22 neben einem Wert des tatsächlich erzielten Biegewinkels auch sogenannte Rückfederungswerte des Werkstücks 4 berechnet werden können. Die so erhaltenen Daten, wie die Werkstoffart, der Wert der Blechdicke, der erreichte Wert des Biegewinkels, der Rückfederungswert aber auch Angaben über die Art der verwendeten Biegewerkzeuge 2, 3 werden schließlich von der Steuervorrichtung 18 bzw. von dem Auswerteprogramm 22 in einer in dem Speicher 23 abgelegten Datenbank gespeichert.

[0025] Die Durchführung des beschriebenen Verfahrens kann von einer Bedienerperson unter Zuhilfenahme

eines Bedienterminals 24 und eines Bildschirms 25, die mit der Steuervorrichtung 18 interagieren, gesteuert und überwacht werden. Die Bedienperson wählt dazu durch entsprechende Eingaben an dem Bedienterminal 24 ein geeignetes Fertigungsprogramm 20 aus und startet die Biegeumformung nach dem Einlegen des Werkstücks 4 zwischen die Biegewerkzeuge 2, 3. Zusätzlich können von der Bedienperson Informationen, wie die Art des verwendeten Werkstoffs, die Blechdicke des Werkstücks 4 als auch die Art der verwendeten Biegewerkzeuge 2, 3 zur Berücksichtigung in der Datenbank an dem Bedienterminal 24 manuell eingegeben werden. Unter Verwendung einer Mehrzahl von gleichartigen Testblechen als zu verformendes Werkstück 4 können in weiterer Folge zu anderen Zielwerten bzw. Soll-Werten des Biegewinkels Biegeumformungen des Werkstücks 4 durchgeführt werden, wodurch weitere Datensätze zur Vervollständigung der Datenbank ermittelt werden. Entsprechendes gilt für Testserien mit unterschiedlichen Blechdicken des Werkstücks 4, unterschiedlichen Werkstoffen der Bleche, usw.

[0026] Bei den wie vorstehend beschrieben durchgeführten Biegeumformungen werden Testbleche mit standardisierten Abmessungen als Werkstück 4 verwendet. Vorzugsweise werden rechteckig zugeschnittene bzw. geformte Testbleche mit Seitenlängen von 200 mm x 100 mm als Werkstück 4 verwendet. Als vorteilhaft erweist sich dabei insbesondere, wenn solche als Werkstück 4 verwendete Testbleche so zwischen das untere Biegewerkzeug 2 und das obere Biegewerkzeug 3 so eingelegt werden, dass deren Kanten 16, 17 parallel zu der Biegeachse 12 der Biegewerkzeuge 2, 3 ausgerichtet sind.

[0027] Anhand der Fig. 4 und 5 wird nachfolgend ein weiteres Ausführungsbeispiel des Verfahrens zum Umformen eines Werkstücks 4 aus Blech beschrieben. Dabei werden für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen bzw. Bauteilbezeichnungen wie in den vorangegangenen Fig. 1 bis 3 verwendet werden. Um unnötige Wiederholungen zu vermeiden, wird auf die detaillierte Beschreibung in den vorangegangenen Fig. 1 bis 3 hingewiesen bzw. Bezug genommen. Die Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht der Biegevorrichtung 1 entsprechend einer Blickrichtung parallel zu der Biegeachse 12 (Fig. 1) der Biegewerkzeuge 2, 3. Dabei ist wiederum stellvertretend für die ganze Biegevorrichtung 1 nur der zentrale Teil des Bearbeitungsbereichs um die Biegewerkzeuge 2, 3 herum dargestellt. Wie schon beim ersten Ausführungsbeispiel wird an dem Werkstück 4 durch Niederdrücken des oberen Biegewerkzeugs 3 eine Biegeumformung in der Art des Freibiegens ausgeführt. In gleicher Weise sind auch zu beiden Seiten des Pressentisches bzw. des unteren Pressbalkens 5 jeweils eine Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 an dem Pressentisch angeordnet. Bei dem Verfahren gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist nun vorgesehen, dass an den beiden äußeren Kanten 16, 17 des Werkstücks 4 jeweils ein Messzylinder 26, 27 befestigt wird.

[0028] Die Fig. 5 zeigt ein Detail des Werkstücks 4 mit

dem Messzylinder 27 gemäß Fig. 4 vergrößert dargestellt. In seinem an dem Werkstück 4 befestigten Zustand erstreckt sich der Messzylinder 27 entlang der Kante 17 des Werkstücks 4. Er weist einerseits eine Zylindermantelfläche 28 und andererseits eine konkave Ausnehmung mit einer ersten Anlageseite 29 und einer zweiten Anlageseite 30 auf. Die im Wesentlichen rechtwinkelig zueinander ausgerichteten Anlageseiten 29, 30 dienen der Anlage an der unteren Seite des Werkstücks 4 bzw. an der Stirnseite der Kante 17. Der Messzylinder 27 bzw. dessen Zylindermantel 28 und die Anlageseiten 29, 30 sind dabei so geformt, dass eine Zylinderachse des Zylindermantels 28 coaxial zu dem unteren Rand der Kante 17 zu liegen kommt. Wie in der Fig. 5 dargestellt, kann der Messzylinder 27 mit Hilfe einer oder mehrerer Schrauben 31 an dem Werkstück 4 befestigt bzw. festgeklemmt sein.

[0029] Bei diesem Ausführungsbeispiel des Verfahrens dienen die an den Kanten 16, 17 befestigten Messzylinder 26, 27 als Referenz für die Bestimmung der räumlichen Lage bzw. die Bestimmung der Koordinaten von Punkten an den Kanten 16, 17 des Werkstücks 4. Die Verwendung der Messzylinder 26, 27 erleichtert bei der Biegeumformung die Detektion der Kanten 16, 17 des Werkstücks 4. Dies deshalb, weil insbesondere die Oberflächenbeschaffenheit des Zylindermantels 28 der Messzylinder 26, 27 stets gleichbleibend ist und somit für die Auswertungen mit Hilfe des Bilderkennungsprogramms 21 bzw. mit dem Auswerteprogramm 22 eine optisch homogene Oberfläche zur Verfügung steht. Im Unterschied dazu verändern sich die Einfallswinkel der Lichtstrahlen auf die Unterseite der Schenkel des Werkstücks 4 mit fortschreitender Änderung des Verformungswinkels 8, 9. Die Koordinaten- bzw. die Trajektorienbestimmung der Kanten 16, 17 des Werkstücks 4 kann bei Verwendung der Messzylinder 26, 27 unabhängig von der Art des Werkstoffs durchgeführt werden. Unterschiede der Oberflächenbeschaffenheit des Werkstücks 4 bleiben damit ohne Einfluss auf die Qualität der Messungen.

[0030] Die auf der Unterseite des Schenkels des Werkstücks 4 von der Lichtquelle 13 erzeugte Lichtlinie 15 setzt sich in der Form eines Kreisbogens auf der Oberfläche des Zylindermantels 28 des Messzylinders 26, 27 fort. In einem von der Kamera 14 aufgezeichneten Bild erscheint eine solche Kreisbogenlinie mit einem Radius 32 des Zylinderradius 28 im Allgemeinen in der Form eines Ellipsenbogenabschnitts. Mit einem bekannten bzw. vorgewählten Wert des Radius 32 des Zylindermantels 28 können die Koordinaten der momentanen Lage der Kante 16, 17 des Werkstücks 4 unter Berücksichtigung der bekannten geometrischen Verhältnisse berechnet werden. Sonst mögliche Messfehler aufgrund von Streulicht oder wechselnden Verhältnissen der Oberflächenbeschaffenheit des Werkstücks 4 können durch die Verwendung der Messzylinder 26, 27 also vermieden werden. Das Verfahren gemäß diesem Ausführungsbeispiel zeichnet sich also dadurch aus, dass

vor Beginn der Biegeumformung an dem Werkstück 4 an dessen Kanten 16, 17 ein Messzylinder 26, 27 mit einem vorgewählten Radius 32 des Zylindermantels 28 befestigt wird. Weiters ist vorgesehen, dass das Auswerteprogramm 22 zur Berechnung der räumlichen Koordinaten der Kante 16, 17 basierend auf der auf der Oberfläche des Zylindermantels 28 erzeugten Lichtlinie 15 ausgebildet ist.

[0031] Ausdrücklich sei an dieser Stelle angemerkt, dass das Verfahren gemäß diesem Ausführungsbeispiel, d.h. das Verfahren unter Verwendung der Messzylinder 26, 27, auch mit einer Biegevorrichtung 1, die zum Schwenkbiegen ausgebildet ist, durchgeführt werden kann. In einem solchen Fall wäre die Anordnung nur einer einzigen Biegewinkel-Messvorrichtung 10, 11 ausreichend, da dabei einer der Schenkel des Werkstücks 4 von einem der Biegewerkzeuge 2, 3 festgehalten wird.

[0032] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

[0033] Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

[0034] Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

[0035] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 | Biegevorrichtung 32 Radius |
| 2 | unteres Biegewerkzeug |
| 3 | oberes Biegewerkzeug |
| 4 | Werkstück |
| 5 | unterer Pressbalken |

(fortgesetzt)

- | | |
|----|-----------------------------|
| 6 | oberer Pressbalken |
| 7 | Biegekante |
| 8 | Verformungswinkel |
| 9 | Verformungswinkel |
| 10 | Biegewinkel-Messvorrichtung |
| 11 | Biegewinkel-Messvorrichtung |
| 12 | Biegeachse |
| 13 | Lichtquelle |
| 14 | Kamera |
| 15 | Lichtlinie |
| 16 | Kante |
| 17 | Kante |
| 18 | Steuervorrichtung |
| 19 | Zentralrecheneinheit |
| 20 | Fertigungsprogramm |
| 21 | Bilderkennungsprogramm |
| 22 | Auswerteprogramm |
| 23 | Speicher |
| 24 | Bedienterminal |
| 25 | Bildschirm |
| 26 | Messzylinder |
| 27 | Messzylinder |
| 28 | Zylindermantel |
| 29 | Anlageseite |
| 30 | Anlageseite |
| 31 | Schraube |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausführen einer Biegeumformung an einem Werkstück (4) aus Blech mit einer Biegemaschine (1) mit zwei Biegewerkzeugen (2, 3), die zur Herstellung einer Biegekante (7) an dem Werkstück (4) geeignet ausgebildet sind, und mit zumindest einer Biegewinkel-Messvorrichtung (10, 11), die einen Laser (13) zur Projektion einer Lichtlinie (15) auf eine Oberfläche des Werkstücks (4) und eine Kamera (14) zum Aufzeichnen von Bildern der projizierten Lichtlinie (15) umfasst, wobei eine Steuervorrichtung (18) mit einem Bilderkennungsprogramm (21) und mit einem Auswerteprogramm (22) ausgebildet ist, wobei mit dem Auswerteprogramm (22) aus Änderungen der auf der Oberfläche des Werkstücks (4) erzeugten Lichtlinie (15) in den Bildern der Kamera (14) ein Wert des Biegewinkels berechnet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem ersten Verfahrensschritt das Werkstück (4) in einem unverformten, ebenflächigen Zustand zwischen die Biegewerkzeuge (2, 3) gelegt wird und anschließend der Laser (13) die Lichtlinie (15) auf die Oberfläche des Werkstücks (4) projiziert, sodass sich die Lichtlinie (15) bis zu einer von der Biegekante (7) distanziierten, äußeren Kante (16, 17) des Werk-

stücks (4) erstreckt, und dass zu einem momentanen Wert des Biegewinkels mit dem Auswertprogramm (22) jeweils eine räumliche Position eines Endes der Lichtlinie (15) an der äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) berechnet wird. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Werten der Biegewinkel und den räumlichen Positionen der Enden der Lichtlinien (15) an der äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) zu Beginn der Biegeumformung und zu einem Zeitpunkt am Ende der Biegeumformung mit dem Auswertprogramm (22) ein Wert einer Biegeverkürzung berechnet wird. 10
15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Werten der Biegewinkel und den räumlichen Positionen der Enden der Lichtlinien (15) an der äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) mit dem Auswertprogramm (22) ein Rückfederwert berechnet wird. 20
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Ausführen der Biegeumformung an der äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) ein Messzylinder (26, 27) befestigt wird, wobei eine Zylinderachse des Messzylinders (26, 27) koaxial zu der äußeren Kante (16, 17) des Werkstücks (4) ausgerichtet ist. 25
30
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Messzylinder (26, 27) zumindest eine Schraube (31) umfasst und durch die Schraube (31) an der Kante (16, 17) des Werkstücks (4) festgeklemmt wird. 35
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Testblech, das rechteckig zugeschnitten ist, als Werkstück (4) verwendet wird. 40
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Abmessungen des Werkstücks (4) mit einer Länge von 200 mm und einer Breite von 100 mm bemessen werden. 45
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** Werte des nach der Biegeumformung ausgebildeten Biegewinkels, der Biegeverkürzung, des Rückfederwerts, ein Wert einer Dicke des Werkstücks (4) gemeinsam mit einer Art des Werkstoffs des Werkstücks (4) in einer Datenbank gespeichert werden. 50
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein die Lichtlinie (15) erzeugendes, ebenflächiges Lichtbündel bezüglich der Biegekante (7) senkrecht ausgerichtet 55

Fig.1

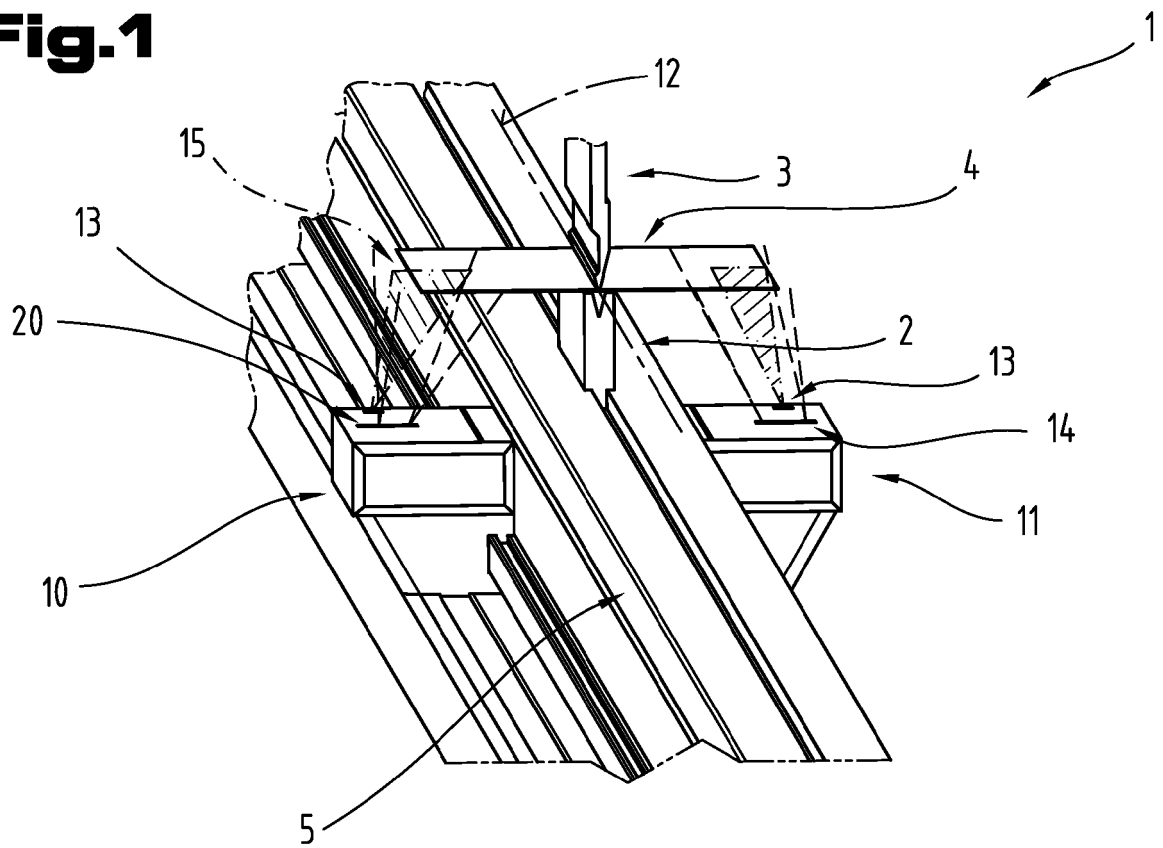


Fig.2

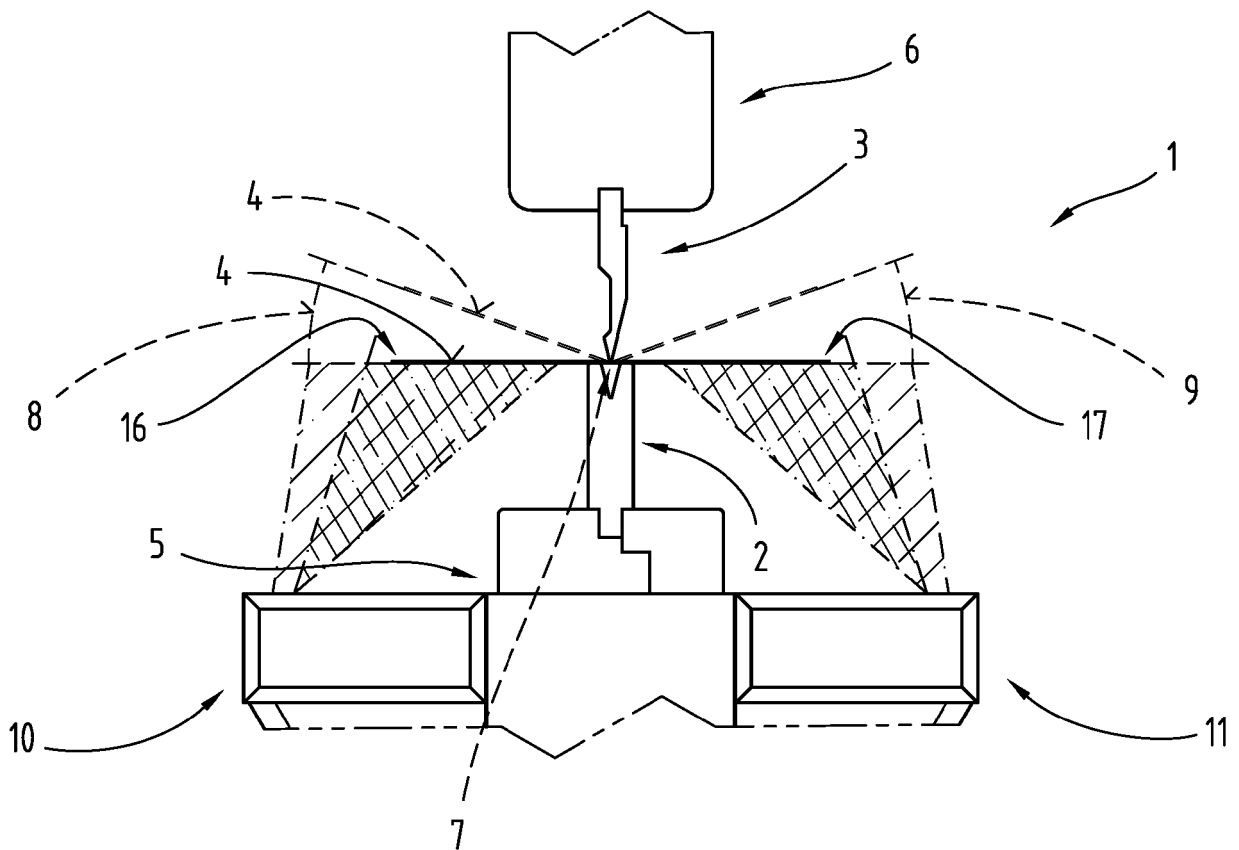


Fig.3

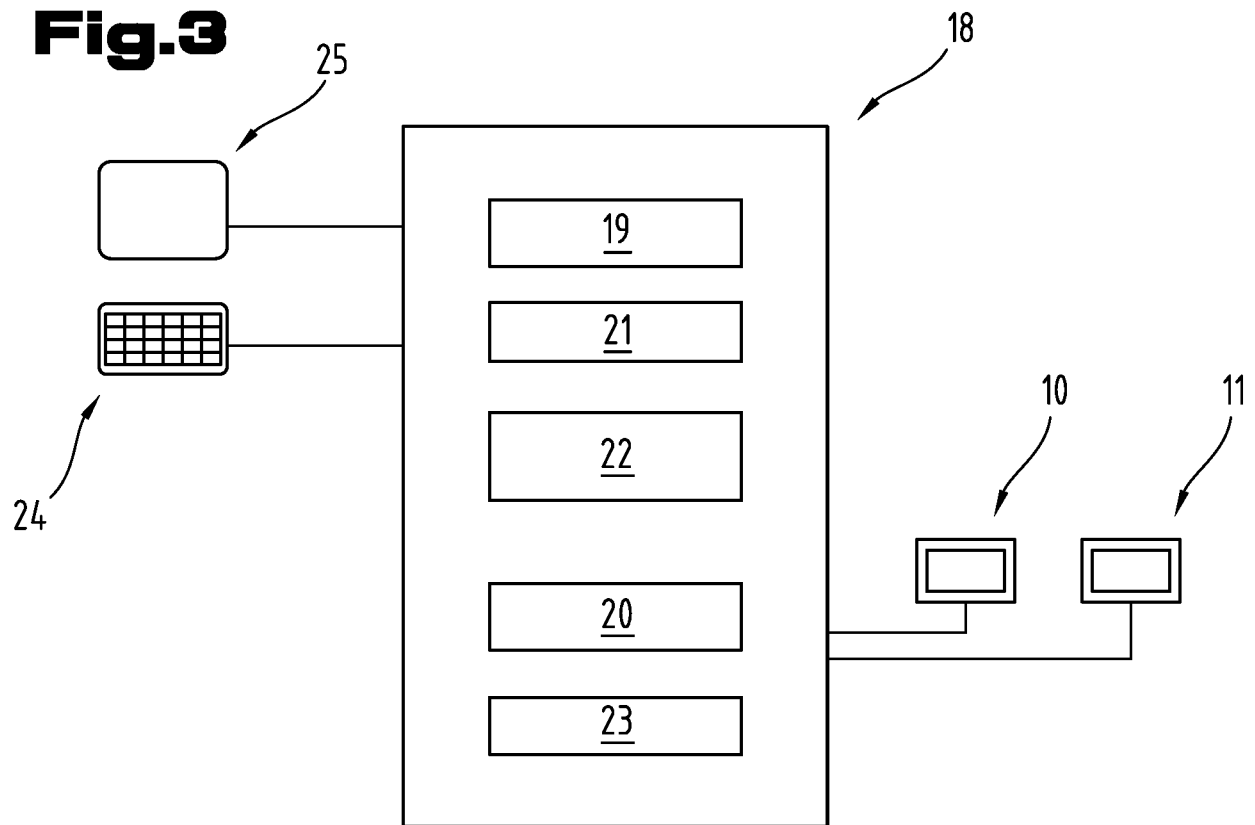
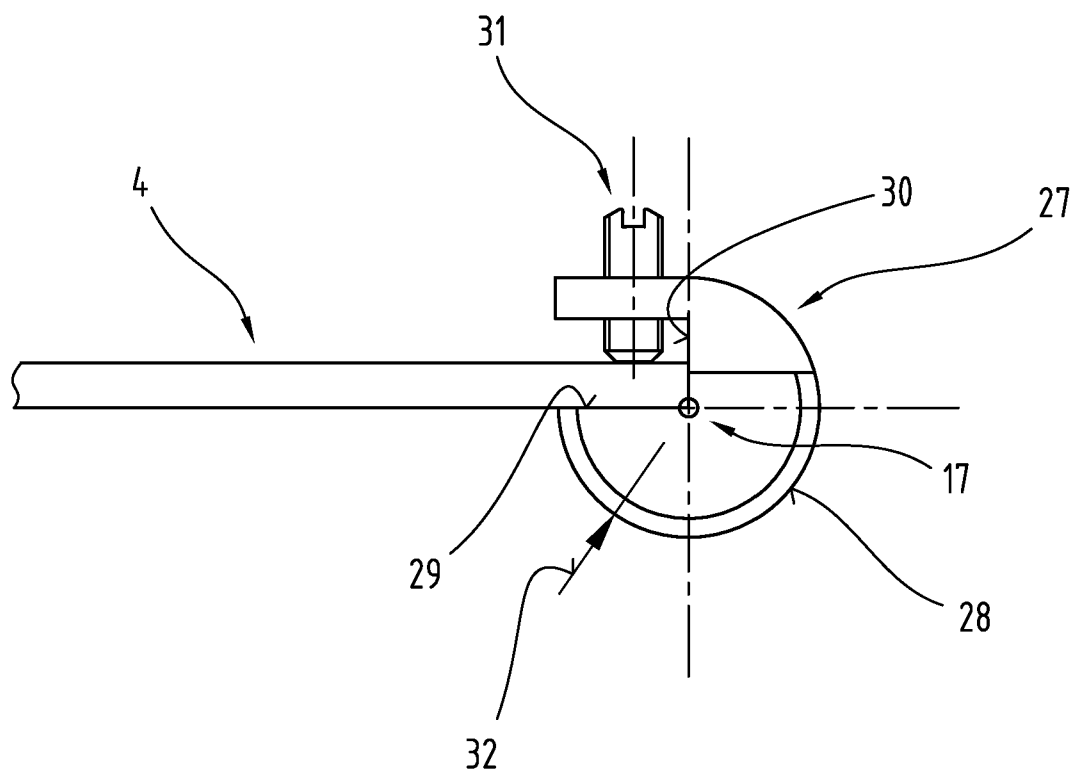


Fig.5



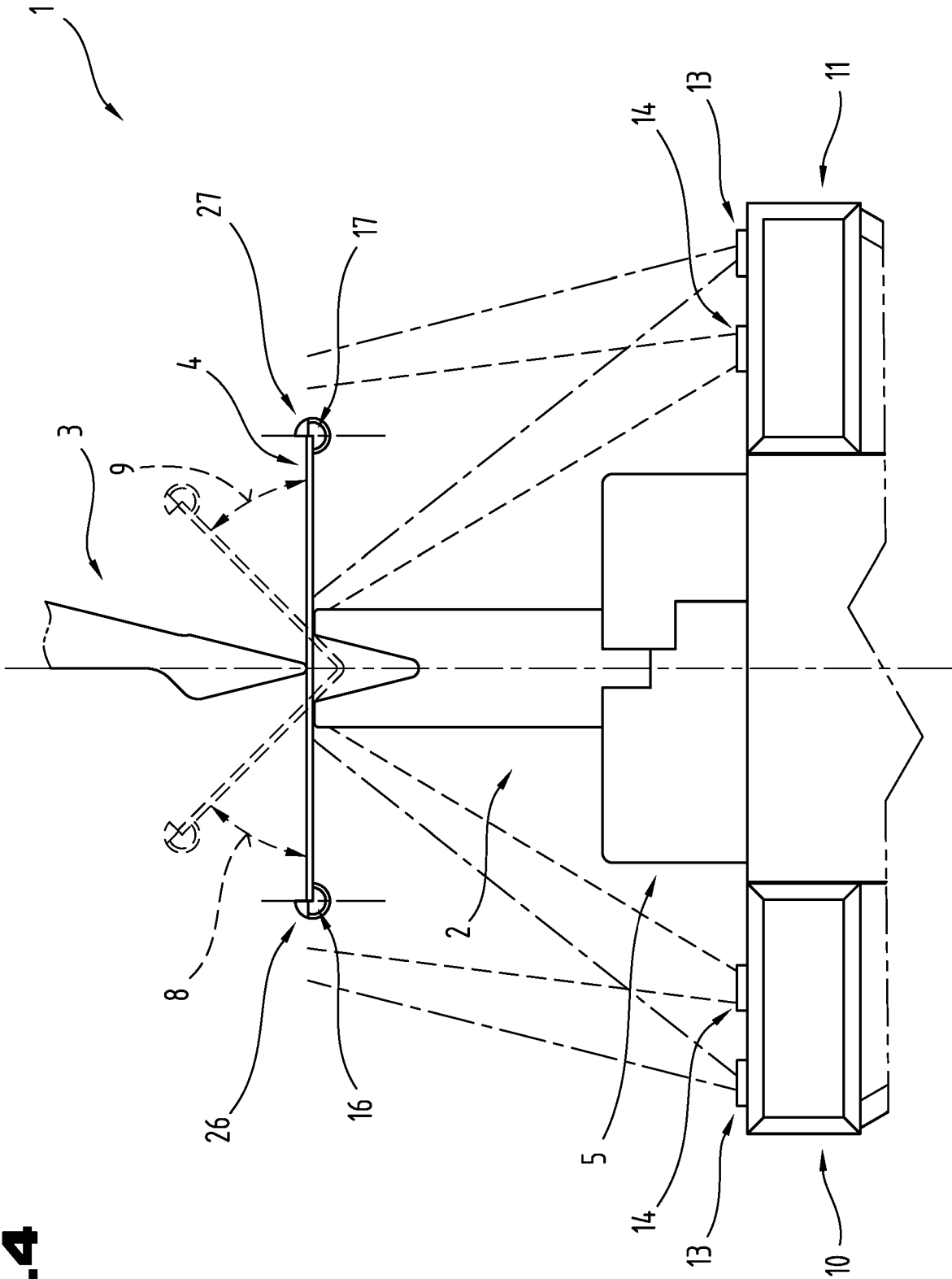


Fig.4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 22 0725

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	EP 1 961 502 B1 (BYSTRONIC LASER AG [CH]) 22. Oktober 2014 (2014-10-22)	1-3,6-9	INV. B21D5/01
A	* Absatz [0019] - Absatz [0042]; Abbildungen 1-3 *	4,5	

X	EP 4 076 779 B1 (TRUMPF MASCHINEN AUSTRIA GMBH & CO KG [AT]) 6. Dezember 2023 (2023-12-06)	1-3,6-9	
A	* Absatz [0018] - Absatz [0030]; Abbildungen 1-3 *	4,5	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		20. März 2025	Vesterholm, Mika
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
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			

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 24 22 0725

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.

20-03-2025

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie			Datum der Veröffentlichung
EP 1961502	B1	22-10-2014	EP	1961502	A2	27-08-2008
			PT	1961502	E	06-11-2014

EP 4076779	B1	06-12-2023	AT	523360	A1	15-07-2021
			CN	114786833	A	22-07-2022
			EP	4076779	A1	26-10-2022
			WO	2021119704	A1	24-06-2021

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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