



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 656 813 A5

⑤① Int. Cl.⁴: B 21 D 5/01

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

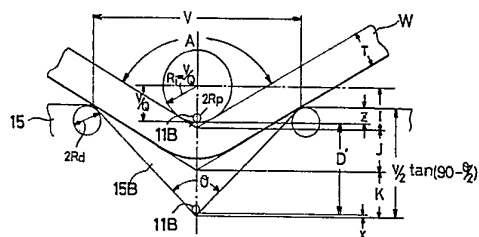
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑳ Gesuchsnummer:	7868/81	㉓ Inhaber:	Amada Company, Limited, Isehara-shi/Kanagawa-ken (JP)
㉑ Anmeldungsdatum:	09.12.1981	㉔ Erfinder:	Koyama, Katsumi, Hiratsuka-shi/Kanagawa-ken (JP) Kojima, Shigenori, Bunkyo-ku/Tokyo (JP) Kogure, Tsuneo, Hatano-shi/Kanagawa-ken (JP) Itano, Naoaki, Machida-shi/Tokyo (JP) Ohashi, Yoshihiko, Machida-shi/Tokyo (JP)
㉒ Priorität(en):	09.12.1980 JP 55-172571 15.12.1980 JP 55-177001 15.12.1980 JP 55-177002	㉕ Vertreter:	Patentanwalts-Bureau Isler AG, Zürich
㉔ Patent erteilt:	31.07.1986		
㉖ Patentschrift veröffentlicht:	31.07.1986		

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Bildung von Vertiefungen in einem Werkstück.

⑤⑦ Um mit einer Strangpresse beliebige Biegungen inklusive Halbzylinderflächen herstellen zu können, wird die Distanz (D') zwischen dem Ursprungsmesspunkt in der Biegetiefe (15B) im unteren Werkzeug und dem tiefsten Ort (11B) des oberen Werkzeuges in Funktion der Dicke (T) und des Biegewinkels (A) des Werkstückes (W), des Radius (R_d) an der Schulterpartie der Biegevertiefung und ferner des Radius (R_p) am tiefsten Ort des oberen Werkzeuges und der Breite (V) der Biegeausnehmung laufend berechnet. Die Kompensationsgrösse zur Korrektur dieser festen Daten infolge der Auslenkung der Träger der Stanzpresse durch die Presskraft werden ebenfalls berechnet und berücksichtigt. Damit kann bei ebenfalls berechenbaren Vorschubwerten für das Werkstück (W) jede beliebige Biegeform erzeugt werden.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung einer Biegung in einem blechartigen Werkstück mittels einer Stanzpresse, gekennzeichnet durch eine laufende Berechnung der Distanz (D') zwischen einem Ursprungsmesspunkt in der Biegeausnehmung im unteren Werkzeug (15) und dem tiefsten Ort des oberen Werkzeuges (11) in Funktion der Dicke (T) und des Biegewinkels (A) des Werkstückes (W), des Radius (R_d) an der Schulterpartie der Biegeausnehmung, und ferner des Radius (R_p) am tiefsten Ort des oberen Werkzeuges (11) und der Breite (V) der Biegevertiefung, ferner durch Berechnen von Kompensationsgrößen (δ_1 , δ_2 , δ_3 und δ_4), die beim Biegevorgang entstehen, aus der berechneten Distanz (D') und der wahren Distanz (D) zwischen dem Ursprungsmesspunkt in der Biegeausnehmung und dem tiefsten Ort des oberen Werkzeuges (11), zwecks Steuerung des Hubes des Bärs (13) bis zum Punkt, bei dem das obere Werkzeug (11) und das untere Werkzeug (15) auf der Basis der erhaltenen wahren Distanz D ineinander eingreifen.

2. Verfahren nach Patentanspruch 1 zur Herstellung einer Biegung mit halbzyklindrischer Form, dadurch gekennzeichnet, dass der Bär (13) wiederholte Stöße mit gesteuerten Hülen ausführt und das Werkstück (W) nach jedem Hub des Bärs (13) in kleinsten gleichmässigen Schritten verschoben wird.

3. Verfahren nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zu einer variablen Zeit eine Biegetiefe (D_m) aus der Anzahl (n) der Biegeschritte, der kleinsten gleichbleibenden Distanz (P), dem Biegewinkel (A), den es für die halbzyklindrische Form benötigt, der Dichte (T), der Zugfestigkeit (δZ) des Werkstückes (W), einer Biegelänge des Werkstückes (W), einer Distanz (b) zwischen einem ersten Biegepunkt und der Schulter der Biegevertiefung, einer variablen Distanz (b_m) zur genannten variablen Zeit der Breite (V) der Biegevertiefung, dem Radius (R_d) der Schulterpartie der Biegevertiefung und einem Winkel (θ) der Biegevertiefung und jedem Hub des Bärs (13) bei jeder Biegeoperation errechnet wird.

4. Verfahren nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Biegelänge zwischen Biegepunkten zur variablen Zeit und Anschlägen einer Messeinrichtung aus der Biegelänge zwischen einem ersten Biegepunkt und den Anschlägen, der Dimension der Dehnung des Werkstückes (W) zur genannten variablen Zeit und der kleinsten gleichbleibenden Distanz (P) berechnet wird und dass das Werkstück (W) zu einer halbzyklindrischen Form gebogen wird, indem jede Biegelänge aufgrund der Biegelänge (L_m) gesteuert wird und mit dem Bär (13) mit fest eingestelltem Hub wiederholte Schläge ausgeführt werden.

5. Verfahren nach Patentanspruch 1, gekennzeichnet durch Feststellen der Auslenkung des Bärs (13) bei der Biegeoperation, Berechnen des Hubes des Bärs (13) auf der Basis der festgestellten Auslenkung und der genannten Daten und durch Steuerung des Hubes des Bärs (13).

6. Vorrichtung zur Ausübung des Verfahrens nach Patentanspruch 1, gekennzeichnet durch einen Antrieb (17) zum Anheben und Absenken des Bärs (13), Mittel zum Einstellen (87, 87S) des Hubes des Bärs (13), mittels einer Steuerung (93, 95, 97, 105, 113, 121) zur Einstellung der Anhaltstelle des Bärs (13) und ein Steuermittel (151) zum Berechnen des Hubes des Bärs aufgrund der eingegebenen Daten bezüglich einer Breite (V) der Biegevertiefung (15B) im unteren Werkzeug (15), einer Dicke (T) des Werkstückes (W), einer Biegelänge (B), einer Zugfestigkeit (δZ), eines Biegewinkels (A), eines Radius (R_d) der Biegevertiefung (15B) des unteren Werkzeuges (15), eines Radius (R_p) am tiefsten Ort (11B) des oberen Werkzeuges (11) und vorbestimmter Konstanten.

7. Vorrichtung nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (151) zum Berechnen des Hubes des Bärs (13) bei jeder Biegeoperation mit Daten bezüglich der Breite (V) der Biegevertiefung (15B), der Dicke (T) des Werkstückes (W), des Biegewinkels (A), des Radius (R) der halbzyklindrischen Biegepartie, der Anzahl Hübe (n) für den Biegevorgang und die Distanz (P) für jeden Biegevorgang und zur Steuerung der Einstellmittel (87, 87S) zur Einstellung des Hubes bei jedem Biegevorgang gemäss dem berechneten Wert belieferbar sind.

8. Vorrichtung nach Patentanspruch 7, gekennzeichnet durch Steuermittel (151) zum Berechnen des Abstandes zwischen den Anschlägen (55a, 55b) einer Messeinrichtung (39) und der Biegelinie auf dem Werkstück W basierend auf den verschiedenen Daten, und zur Steuerung der Lage der Anschläge (55a, 55b) der Messeinrichtung (39) aufgrund der errechneten Werte.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bildung einer Vertiefung nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruches 1 sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruches 5.

Derartige Biegungen oder Vertiefungen werden im allgemeinen mit Biege- oder Abkantpressen in blattähnlichem Material wie in Blechen durchgeführt.

Wie es gut bekannt ist, bestehen Biegepressen oder Abkantpressen zum Biegen von blattförmigen Werkstücken aus einem Paar länglicher Werkzeuge oder Formen, die horizontal angeordnet und vertikal aufeinander ausgerichtet sind.

Das obere Werkzeug ist an seiner unteren Partie geformt und weist eine sich horizontal erstreckende Biegepartie, die im allgemeinen einen V-förmigen Querschnitt hat, aber auch anders ausgebildet sein kann und das untere Werkzeug besitzt in seiner oberen Partie eine horizontal verlaufende Biegevertiefung, die ebenfalls V-förmig im Querschnitt ist, aber auch hier andere Formen haben kann. Eines der beiden Werkzeuge ist horizontal an einem feststehenden Träger befestigt und das andere wird durch einen beweglichen Bär gehalten, der seinerseits beispielsweise durch einen hydraulischen Motor vertikal angetrieben ist. Selbstverständlich sind dabei die Biegepartie des oberen Werkzeuges und die Biegevertiefung im unteren Werkzeug vertikal aufeinander ausgerichtet, so dass sie ineinander eingreifen können, wenn der Bär vertikal bewegt wird. Somit wird im Betrieb ein zu biegendes Werkstück horizontal auf das untere Werkzeug gelegt und dann wird der Bär mittels Antriebskraft bewegt, so dass die Biegepartie des oberen Werkzeuges das Werkstück berührt und dann dieses Werkstück in die Biegevertiefung des unteren Werkzeuges drückt.

In der oben beschriebenen Anordnung wird das Werkstück in die Form der Biegevertiefung des unteren Werkzeuges gebracht, wenn es vollständig durch die Biegepartie des oberen Werkzeuges, die eine gleichartige Form wie die Biegevertiefung im unteren Werkstück hat, in diese hineingepresst wird. Wenn jedoch eine sogenannte Luftbiegung durch Verwendung des oberen V-förmigen Werkzeuges durchgeführt wird, so biegt sich das Werkstück in verschiedene Biegewinkel, je nach der Tiefe in die die Biegepartie des oberen Werkzeuges in die Biegevertiefung des unteren Werkzeuges eindringt. Mit anderen Worten, kann das Werkstück in jeden beliebigen Winkel mittels dieser Luftbiegung gebracht werden, ohne dass das obere oder das untere Werkzeug geändert würden, nämlich lediglich durch Einstellen des

Hubes des Bärs, wobei das Eindringen der Biegepartie des oberen Werkzeuges in die Biegevertiefung des unteren Werkzeuges, nämlich der Druck des oberen Werkzeuges auf das Werkstück eingestellt wird. Selbstverständlich kann dasselbe Werkstück mehrere Male durch eine solche Luftbiegung gebogen werden und durch Anbringen mehrerer Faltungen in verschiedenen Winkeln durch wiederholtes Pressen des Werkstückes mit dem Bär und bei eingestelltem Hub in verschiedene Formen gebracht werden. Auch wäre es denkbar, mittels Luftbiegung das Werkstück in eine halbzyklindrische Form zu bringen, so dass im Schnitt ein Halbkreis entsteht, indem der Bär wiederholt mit eingestelltem Hub betätigt wird und das Werkstück nach jedem Hub des Bärs um gleich grosse kleinste Beträge verschoben wird.

Bei einer Biegepresse ist es sehr wichtig, den Hub des Bärs genau einzustellen, um das Werkstück genau in den gewünschten Winkel zu biegen, wie es oben beschrieben wurde, weil schon ein geringer Fehler in der Einstellung des Hubes zu einer schlechten Biegung führen wird. Es ist auch sehr wichtig, den Hub des Bärs nicht nur in bezug auf den Biege- winkel der erhalten werden soll, einzustellen, sondern auch bezüglich anderer Bedingungen, wie die Breite und Form der Biegevertiefung des unteren Werkzeuges, der Dicke, der Breite und der Zugfestigkeit des zu biegenden Werkstückes abzustellen. Zudem ist es auch notwendig bei der Einstellung des Hubes die Auslenkung des Bärs in Rechnung zu stellen, die unweigerlich infolge der Biegekraft in Erscheinung tritt und einen Einfluss auf den Hub des Bärs ausübt.

Bis heute wurde jedoch weder ein Verfahren noch ein Mittel zur genauen Einstellung des Hubes des Bärs bei Biegepressen bekannt. Überdies war es offensichtlich bisher unmöglich die Dicke und die Zugfestigkeit des zu biegenden Werkstückes genau herauszufinden, weil die Werkstücke selbst bezüglich Dicke und Zugfestigkeit unterschiedlich sind, auch wenn sie als identisches Los hergestellt wurden. Auch wurden bisher keine Anstrengungen unternommen, um die Auslenkungen der Biegepresse festzustellen und den Hub des Bärs bezüglich dieser Auslenkungen zu korrigieren. Als Folge davon war es bisher üblich, dass der Hub des Bärs durch verschiedene Versuche und Fehler bei Versuchsbiegungen eingestellt wurde, bis dann schliesslich eine annehmbare Biegung erhalten werden konnte. Dementsprechend musste ein grosses Wissen erlangt werden, um den Hub des Bärs einzustellen und auch so war eine ganze Anzahl Werkstücke verdorben, bis dann endlich der richtige Hub gefunden wurde. Nichts desto trotz war es bisher unmöglich genaue Biegeoperationen durchzuführen für die der Hub des Bärs in herkömmlicher Weise eingestellt wurde, weil die Werkstücke bezüglich Dicke und Zugfestigkeit unterschiedlich sind und dadurch schon unterschiedliche Biegekräfte verlangen.

Als weiterer Hauptnachteil von solchen Biegepressen wurde festgestellt, dass es unmöglich war, Werkstücke leicht und genau in zylindrische Formen zu biegen, die einen halb- kreisförmigen Querschnitt aufweisen, mit nur einem Paar von oberem und unterem Werkzeug. Um nun ein Werkstück in eine zylindrische Form mit nur einem Paar von oberem und unterem Werkzeug zu biegen, ist es notwendig, den Bär mehrmals mit genau eingestelltem Hub hin- und herzubewegen und das Werkstück nach jedem Schlag, um eine genau eingehaltene Distanz zu verschieben. Offensichtlich war es jedoch unmöglich den Hub des Bärs genau einzustellen, wie schon erwähnt wurde, und zudem war es unmöglich die Distanz einzustellen, über die ein zu biegendes Werkstück nach jedem Schlag weiterzubewegen war.

Es ist deshalb eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum genauen und leichten Biegen von blattförmigem Werkstück unter Verwendung

von nur einem einzigen Paar von oberem und unterem Werkzeug in Biegepressen zu schaffen und damit verschiedene Formen mit unterschiedlichen Biege winkeln zu erhalten, inklusive auch halbzyklindrische Formen mit halbkreisförmigen Querschnitten herzustellen. Insbesondere soll durch die Erfindung ermöglicht werden, den Hub des Bärs automatisch einzustellen, wie Auslenkungen in der Biegepresse infolge der Biegekraft festzustellen und automatisch die Distanz einzustellen über die ein Werkstück vorwärts zu bewegen ist, um eine gewünschte Form zu erhalten.

Erfindungsgemäss wird dies durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des unabhängigen Patentanspruches 1 erreicht. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist durch die Merkmale im unabhängigen Patentanspruch 5 gekennzeichnet.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Aufriss einer Biegepresse oder hydraulischen Abkantpresse für die Durchführung einer Biegung nach der Erfindung,

Fig. 2 einen Seitenriss derselben Biegepresse gemäss Fig. 1,

Fig. 3 einen vergrösserten Querschnitt durch eine Partie der Biegepresse nach den Fig. 1 und 2 gemäss einer Schnittlinie III — III in Fig. 2,

Fig. 4 einen Seitenriss derselben Partie wie in Fig. 3 dargestellt ist, wenn diese von der rechten Seite in Fig. 3 betrachtet ist,

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht einer Messvorrichtung der Biegepresse gemäss den Fig. 1 und 2 von hinten der Biegepresse aus betrachtet,

Fig. 6 eine perspektivische Ansicht zur Erläuterung der Hubeinstellung des Bärs,

Fig. 7 einen Aufriss eines Eingabegerätes zur Durchführung der Prinzipien der Erfindung,

Fig. 8 eine schematische Zeichnung zur Darstellung der Prinzipien der vorliegenden Erfindung,

Fig. 9 und 10 je eine Betriebsstellung der Biegeoperation,

Fig. 11 eine Biegung eines Werkstückes in eine halb- zylindrische Form,

Fig. 12 A bis 12 D verschiedene Schritte bei der Biegung eines Werkstückes in eine halbkreisförmige Form, und

Fig. 13 eine Entwicklung eines Werkstückes.

In den Fig. 1 und 2 ist eine Biegepresse 1 dargestellt, die als Abkantpresse bezeichnet wird und diese wird hauptsächlich verwendet, um blattähnliches Material, wie Blech, in Formen wie Winkel und Kanäle zu biegen. Die Biegepresse 1 umfasst ein Paar C-förmiger aufrechter Platten 3 und 5, die parallel zueinander vertikal angeordnet sind und einstückig miteinander über eine Basisplatte an ihren unteren Enden verbunden sind. Die Biegepresse 1 umfasst dazu noch einen oberen Rahmen 9, der einstückig mit den aufrechten Platten 3 und 5 verbunden ist und ein längliches oberes Werkzeug 11 trägt und weiter noch einen stabförmigen Bär 13 aufweist, der seinerseits ein längliches unteres Werkzeug 15 trägt, auf dem ein Werkstück W das zu biegen ist, horizontal aufgelegt ist. Das obere Werkzeug 11 ist wegnehmbar am unteren Ende eines Trägers 9 befestigt und trägt an seiner unteren Partie eine horizontale längliche Biegepartie 11B, die einen V-förmigen Querschnitt zeigt. Das untere Werkzeug 15 ist entfernbar am oberen Ende des Bärs 13 befestigt und weist an seiner oberen Partie eine horizontale Biegevertiefung 15B auf, die einen V-förmigen Querschnitt zeigt.

Wie am besten aus Fig. 2 zu entnehmen ist, ist der Bär 13, der das untere Werkzeug 15 trägt, vertikal beweglich und in vertikaler Richtung auf den Träger 9 ausgerichtet, so dass die Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15 in Eingriff mit der Biegepartie 11B des oberen Werkzeuges ge-

bracht werden kann, wenn der Bär 13 angehoben wird. Insbesondere ist der Bär 13 so angeordnet, dass er durch einen hydraulischen Motor 17 oder durch Motoren mit einer Kolbenstange 17p zwischen einer Frontplatte 19 und einer hinteren Platte 21 die vertikal unterhalb des Trägers 9 angeordnet sind, in vertikaler Richtung gegen den Träger 9 hin oder von diesem weg bewegt wird. Die Platten 19 und 21 sind parallel zueinander vor und hinter dem Bär 13 befestigt, um die unteren Partien der aufrechten Platten 3 und 5 zu verbinden und diese tragen Führungsmittel für die vertikale Bewegung des Bärs 13. In dieser Anordnung wird das untere Werkzeug 15 durch den Bär 13 bis zum Eingriff mit dem oberen Werkzeug 11 angehoben, wenn der Bär 13 durch den hydraulischen Motor 17 angehoben wird, in der Weise, dass die Biegepartie 11B des oberen Werkzeuges 11 in die Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15 hineingebracht wird. Somit wird das Werkstück W das auf dem unteren Werkzeug 15 angeordnet ist, wie am besten aus Fig. 2 ersichtlich ist, mit dem Bär 13 angehoben und das untere Werkzeug 15 drängt das Werkstück zum oberen Werkzeug 11 hin, so dass das Werkstück W durch die Biegepartie 11B des oberen Werkzeuges 11 in die Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15 gepresst wird.

In der oben beschriebenen Anordnung wird das Werkstück W in die Form der Biegevertiefung 15B des unteren Werkstückes 15 gebracht, wenn es durch die Biegepartie 11B des oberen Werkzeuges 11 vollständig in diese hineingepresst wird, sofern die Biegepartie 11B gleich geformt ist wie die Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15. Jedoch mit dem oberen V-förmigen Werkzeug 11 kann das Werkstück W durch Luftbiegung in jeden beliebigen Winkel oder in jede Form gebogen werden, indem der Hub des Bärs 13 eingestellt wird und damit das Eindringen der Biegepartie 11B des oberen Werkzeuges 11 in die Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15 einzustellen. Auch kann das Werkstück W verschiedene Male durch Luftbiegung gebogen werden, so dass verschiedene Formen mit verschiedenen Biegungen unter verschiedenen Winkeln geformt werden kann, wenn das Werkstück verschoben wird und der Bär 13 wiederholt mit eingestelltem Hub bewegt wird. Überdies kann das Werkstück W in eine halbzyklindrische Form mit halbkreisförmigem Querschnitt gebogen werden, wenn der Bär 13 wiederholt mit eingestelltem Hub bewegt wird und das Werkstück W mit kleinsten gleichen Abständen nach jedem Schlag des Bärs verschoben wird.

In diesem Zusammenhang wird festgehalten, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Verwendung der Biegepresse 1 gemäss den Fig. 1 und 2 begrenzt ist, bei der das untere Werkzeug 15 mittels des Bärs gehalten und in bezug zum oberen Werkzeug 11 das fixiert ist, bewegt wird. Es wird hier festgehalten, dass die vorliegende Erfindung ebensogut bei einer Biegepresse Anwendung finden kann, bei der das untere Werkzeug fixiert ist und das obere Werkzeug durch einen Bär hinunter- und hinaufbewegt wird.

In der Biegepresse 1 gemäss der obigen Beschreibung erleidet der Träger 9 Auslenkungen nach oben infolge der Biegekraft während der Biegeoperation, weil die Reaktion zur Biegekraft ein Biegemoment auf die C-förmigen aufrechten Platten 3 und 5 ausübt, so dass deren Öffnung nach oben ausweitet. Weil die Biegekraft in Abhängigkeit von den Biegebedingungen, wie die Dicke, Breite und Zug-Festigkeit des Werkstückes ändern, ändert sich auch die Auslenkung des Trägers 9 in Abhängigkeit von diesen Biegebedingungen. Somit ist es notwendig, die Auslenkungen des Trägers 9 festzustellen und den Hub des Bärs um den Betrag dieser Auslenkungen zu kompensieren, um die Biegeoperation genau zu machen, weil die Auslenkungen des Trägers 9 den Hub des Bärs beeinflussen.

Wie am besten aus Fig. 2 ersichtlich ist, ist eine längliche Detektorplatte 23 vertikal aussenseitig der Platte 3 angebracht, um die Auslenkungen des Trägers 9 zu detektieren. Die Detektorplatte 23 ist drehbar an einem Drehstift 25 am vorderen oberen Ende der Aussenseite der Platte 3 drehbar in der Weise gehalten, dass er gegen die untere Partie der Platte 3 hängt. Somit bewegt sich die Detektorplatte 23 durch den Drehstift 25 aussenseitig der Platte 3 nach oben und nach unten, wenn das vordere obere Ende der Platte 3 durch den Träger 9 infolge der Biegekraft nach oben ausgelenkt und wieder in die Ursprungslage zurückkehrt. Die untere Partie der Detektorplatte 23 wird durch eine Führungswalze 27 und einen Anschlag 29 festgehalten, damit sie nicht um den Drehstift 25 schwingen kann aber sich dazwischen aufwärts und abwärts bewegen kann.

Wie Fig. 2, 3 und 4 zeigen, befindet sich auf der Detektorplatte 23 ein Biegedetektor 31, wie beispielsweise ein Zeigerinstrument oder ein Belastungsanzeiger mit einem nach oben vorgespannten Detektorglied 31D. Der Biegedetektor 31 ist vertikal einstellbar mittels eines Drehknopfes 33 an einer Führungsschiene 35 gehalten, die ihrerseits durch einen Halter 37 auf der unteren Partie der Detektorplatte 23 befestigt ist. Der Biegedetektor 31 ist derart auf der unteren Partie der Detektorplatte 23 befestigt, dass das Detektorglied 31D an der Unterseite den Anschlag 29 berührt. Ferner ist der Biegedetektor 31 so angeordnet, dass er die Auslenkung des Trägers 9 feststellt, wenn das Detektorglied 31D durch den Anschlag 29 nach unten gedrückt wird.

In der oben beschriebenen Anordnung wird das Detektorglied 31D des Biegedetektors 31 hineingedrückt, wenn das vordere obere Ende der Platte 3 durch den Träger 9 infolge der Biegekraft gebogen wird, um die Detektorplatte 23 mittels des Drehstiftes 25 anzuheben. Somit ist verdeutlicht, dass die Auslenkung des Trägers 9 durch den Biegedetektor 31 mittels der Detektorplatte 22 festgestellt werden kann, wenn die Platte 3 nach oben ausgelenkt wird. Überdies ist der Biegedetektor 31 mit einem Rechner verbunden, um den Hub des Bärs bezüglich der Auslenkung des Trägers 9 zu kompensieren, wie nachfolgend noch im Detail beschrieben wird. In diesem Zusammenhang wird bemerkt, dass es für den Fachmann eine Selbstverständlichkeit ist, die Detektorplatte 23 und den Biegedetektor 31 sowohl an der einen wie auch an der anderen Platte 3 oder 5 zu befestigen.

In Fig. 5 ist ein Messgerät 39 hinter dem Bär 13 angeordnet, um das Werkstück W auf dem Werkzeug 15 anzuordnen, so dass gewünschte Partien des Werkstückes W durch die Werkzeuge 11 und 15 gebogen werden können. Das Messgerät 39 umfasst ein Paar längliche Träger 41a und 41b, die horizontal an der Hinterseite des Trägers 9 angeordnet sind und parallel zueinander rechtwinklig davon abstehen und an ihren oberen Flächen mit Führungsschienen 43a und 43b versehen sind. Das Messgerät 39 umfasst zudem einen länglichen Schlitten 45, der durch ein Paar Führungsstäbe 47a und 47b auf Gleitern 49a und 49b horizontal auf den Schienen 43a und 43b gehalten ist. Der Schlitten 45 ist auf seiner Rückseite mit einem Handrad 51 versehen, so dass er in vertikaler Lage auf den Führungsstäben 47a und 47b durch Drehen des Handrades 51 eingestellt werden kann.

Der Schlitten 45 des Messgerätes 39 ist frontseitig gegenüber dem Bär 13 mit mehreren verschiebbaren Trägerschlitten 53a und 53b versehen, die Messanschläge 55a und 55b tragen, an die das Ende des Werkstückes W angelegt wird, wenn es auf dem unteren Werkzeug 15 angeordnet ist. Die Trägerglieder 53a und 53b sind normalerweise starr auf dem Schlitten 45 gehalten, aber sie können ineinander und voneinander weg bewegt werden, um den Abstand zwischen den Messanschlägen 55a und 55b entsprechend der Breite des Werkstückes W einzustellen. Die Messanschläge 55a und

55b können gleichzeitig mittels pneumatischer Motoren 57a und 57b in ihrer Höhe entsprechend der Höhe des unteren Werkzeuges 15 eingestellt werden. Die Gleiter 49a und 49b, durch die der Schlitten 45 gegen die horizontalen Messanschläge 55a und 55b gehalten wird, können gleichzeitig auf den Führungsschienen 43a und 43b mittels Einstellschrauben 59a und 59b gegen den Bär 13 hin und von diesem weg bewegt werden. Somit können die Messanschläge 55a und 55b gleichzeitig gegen den Bär 13 hin und von diesem weg durch gleichzeitiges Drehen der Schrauben 59a und 59b bewegt werden.

Um die Messanschläge 55a und 55b simultan zu bewegen, sind die Schrauben 59a und 59b an ihren hinteren Enden mit Zahnrädern 61a und 61b versehen, die mit Zahnrädern 63a und 63b auf einer Verbindungswelle 65 in Verbindung stehen. Die Verbindungswelle 65 liegt horizontal und ist senkrecht zu den Schrauben 59a und 59b angeordnet. Auch ist diese Verbindungswelle 65 an der hinteren Partie des Messgerätes 39 drehbar gehalten und an ihrem Ende mit einem Zahnrad 67 versehen, das im Eingriff mit einem Zahnrad 69 einer vertikalen Welle steht, die an der hinteren Partie des Messgerätes 39 drehbar gelagert ist. Die Welle 61 ist vertikal mit einer Ausgangswelle 73 eines Servomotors 75 im Eingriff, derart dass sie in vertikaler Richtung mit dem Messgerät 39 vom Servomotor 75 weg und zu diesem hin bewegt werden kann, ohne dass der Eingriff mit der Welle 73 unterbrochen würde. Der Servomotor 75 ist auf einer Partie der Biegepresse 1, wie beispielsweise an der Platte 5 mittels eines Haltegliedes 77 befestigt und ist mit einem Motorantriebs- und Detektormittel verbunden, wie nachfolgend beschrieben wird. Ein Impulscoder 79 ist an der Rückseite bei der Schrauben 59a und 59b befestigt und ist ebenfalls mit den Detektormitteln verbunden, mit denen der Servomotor 75 seinerseits auch verbunden ist. Somit werden die Schrauben 59a und 59b simultan durch den Servomotor 75 mittels der vertikalen Welle 71 und der Verbindungswelle 65 rotiert, damit die Gleiter 49a und 49b die Messanschläge 55a und 55b zum Bär hin und von diesem weg bewegen können.

In Fig. 6 ist der hydraulische Motor 17 zum Anheben des Bärs 13 unterhalb dieses Bärs angeordnet und dessen Kolbenstange 17P ist damit verbunden und eine hydraulische Verbindung mittels der Leitung 79 führt zum hydraulischen Tank 89. In dieser Anordnung hebt der hydraulische Motor 17 den Bär 13 an, um das untere Werkzeug 15 gegen das obere Werkzeug 11 zu bringen, wenn dem Motor hydraulisches Fluid aus dem Tank 89 zugeführt wird und erlaubt andererseits auch wieder, dass der Bär infolge der eigenen Schwerkraft absinken kann, wenn das hydraulische Fluid abgeleitet wird. Auch kann der Bär 13 in angehobener Stellung angehalten werden, wenn der hydraulische Druck in der Kammer 81 des hydraulischen Motors im Gleichgewicht mit dem Gewicht des Bärs 13 und der Biegekraft, mit der das Werkstück W gebogen werden kann, gehalten wird. Aus diesem geht hervor, dass der Hub des Bärs 13 durch Steuerung des hydraulischen Drucks im hydraulischen Motor 17 eingestellt werden kann.

Um den hydraulischen Druck im hydraulischen Motor 17 einzustellen ist die Leitung 79 mittels einer Leitung 85 zu einem Einstellventil 87 geführt, das auf seiner Rückseite 29 einen Kern 87S aufweist. Das Einstellventil bewirkt, dass hydraulisches Fluid zum Tank 89 zurückkehren kann, wenn der Kern 87S niedergedrückt wird. Damit kann der hydraulische Druck im hydraulischen Motor 17 durch Niederdrücken des Kerns 87S eingestellt werden, um dadurch die Biegekraft des Bärs 13 einzustellen.

Eine Feder 91, wie beispielsweise eine Blattfeder, befindet sich auf der Rückseite der Platte 21 und spannt den Kern 87S des Einstellventils 87 vor. Die Feder 91 wird davon ab-

gehalten den Kern 87S durch das Eigengewicht niederzudrücken, dazu ist ein Stift vorhanden, der an der Platte 21 befestigt ist. Ein zweiarmer Hebel 93 ist drehbar an einem Stift 99 an einem dreieckigen Winkelhebel 97 befestigt und der dreieckige Winkelhebel 97 ruht auf der Feder 91 auf, wobei der Winkelhebel 97 seinerseits mittels einer Welle 95 über dem Kern 87S drehbar gehalten ist. Der zweiarmer Hebel 93 ist derart angeordnet, dass er durch einen vertikal beweglichen Anschlag 101, der sich auf der Rückseite des Bärs 13 befindet und durch die Platte 21 durch einen länglichen Schlitz in vertikaler Richtung darin nach rückwärts durch die Platte 21 vorsteht. Somit, wenn der Bär 13 durch den hydraulischen Motor 17 angehoben wird, wird der zweiarmer Hebel 93 durch den Anschlag 101 nach oben gestossen, und schwingt im Uhrzeigersinn um den Stift 99 am Winkelhebel 97, um den Kern 87S des Einstellventils entgegen der Kraft der Feder 91 nach unten zu pressen. Dementsprechend wird der Bär 13 angehalten, weil ein Teil des hydraulischen Fluids aus der hydraulischen Pumpe durch das Einstellventil 87 in den Tank 89 zurückfließt.

Wenn in dieser Anordnung der Winkelhebel 93 im Uhrzeigersinn um den Stift 99 gedreht wurde, wenn der zweiarmer Hebel 93 durch den Anschlag nach oben gestossen wurde, kann der zweiarmer Hebel 93 von der Oberfläche des Anschlages 101 loskommen, so dass der Bär 13 sich weiter anhebt, indem der Kern 89S des Einstellventils 87 nach oben vorsteht und dadurch kein hydraulisches Fluid in den Tank 89 zurückfließen kann. Der Bär 13 wird jedoch wieder angehalten, sobald der Anschlag 101 den zweiarmer Hebel 93 wieder berührt, um dadurch den Kern 87S des Einstellventils wieder nach unten zu drücken. Somit kann der Hub des Bärs 13 durch Einstellen des zweiarmer Hebels 93 eingestellt werden, um das Werkstück W in gewünschter Weise zu biegen.

Um den Hub des Bärs 13 einzustellen ist eine längliche Verbindungsplatte 103 mittels eines Stiftes 105 drehbar an der beweglichen Platte 97 befestigt und trägt an seinem anderen Ende eine Mutter 109, an der er mittels eines Stiftes 107 befestigt ist. Die Mutter 109 ist auf eine Führungsscheibe 113 aufgeschraubt, die in einem Gehäuse 111 horizontal und rotierbar gehalten ist, welches sich aussenseitig der aufrechten Platte 5 befindet, so dass der Winkelhebel 97 durch Drehen der Führungsschraube 113 eingestellt werden kann. Die Führungsschraube 113 ist mit einer Antriebsscheibe 115 und mit einer inneren rohrähnlichen Verbindung 117 versehen, die an der inneren Fläche mit einer Keilnute versehen ist. Eine Welle 123 mit einem Handrad 121 wird ebenfalls im Gehäuse 111 mittels eines Lagergehäuses 119 axial auf die Führungsschraube 113 ausgerichtet gehalten und eine keilnutenförmige äussere Verbindung 125 ist auf der Welle 123 horizontal verschiebbar gehalten, so dass es mit dem inneren Verbindungsteil 117 verbunden oder gelöst werden kann. Die äussere Verbindung 125 ist so angeordnet, dass sie mit der inneren Verbindung 117 verbunden oder gelöst werden kann, wenn ein Hebel 127 der horizontal aus dem Gehäuse 111 vorsteht, gezogen oder gestossen wird.

Somit kann der Winkelhebel 97 durch Drehen des Handrades 121 durch Drehen der Führungsschraube 113 eingestellt werden, wenn die innere Verbindung 117 mit der äusseren Verbindung 125 gekoppelt ist.

Die Antriebsscheibe 115 ist durch einen endlosen Riemen 129 mit einer Antriebsscheibe 135 auf einer Drehwelle 133 verbunden, welche Drehwelle ebenfalls im Gehäuse 111 mittels eines Lagergehäuses 131 rotierbar gehalten ist. Die Welle 133 trägt eine Antriebsscheibe 137 und ist mit der Welle eines Impulscoders 139 im Gehäuse 111 verbunden. Die Antriebsscheibe 137 ist durch einen Antriebsriemen 141 mit einer Antriebsscheibe 145 auf einer Ausgangswelle einer

Kupplung 143, wie eine magnetische Kupplung im Gehäuse 111 verbunden. Die Kupplung 143 ist mit einem Servomotor 147 verbunden, der sich ausserhalb des Gehäuses 111 befindet und einen Tachometergenerator 149 trägt.

Somit kann die Drehung der Führungsschraube 113 durch Drehen des Servomotors 147 oder des Handrades 121 eingestellt werden und der Winkelhebel 97 kann durch Rotation der Führungsschraube 113 mittels der Mutter 109 eingestellt werden. Die Drehlage des Winkelhebels 97 kann durch den Impulscoder 139 festgestellt werden und kann von Hand oder automatisch eingestellt werden. Dementsprechend kann der Hub des Bärs 13 eingestellt werden und das Werkstück W kann unter Steuerung des Handrades 121 oder des Servomotors 147 leicht und genau gebogen werden.

Gemäss der obigen Anordnung können die Messanschlüsse 55a und 55b des Einstellgerätes 39 genau durch Steuerung mittels des Servomotors 75 gegen das untere Werkzeug 15 hin oder von diesem weg bewegt werden und können vertikal durch Steuerung der pneumatischen Motoren 57a und 57b eingestellt werden. Der Hub des Bärs 13 kann durch Steuerung des Servomotors 147 genau gesteuert werden, um das Werkstück W unter jedem Winkel zu biegen.

Fig. 7 zeigt ein Blockschema des Steuergerätes 151 zur Steuerung der Servomotoren 75 und 147. Das Steuergerät 151 umfasst eine manuelle Dateneingabe 153 und eine automatische Dateneingabe 155. Die manuelle Dateneingabe 153, die als Einheit in Fig. 8 dargestellt ist, ist so ausgebildet, dass sie aus manuell eingegebenen Daten, wie die Breite der Biegevertiefung des unteren Werkzeuges 11, Dicke des Werkstückes W, Biegewinkel und Breite des Werkstückes W Programme herstellen kann. Die automatische Dateneingabe 155 ist so ausgebildet, dass sie aufgrund von den Daten aus der Eingabevorrichtung, wie ein Magnetband, Lochkarte, Kassette, Diskette oder jegliche andere Form von Dateneingaben ein Programm machen kann. Die Daten aus der manuellen Dateneingabe 153 werden direkt in eine Recheneinheit 157 geführt und ebenso werden Voreinstelldaten aus den automatischen Eingabemitteln 155 über den Speicher 159 dem Rechner 157 zugeführt. Die gespeicherten Daten der Recheneinheit 157 können mit einem Aufzeichnungsgerät über einen Speicher 159 und ein Datenausgangsgerät 161 gespeichert werden. Die Recheneinheit 157 leitet eingegebene Daten aus den Dateneingabegeräten 153 und 155 zu einem Konverter 163. Auch der Konverter 163 verarbeitet die eingegebenen Daten aus dem Rechner 157 und steuert eine Antriebseinheit 167 der mit den Servomotoren 75 und 147 über eine Motorantriebseinheit 165 verbunden ist.

Die Bewegung der Antriebseinheit 167 wird durch einen Detektor 169, der mit den Impulsaufzeichnern 77 und 139 verbunden ist detektiert und über eine Rückkopplung kontrolliert. Somit sind die Messanschlüsse 55a und 55b des Messgerätes 39 und der Hub des Bärs 13 mittels des Konverters 163 aufgrund der vorgegebenen Daten der Eingabemittel 153 und 155 gesteuert.

Gemäss Fig. 8 hat die manuelle Dateneingabe 153 Schalter, wie einem Hauptschalter 171 für die Netzspannung, einen achtstelligen Drehwahlschalter 173, mehrere Geschwindigkeitswahlschalter 175 zur Wahl von Geschwindigkeit und Richtung der Messeinrichtung 39 und der Mittel zum Einstellen des Hubes des Bärs 13, mehrere Funktionsschalter 177 zur Auswahl verschiedener Funktionen, wie Dateneingabe, sowie viele Dateneingabeschalter 179 für die Dateneingabe. Insbesondere sind die Geschwindigkeitswahlschalter 175 so angeordnet, dass mit ihnen die Geschwindigkeit und Richtung der Messeinheit 39 und der Mittel zur Einstellung des Hubs des Bärs 13 gewählt werden kann, wenn der drehbare Betriebsartenschalter 173 so eingestellt ist, dass die Anschlüsse 55a und 55b in der Messeinheit 39 bewegt oder der

Hub des Bärs 13 durch manuelle Eingabe eingestellt werden soll. In der bevorzugten Ausführungsform können die Eingabedaten durch die Anzeige 181 der manuellen Eingabemittel 153 gemäss Fig. 8 dargestellt werden. Die Funktionsschalter 177 der manuellen Eingabemittel 153 sind mit den folgenden Eingabeschaltern den Prozessdateneingabeschalter 177a eines Biegeprozesses mit einer Parametereingabe, die notwendig ist, um eine Tätigkeit des Prozesses zu bestimmen; Datenanzeigeschalter 177b, die die oben eingegebenen Daten zur Anzeige 181 führen; Dateneingabeschalter 177 zur Eingabe des Verfahrens, das am Werkstück durchgeführt werden soll, um dieses zu biegen; modulare Programmdateneingabeschalter 177d zur Einstellung der sekundären Funktionsparameter und der Grösse der Korrektur der oben genannten Verfahrensdaten; einen Werkstückrückschalter 177e zur Auswahl einer Serie der Eingabedaten, die durch den Dateneingabeschalter 177c und dem modularen Programmdateneingabeschalter 177d gegeben sind, um das Messgerät 39 automatisch zu betätigen und den Hub des Bärs 13 einzustellen; ein Anzeigeschalter 177f zur Angabe der vorliegenden Stellung und Geschwindigkeit der Anschlüsse 55a und 55b des Messgerätes 39 und des Bärs 13; ein Parametereingabeschalter 177g zur Einstellung verschiedener Parameter; ein Aufzeichnungsstartschalter 177h zum Starten des Lochers, um die benötigten Daten auf einem Papierstreifen zu speichern; ein Selbstprüfschalter 177i zur Anzeige der Fehlerdaten auf der Anzeige 181, wenn ein Fehler in den Steuermitteln 151 auftritt.

In der oben beschriebenen Anordnung können die verschiedenen Daten für die Biegebedingungen zum Steuergerät 151 gegeben werden, indem die Dateneingabeschalter der manuellen Dateneingabe 153 in der Weise betätigt werden, dass sie auf der Anzeige 181 dargestellt werden. Damit kann das Werkstück W leicht und genau in die gewünschte Form gebogen werden, indem der Vorschub der Anschlüsse 55a und 55b der Messeinheit 39 und die obere Hubgrenze des Bärs 13 mittels der manuellen Dateneingabe 153 gesteuert wird.

Gemäss Fig. 9 wird das Werkstück W, das sich auf dem unteren Werkzeug 15 befindet gebogen, wenn das untere Werkzeug 15 mittels des Bärs 13 gegen das obere Werkzeug 11 bewegt wird, damit die Biegepartie 11B davon in die Biegeausnehmung 15B des unteren Werkzeuges 15 eindringen kann. Damit kann der Biegewinkel A, um den das Werkstück W zu biegen ist durch Einstellen der Biegetiefe Z zwischen den beiden Flächen des unteren Werkzeuges 15 und der unteren Partie des oberen Werkzeuges 11, die in die Biegevertiefung 15B eindringt, bestimmt werden. Indem die Biegetiefe, nämlich die Distanz zwischen der oberen Fläche des unteren Werkzeuges 15 und der tiefsten Partie des oberen Werkzeuges 11 durch den Ursprungsmesspunkt, wenn das untere Werkzeug 15 und das obere Werkzeug 11 vollständig ineinander hineingeschoben sind bestimmt werden kann, ist es notwendig die vertikale Distanz D' zwischen dem Ursprungsmesspunkt und der tiefsten Partie 11B des oberen Werkzeuges 11 zu bestimmen. Auch sollte die Distanz D' bestimmt werden, indem der sehr kleine Abstand zwischen dem tiefsten Ende der Biegevertiefung 15B und dem tiefsten Bereich des oberen Werkzeuges 11 in Betracht gezogen wird, weil der tiefste Bereich 11B des oberen Werkzeuges 11 halbkreisförmig im Querschnitt mit einem Radius Rp ausgebildet ist. Zudem muss der Radius Rd der Schulterkanten der Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15 in die Rechnung mit einbezogen werden, weil diese im Querschnitt ebenfalls kreisförmig sind.

Gemäss den Fig. 9 und 10 anhand derer nachfolgend die mathematischen Grundsätze der Erfindung beschrieben werden, stellt T die Dicke des Werkstückes W das zu biegen ist

dar, Ri bedeutet den inneren Radius im Biegewinkel A des Werkstückes W das zu biegen ist, V bedeutet die Breite der Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15, θ bedeutet den Winkel der Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15. Auch sind die verschiedenen Masse durch die Buchstaben I, J, K, L, M, N dargestellt.

Ri kann als $Ri = V/Q$ geschrieben werden.

Der Buchstabe Q kann als Funktion angesehen werden, wie die Breite V der Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15, die Dicke D des Werkstückes W, der Biegewinkel A des Werkstückes W, die Zugfestigkeit δZ des Werkstückes

W, der Koeffizient K_1 ist durch die Bedingung der Schneidkante des Werkstückes W wie folgt festgelegt:

$$Q = f(V, T, A, \delta, K_1)$$

Der Wert Q übt einen starken Einfluss auf die Dicke T, die Zugfestigkeit δZ und den Koeffizienten K_1 aus und ist als Konstante festgelegt, wenn die obigen Konditionen unveränderlich sind. Somit gelten folgende Gleichungen bezüglich die Figuren 9 und 10.

Gleichung 1:

$$Z + \left(I - \frac{V}{Q}\right) + J + K = \frac{V}{2} \tan \left(90 - \frac{\theta}{2}\right)$$

Gleichung 2:

$$I = \frac{V}{Q} \times \frac{1}{\sin \frac{A}{2}}$$

Gleichung 3:

$$J = \frac{T}{\sin \frac{A}{2}}$$

Gleichung 4:

$$K = \frac{V}{2} \times \tan \left(90 - \frac{\theta}{2}\right) - M - N$$

Gleichung 5:

$$L = \left(\frac{\cos \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} - \tan \frac{180 - \theta}{4} \right) Rd$$

Gleichung 6:

$$M = \left(1 - \frac{\sin \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} \right) Rd$$

Aus der Gleichung 5 kann der Wert für den Buchstaben N wie folgt erhalten werden:

Gleichung 7:

$$N = \left[\frac{V}{2} - \left(\frac{\cos \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} - \tan \frac{180 - \theta}{4} \right) Rd \right] \tan \left(90 - \frac{A}{2}\right)$$

indem die Gleichungen 6 und 7 in der Gleichung 4 eingesetzt werden, kann der Wert für den Buchstaben K wie folgt erhalten werden:

Gleichung 8:

$$K = \frac{V}{2} \tan \left(90 - \frac{\theta}{2} \right) - \left(1 - \frac{\sin \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} \right) R_d$$

$$- \left[\frac{V}{2} - \left(\frac{\cos \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} - \tan \frac{180 - \theta}{4} \right) R_d \right] \tan \left(90 - \frac{A}{2} \right)$$

Andererseits kann auch der Wert für den Buchstaben X wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 9:

$$X = \left(\frac{1}{\cos \left(90 - \frac{\theta}{2} \right)} - 1 \right) R_p$$

und der Wert für den Buchstaben D' kann wie folgt gegeben werden:

Gleichung 10:

$$D' = \frac{V}{2} \tan \left(90 - \frac{\theta}{2} \right) - Z - X$$

Somit kann durch Einsetzen der Gleichungen 2, 3 und 8 in den Gleichungen 1 und 9 die Distanz D' wie folgt erhalten werden:

Gleichung 11:

$$D' = \frac{V}{2} \tan \left(90 - \frac{\theta}{2} \right) - \frac{V}{Q} + \left(\frac{V}{Q} + T \right) \frac{1}{\sin \frac{A}{2}}$$

$$- \left(1 - \frac{\sin \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} \right) R_d - \left[\frac{V}{2} - \frac{\cos \frac{A + \theta}{4}}{\cos \frac{A - \theta}{4}} - \tan \left(\frac{180 - \theta}{4} \right) R_d \right]$$

$$\times \tan \frac{180 - A}{2} - \left(\frac{1}{\cos \left(90 - \frac{\theta}{2} \right)} - 1 \right) \times R_p$$

Somit kann die Distanz D' als Funktionsgleichung wie folgt angeschrieben werden:

Gleichung 12:

$$D' = f(T, A, R_d, R_p, V),$$

und die Distanz D' kann durch die Steuermittel aufgrund der obigen Gleichungen bestimmt werden, indem die Daten wie Dicke T des Werkstückes W , der Biegewinkel A , der Radius R_p der Schulterkanten bei der Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15, die Breite V der Biegevertiefung 15B und der Radius R_p an der unteren Kante 11B des oberen Werkzeuges 11 eingegeben werden.

Weil die obige Gleichung 12 den primären Faktor bei der Biegeoperation um das Werkstück W zu biegen nicht berücksichtigt, ist es wichtig diesen primären Faktor zu kompensieren.

Damit ist es wichtig die folgenden Kompensationen zu berücksichtigen:

δ_1 : Die Kompensation für die Auslenkung infolge der Biegekräft des Werkstückes W infolge deren der Spalt oder die Öffnung des C-förmigen aufrechten Trägers ausgeweitet und für den Primärfaktor des hydraulischen Wertes und der Auslenkung infolge der Biegekräft des Werkstückes in der Partie, wo der hydraulische Motor, durch den der Bär 13 angehoben wird, montiert ist.

δ_2 : Die Kompensation ist die Grösse, die es braucht, um das Werkstück W auf die untere Kante der Biegepartie 11B des oberen Werkzeuges zu stossen.

δ_3 : Die Kompensation für Aufwärts- und Abwärtsauslenkung an jeglichen horizontalen Partien, wie der Träger 9 und der Bär 13, infolge der Biegekräft, die auf das Werkstück W ausgeübt wird.

δ_4 : Die Kompensation infolge der elastischen Modifikation, die durch die Biegekräft bewirkt wird.

Die obigen Kompensationen δ_1 , δ_2 , δ_3 und δ_4 sind mit den Biegekräften verbunden, die zum Biegen des Werkstückes W notwendig sind. Die theoretische Biegekräft BF die es braucht, um das Werkstück W zu biegen kann wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 13:

$$BF = C \delta T^2 B/V$$

In der Gleichung 13 bedeutet C eine Konstante und B bedeutet die Biegelänge des Werkstückes W das zu biegen ist. Die obige Konstante C kann als Funktion der Breite V der Biegevertiefung 15B, der Dicke T des Werkstückes W , des Radius R_d der Schulterkanten und des Reibungskoeffizienten μ der Schulterkante ausgedrückt werden:

Gleichung 14:

$$C = f(V, T, R_d, \mu)$$

Im Fall, dass die Biegung des Werkstückes W 90° sein soll, ist es bekannt, dass das Werkstück W auf dem unteren Werkzeug 15 nicht gebogen wird bis die Biegekräft eine bestimmte Grösse erreicht, nachdem das Werkstück W auf dem unteren Werkzeug 15 zur Berührung mit dem oberen Werkzeug 11 gebracht wird und die Biegekräft zunehmend ansteigt, nachdem das Biegemoment zum Biegen des Werkstückes W gestartet wurde und die Biegekräft abgesenkt wird, wenn der Biegewinkel des Werkstückes W schärfer wird, um den Bereich zwischen 130° und 120° abzusenken und dann wieder zu erhöhen, wenn der Biegewinkel des

Werkstückes in den Bereich zwischen 95° und 93° kommt, um schliesslich den Biegedruck rasch zu erhöhen, wenn der Biegewinkel den Winkel 90° erreicht. Anders ausgedrückt, unterscheidet sich die wirkliche Biegekräft, um das Werkstück W zu biegen in Abhängigkeit der Biegewinkel, von der wirklichen Biegekräft BF' , die als Funktion der Breite V der Biegevertiefung 15B, der Dicke T des Werkstückes W und des Biegewinkels A wie folgt ausgedrückt werden kann:

Gleichung 15:

$$BF' = f(V, T, A) \times BF$$

Wie oben beschrieben, kann die eigentliche Biegekräft BF' durch die Gleichung 15 erhalten werden, oder kann durch Errechnen der aufwärts gerichteten Auslenkung des Bärs 13, die durch den Auslenkdetektor 31 festgestellt wird, errechnet werden. Die wirkliche Biegekräft BF' , die durch die Gleichung 15 erhalten wird kann im Fall benützt werden, wenn die Auslenkung des Trägers 9 zu klein ist, um mittels des Auslenkdetektors 31 festgestellt zu werden.

Damit können die Kompensationen δ_1 , δ_2 , δ_3 und δ_4 aufgrund der effektiven Biegekräft BF' erhalten werden. Die Kompensation δ_1 kann als Funktion der effektiven Biegekräft BF' wie folgt erhalten werden:

Gleichung 16:

$$\delta_1 = f(BF')$$

Die Kompensation δ_2 kann als Funktion der eigentlichen Biegekräft BF' der Biegelänge B des Werkstückes W und des mechanischen Primärfaktors K_2 der Stanzpresse, die durch die Form des Trägers 9 und des Bärs 13 bestimmt ist, wie folgt dargestellt werden:

Gleichung 17:

$$\delta_2 = f(BF', B, \delta)$$

Die Kompensation δ_3 kann als Funktion der eigentlichen Biegekräft BF' der Biegelänge B des Werkstückes W und dem mechanischen Primärfaktor K_2 der Stanzpresse bestimmt durch den Aufbau des Trägers 9 und des Bärs 13 wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 18:

$$\delta_3 = f(BF', B, K_2)$$

Die Kompensation δ_4 kann als Funktion des Biegewinkels A , der Dicke T des Werkstückes W der Breite der Biegevertiefung 15B des unteren Werkzeuges 15 des Radius R_p des oberen Werkzeuges 11, der Zugfestigkeit δ des Werkstückes W und dem Koeffizienten K_1 wie folgt errechnet werden:

Gleichung 19:

$$\delta_4 = f(A, T, V, \delta, K, R_p)$$

Somit kann die Distanz D' zwischen dem unteren Ende 11B des oberen Werkzeuges 11 und dem ursprünglichen Messpunkt unter Beobachtung des Primärfaktors infolge der Biegekräft des Werkstückes W wie folgt errechnet werden:

Gleichung 20:

$$D = D' - (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4) =$$

$$f(V, T, A, Rd, Rp) - [f(BF') + f(BF', B, \delta) + f(BF', B, K_2) + F(A, T, V, \delta, K_1)]$$

Dabei kann die Gleichung 20 wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 21:

$$D = f(V, T, A, Rd, Rp(-f(BF', B, \delta, K, A, T, V, K_2)))$$

Das Werkstück W kann automatisch in jedem beliebigen Winkel gebogen werden, in den die verschiedenen notwendigen Daten in die Steuereinheit 151 mittels der manuellen Dateneingabe 153 eingegeben werden und mittels der rechnerischen Steuerung aufgrund dieser Daten. Ein Werkstück kann sukzessive in Formen gebogen werden, die verschiedene unterschiedliche Biegewinkel und Biegelängen aufweisen und kann automatisch gebogen werden, wenn verschiedene Daten eingegeben werden, auch wenn das Material ungleichmässig ist.

Gemäss den Fig. 11, 12 und 13 wird im Fall des Biegens des Werkstückes W in eine halbzylindrische Form das Werkstück W zuerst mit dem rückwärtigen Ende gegen die Anschläge 55a und 55b des Einstellgerätes 39 gebracht und dann um kleinste gleiche Distanzen nach jedem Schlag des Bärs 13 vorwärtsbewegt, wobei jeder Hub bei jedem Schlag eingestellt wird. Im Fall des Biegens des Werkstückes W in eine halbzylindrische Form mit dem Radius R und dem Biegewinkel A ist die abgewinkelte Länge L des Halbzylinders des Werkstückes W aus Funktion des Radius R des Biegewinkels A und des Koeffizienten K_1 wie folgt:

Gleichung 22:

$$L = f(A, R, K_1)$$

Ebenso kann die Anzahl der Biegeoperationen oder der Schläge des Bärs 13 wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 23:

$$n = f(A, R)$$

Das Mass P oder das Mass, um das das Werkstück W nach jedem Schlag des Bärs 13 zu bewegen ist, kann wie folgt errechnet werden:

Gleichung 24:

$$p = L/n$$

Daraus kann die Teilung P dadurch erhalten werden, dass in der Dateneingabe der Biegewinkel A, der Radius R und die Anzahl n der Biegeoperationen eingegeben werden. Im Gegensatz dazu kann die Anzahl n von Biegeoperationen erhalten werden, indem die Daten des Vorschubs P des Biegewinkels A und des Radius R eingegeben werden. Auch kann der Vorschub P erhalten werden, wenn im Steuermittel 151 eine bestimmte Anzahl von Biegeoperationen eingespeichert werden, z. B. zwanzig und dann nur die Daten für den Biegewinkel A und den Radius R eingestellt werden.

Gemäss Fig. 12(A) bedeutet die Biegetiefe D_1 um die das Werkstück W, das auf dem unteren Werkzeug 15 liegt zuerst gebogen wird, die Distanz zwischen dem unteren Ende 11B

10

des oberen Werkzeuges und dem ursprünglichen Messpunkt und wie Fig. 12(B) zeigt, kann die Biegetiefe D_2 , um die das Werkstück W auf dem unteren Werkzeug 15 in einem zweiten Schritt gebogen wird, wie folgt ausgedrückt werden:

5

Gleichung 25:

$$D_2 = D_1 - C_2$$

10 In Fig. 12(B) zeigt die strichlierte Linie das Werkstück W nach der ersten Biegung und in einer nach vorn geschobenen Lage bis zur Stelle an der die zweite Biegung durchzuführen ist und die ausgezogene Linie zeigt das Werkstück nach Durchführung der zweiten Biegung. Gleicherweise kann die 15 Biegetiefe D_m für die Biegung m gemäss der Zeichnung Fig. 12(D) wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 26:

20

$$D_m = D_1 - C_m$$

Somit kann die Biegetiefe D_m zwischen dem unteren Ende 11B des oberen Werkzeuges und dem ursprünglichen Messpunkt nach der m-ten Biegung dadurch bestimmt werden, dass die Distanz D_m zur m-ten Biegung bestimmt wird und die Biegetiefe kann nach jeder Biegung wieder frisch festgestellt werden.

25

Wie Fig. 12(A) zeigt bedeutet das Mass b die Distanz 30 zwischen der ersten Biegung und der Schulter der Biegevertiefung 15B und kann als Funktion der Breite V_1 der Biegevertiefung des Biegewinkels A und der Anzahl n von Biegeschritten wie folgt ausgedrückt werden:

35

Gleichung 27:

$$b = f(V_1, A, n)$$

Unter Bezugnahme auf Fig. 11 kann jeder Winkel α_m , 40 β_m , γ_m und θ_m bei der n-ten Biegung und das Mass b_m wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 28:

$$\begin{aligned} 45 \alpha_m &= f(A, m, n) \\ \beta_m &= f(A, m, n) \\ \gamma_m &= f(b, P, b_n, V, \alpha_m) \\ \theta_m &= 180 - \gamma_m - \alpha_m \end{aligned}$$

50 Unter nochmaliger Bezugnahme auf Fig. 10 sind im Fall der Biegung in eine halbzylindrische Form der Winkel des Werkstückes W der Abstand V_1 zwischen der Schulter C_1 der Biegevertiefung 15B und dem Werkstück W grösser als der Abstand V zwischen den imaginären Punkten C, wo die Biegevertiefung 15B mit der oberen Fläche des unteren Werkzeuges 15 in Berührung ist, weil die obere Partie der Biegevertiefung 15B die Form eines Halbkreises mit dem Radius Rd zeigt.

Dementsprechend kann die effektive Eingriffsbreite V_1 60 wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 29:

$$V_1 = f(V_1, Rd, \theta)$$

65 Somit kann die Distanz C_m wie folgt ausgedrückt werden:

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 30:} \\ C_m &= f(V_1, \theta_m) \end{aligned}$$

Und die Biegetiefe D_m zur m -ten Biegung kann wie folgt errechnet werden:

Gleichung 31:

$$D_m = D_1 - C_m$$

Die erste Biegetiefe D_1 kann wie folgt errechnet werden:

Gleichung 32:

$$D_1 = f(A, n, V_1, T, \delta, B)$$

Gemäss Fig. 13 kann die Einstelltdistanz H_1 zwischen den Biegepunkten des Werkstückes W und den Anschlägen 55a und 55b der Einstellvorrichtung 39 mittels der Grössen H_2 , H_3 , H_4 und $bn + 1$ wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 33:

$$H_1 = H_3 + bn + 1 + H_4$$

Das Mass H_4 kann als Funktion der Dicke T , des Biege-
winkels A und des mechanischen Primärfaktors K_2 wie folgt
errechnet werden:

Gleichung 34:

$$H_2 = f(T, A, K_2)$$

Die Einstelltdistanz L_2 zwischen dem ersten Biegepunkt
und den Anschlägen 55a und 55b ist mit der abgewickelten
Länge kTn des Werkstückes W verbunden und kann wie
folgt dargestellt werden:

Gleichung 35:

$$L_2 = H_3 + \{P(n-1) - kTn\} \\ = H_1 - bn + 1 - f(T, A, K_2) + P(n-1) - kTn$$

Wie oben beschrieben kann die Einstelltdistanz C_m zur
 m -ten Biegung wie folgt ausgedrückt werden:

Gleichung 36:

$$L_m = L - P(m-1) - kTm$$

Somit kann die abgewickelte Länge D_p des Werkstückes W
bevor die Biegeoperation begonnen wurde wie folgt errech-
net werden:

Gleichung 37:

$$D_p = H_1'' H_2 - f(A, R, T) - P(n-1) - kTn$$

Dementsprechend kann die Biegetiefe D_m und die Ein-
stelltdistanz L_m zur m -ten Biegung durch Einstellen verschie-
dener Daten auf dem Steuergerät 151 bestimmt werden und
der Betrieb kann durch Steuerung mittels des Rechners auf-
grund der obigen Gleichungen auf das Werkstück W über-
tragen werden. Damit kann das Werkstück W genau und
einfach in jede halbkreisförmige Form gebogen werden, in-
dem der Hub des Bärs 13 und die Einstelltdistanz des Ein-
stellgerätes 39 mittels der erhaltenen Daten gebogen werden.
Mit anderen Worten das Werkstück W kann in jede halbzy-
lindrische Form gebogen werden, indem die Lage eingestellt
wird, an der das obere Werkzeug das Werkstück W berührt.

Es wurde eine bevorzugte Ausführungsform der vorlie-
genden Erfindung erläutert, d. h. dass mehrere Modifikatio-
nen durch einen Fachmann erkenntlich sind, ohne den Rah-
men der Erfindung zu verlassen.

