



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 85107474.0

Int. Cl.⁴: **B 21 D 5/01**

Anmeldetag: 15.06.85

Priorität: 27.06.84 CH 3102/84

Anmelder: **Stucki, Arnold, Witikonstrasse 446, CH-8053 Zürich (CH)**

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 02.01.86
 Patentblatt 86/1

Erfinder: **Stucki, Arnold, Witikonstrasse 446, CH-8053 Zürich (CH)**

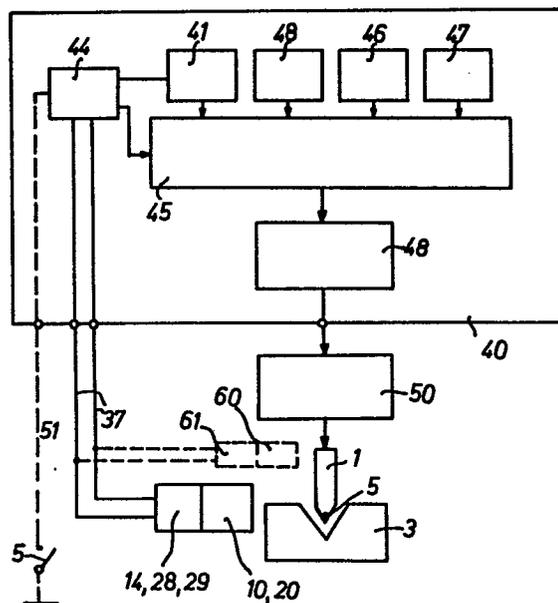
Benannte Vertragsstaaten: **BE DE FR GB NL**

Vertreter: **Grieskamp, Johannes Peter, Patentanwaltsbüro Hannspeter Grieskamp Im Baumgarten 7, CH-8123 Ebmatingen (CH)**

Vorrichtung an einer Maschine für Umformarbeiten an blechförmigen Materialien.

An einer Umformmaschine für blechförmiges Material (2), das besonders beim Biegen die unerwünschte Rückfederungseigenschaft besitzt, ist eine Vorrichtung angebracht, welche folgende Bauelemente bzw. Baugruppen enthält:

- ein Sensor (10, 20, 30, 60) detektiert beim Biegevorgang den Betrag und die Richtung der Biegung (X, α) des blechförmigen Materials (2) und/oder beim Zurückfahren des Werkzeuges (1, 3, 7) aus seiner SOLL-Position den Betrag und die Richtung der Rückfederung ($\Delta X, \Delta \alpha$) des vom Werkzeug (1, 3, 7) entlasteten blechförmigen Materials (2);
- ein nachgeordnetes Umformorgan (14, 28, 29, 36, 61) erzeugt elektrische Signale, welche dem detektierten Betrag und der Richtung der Biegung (X, α) und/oder Rückfederung ($\Delta X, \Delta \alpha$) entsprechen;
- in einer elektronischen Schaltung (40) wird unter Berücksichtigung der Materialkennwerte des blechförmigen Materials (2) und des Werkzeuges (1, 3, 7) sowie der detektierten Biegung (X, α) und Rückfederung ($\Delta X, \Delta \alpha$) ein Signal für die SOLL-Position des Werkzeuges (1, 3, 7) erzeugt und gespeichert und auf Stellglieder (50) gegeben, welche das Werkzeug (1, 3, 7) in die SOLL-Position fahren.



EP 0 166 351 A2

Arnold Stucki
Zürich

- 1 -

84 - 109 GP/eh

12. Juni 1985

VORRICHTUNG AN EINER MASCHINE FUER
UMFORMARBEITEN AN BLECHFOERMIGEN MATERIALIEN

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung an einer Maschine für Umformarbeiten an blechförmigen Materialien mit Rückfederungseigenschaft, wobei ein von der Maschine bewegbares Werkzeug das blechförmige Material umformt.

Das zu den umformenden Fertigungsverfahren gehörende Biegen bzw. Kanten von Blechen wird für die Herstellung von Halbfabrikaten oder Endprodukten wie Gehäuse, Formteile, Fügeteile, Gestänge, usw. verwendet. Die zunehmende Automatisierung führte in der letzten Zeit zur Ausrüstung von Umformmaschinen (z.B. Biegepressen und Schwenkbiegemaschinen) mit NC-Steuerungen. Zur Programmierung der NC-Steuerungen benötigt man möglichst genaue mathematisch formulierte Angaben über das elastisch-plastische Formänderungsverhalten des Werkstoffes des Werkstückes, insbesondere über die Rückfederung. Es wurde festgestellt, dass die IST-Geometrie des umgeformten Werkstückes von der SOLL-Geometrie abweicht. Dies bezieht sich besonders auf den Biegewinkel, der durch die Rückfederung nachteilig beeinflusst wird. Nach dem Biegevorgang ist der gewünschte und eingestellte Biegewinkel des Werkstückes um den Rückfederungswinkel verändert. Die Veränderung des Biegewinkels ist unkontrolliert und statistisch nicht erfassbar. Der genaue Betrag des Rückfederungswinkels kann praktisch nicht vorausgesagt werden, da er von vielen Faktoren abhängig ist, wie z.B. Werkstoffeigenschaften (hochfeste Feinbleche aus mikro-legierten und phosphorlegierten Stahl-Legierungen, beschichtete Bleche, Elastizitätsmodul), Walzrichtung des Bleches, Blechstärke, mittlerer Biegeradius,

Werkzeugradius, Betrag des gewünschten Biegewinkels, Biegeverfahren (Freibiegen im Gesenk, Schwenkbiegen, Druckbiegen). Infolge dieser sehr komplexen Abhängigkeit konnte die Rückfederung des Werkstückes nur näherungsweise voraus berechnet werden, sodass gewisse Abweichungen des Biegewinkels von dem SOLL-Mass bei den fertigen Werkstücken in Kauf genommen werden mussten. Da in jüngerer Zeit die Anforderungen an die Werkstückgenauigkeit z.B. bei Fügeteilen immer mehr zunehmen, wurde der Fertigungsaufwand erhöht. Dies geschieht dadurch, dass das gleiche Werkstück mindestens zwei mal mit dem gleichen Werkzeug oder mit einem anderen Werkzeug gebogen wird. Das Werkzeug muss für jeden Arbeitsvorgang neu in die Maschine eingeführt werden. Dies ist näher beschrieben in der Fachzeitschrift "Industrieanzeiger", Nummer 85, 22. Oktober 1982, Seiten 22 - 24, Aufsatz "Vorausbestimmung des Biegewinkels"; in der "VDI-Zeitung", Fortschr.-Berichte, Reihe 2, No. 60, VDI-Verlag, Düsseldorf 1983, "Untersuchungen zur Verbesserung des Umformverhaltens von Blechen beim Biegen" und in der Publikation "Vergrösserung der Flexibilität beim Biegen von Blechen mit unterschiedlichen Rückfederungseigenschaften" auf der DFB-Tagung vom 28.10.1983 in Düsseldorf.

Die Erfindung hat die Aufgabe, die Nachteile der bekannten NC-gesteuerten Umformverfahren zu beseitigen. Die Abweichung des IST-Wertes des Biegewinkels von seinem SOLL-Wert soll eliminiert werden. Die Reproduzierbarkeit dieser Null-Abweichung soll auch bei unterschiedlichen Bedingungen gewährleistet sein, wie z.B. unterschiedliche Werkstoffeigenschaften, Walzrichtung des Bleches, Blechstärke, mittlerer Biegeradius, Werkzeugradius, Betrag des gewünschten Biegewinkels, Biegeverfahren (Freibiegen im Gesenk, Gesenkbiegen, Schwenkbiegen). Der Fertigungsaufwand soll auf ein Minimum reduziert werden. Hierdurch wird eine grosse Flexibilität der Umformmaschine und eine wirtschaftliche Fertigung insbesondere bei

kleinen Losgrößen erzielt, wenn verschiedene Werkstoffqualitäten und Blechdicken nebeneinander bei möglichst geringen Werkzeuginvestitionen zu verarbeiten sind.

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figuren 1 und 2 Veranschaulichung der Problemstellung an einem ersten und einem zweiten Beispiel;
Figuren 3 bis 5 Verschiedene Ausführungen von Sensoren;
Figur 6 die Steuerschaltung.

Die Figur 1 zeigt in Schnittdarstellung eine Biegeschiene 1, die im Freibiegeverfahren und im Gesenkbiegeverfahren ein Blech 2 in der Matrize oder im Gesenk 3 biegt. Die Biegeschiene wird entweder nur einen Teil oder bis zum unteren Punkt in die Matrize bez. in das Gesenk 3 bewegt. Die Länge der Biegestrecke X richtet sich nach dem gewünschten Biegewinkel α des Blechs 2. In den bekannten Biegemaschinen wird die Relativbewegung von Biegeschiene 1 und Matrize 3 durch einen elektrischen, hydraulischen oder pneumatischen Antriebsmechanismus bewerkstelligt und mit der gewünschten Kraft in die gewünschte Lage gefahren. Die Relativbewegung kann durch Bewegung der Biegeschiene 1 oder der Matrize bzw. des Gesenks 3 erfolgen. Da die Geometriedaten vom Gesenk oder Matrize 3 und der Biegeschiene 1 bekannt sind, genügt nur die Angabe der Strecke X zur Erzielung des gewünschten Biegewinkels. Die Biegestrecke X gibt an, wie tief die Biegeschiene 1 in das Gesenk 3 bzw. Matrize fahren muss um den SOLL-Biegewinkel α des Blechs 2 zu erreichen. Wenn die Biegeschiene 1

zurückfährt und das Blech entlastet wird, federt das Blech um die Strecke ΔX zurück und verändert dadurch den Biegewinkel infolge der Rückfederungseigenschaft des Blechs, die - wie bereits erwähnt - von einer grösseren Anzahl von Faktoren abhängig ist. Der in der Literatur bezeichnete Rückfederungswinkel $\Delta \alpha$, welcher in der Figur 2 gezeichnet ist, verändert den SOLL-Biegewinkel α in unkontrollierter Weise. Zur Reduzierung des durch den Rückfederungswinkel bedingten Biegefehlers wurde bisher die Biegeschiene 1 mehrere Male in Richtung Blech 2 mit grösser werdender Strecke $X + \Delta X$ gefahren. Diese bekannten Verfahren sind jedoch ungenau und unbefriedigend, da der Rückfederungsfehler nicht vollständig eliminiert werden konnte, weil er seinen Betrag von Blech zu Blech scheinbar wahllos änderte. Daher kann auch ein mit einem konstanten Betrag $k \cdot \Delta X$ korrigierter SOLL-Biegewinkel nicht reproduziert werden. Aus diesem Grunde nahm man bisher eine gewisse Abweichung des IST-Biegewinkels vom SOLL-Biegewinkel in Kauf.

Die Figur 1 zeigt ferner eine Niederhalte-Einrichtung 4, welche an der Biegeschiene 1 gleitend gelagert ist und z.B. durch Federzug oder einen besonderen Antrieb (pneumatisch, elektromagnetisch, elektromotorisch usw.) bewegt wird. Diese Niederhalte-Einrichtung 4 dient dazu, das Blech 2 im Gesenk 3 bzw. in der Matrize 3 zu fixieren, wenn die Biegeschiene 1 zurückfährt. Hierdurch kann das Blech 2 nach seiner Entlastung nicht verschoben werden, sodass der Sensor den entstandenen Rückfederungsweg ΔX des Bleches 2 exakt ermittelt. Diese Massnahme des Niederhaltens ist nur bei dünnen Blechen notwendig. Dicke Bleche bleiben bei ihrer Entlastung durch das Werkzeug ohne besondere Niederhaltung an der gleichen Stelle liegen.

Ausserdem zeigt die Figur 1 einen Tastschalter 5, der im

Kopf der Biegeschiene 1 angeordnet ist und dessen elektrische Leitung 51 mit der elektronischen Schaltung der Figur 6 verbunden sind. Der Tastschalter dient dazu, den Augenblick der Entlastung des Blechs 2 von der Biegeschiene 1 der Schaltung 40 der Figur 6 zu melden. Seine Funktion wird später im Zusammenhang mit der Figur 6 noch näher erläutert.

In der Figur 2 ist das Schwenkbiegeverfahren dargestellt. Da solche Maschinen bekannt sind, wurden nur die am Biegevorgang unmittelbar beteiligten Teile gezeichnet. Das Blech 2 ist zwischen Ober- und Unterwange 6 eingeklemmt. Die Biegewange 7 wird in Pfeilrichtung 71 bewegt bis der SOLL-Biegewinkel α erreicht ist. Das Blech 2 ist in dieser Position gestrichelt gezeichnet. Nach Zurückfahren der Biegewange 7 in Richtung ihrer Ausgangslänge federt das Blech 2 infolge seiner Entlastung um den Winkel $\Delta\alpha$ zurück. Der Tastschalter 5 ist in der Biegewange 7 angeordnet und dient dazu, den Augenblick der Entlastung des blechförmigen Materials 2 von der Biegewange 7 der elektronischen Schaltung 40 der Figur 6 zu melden. Bei dem bekannten Schwenkbiegen kann der Fehler infolge des Rückfederungswinkels $\Delta\alpha$ ebenfalls nicht beseitigt werden. Auch bei diesem Verfahren ändert sich dieser Winkel anscheinend wahllos von Blech zu Blech, sodass eine Reproduzierbarkeit des SOLL-Biegewinkels α bzw. der SOLL-Biegestrecke X mit konstantem Wert nicht gegeben ist. Daher nahm man bei dem Schwenkbiegen eine gewisse Abweichung des IST-Wertes des Biegewinkels α bzw. der Biegestrecke X von seinem SOLL-Wert in Kauf.

Bevor nun die elektronische Schaltung der Figur 6 diskutiert wird, welche die Reproduzierbarkeit des gleichen Betrages des Biegewinkels bzw. der Biegestrecke mit grosser Präzision gewährleistet, werden anhand der Figuren 3 bis 5 die Sensoren beschrieben, die die Biegestrecke X Rückfederungsstrecke ΔX ,

den Biegewinkel α und den Rückfederungswinkel $\Delta\alpha$ des Blechs 2 detektieren und diese Information als elektrische Signale an die elektronische Schaltung der Figur 6 weitergeben.

Figur 3 zeigt einen Sensor 10, dessen Stößel 11 gleitend im Gesenk oder in der Matrize 3 vorgesehen ist. Der untere Teil des Stößels ist als Zahnstange ausgebildet, die im Eingriff mit dem Zahnrad 12 steht, welches über Welle 13 mit einem Drehgeber 14 in Verbindung steht. Eine Schraubenfeder 15, deren unteres Ende am Konstruktionsstück 16 befestigt ist, drückt mit ihrem oberen Ende den Stößel 11 gegen das Blech 2. Der Stößel macht die Bewegungen des Blechs während dem Biegen und dem durch das Zurückfahren der Biegeschiene 1 bedingten Rückfedern mit. Hierbei werden die Biegestrecke X und auch die Rückfederungsstrecke ΔX detektiert. Die Bewegungen des Stößels 11 gelangen über das Zahnrad 12 und Welle 13 in den Drehgeber 14, welcher die Bewegung in elektrische, analoge oder digitale Signale umwandelt. Die elektrischen Signale enthalten die Information über den Betrag und die Richtung der Bewegung des Stößels 11. Diese Signale werden via Leitung 37 der elektronischen Schaltung 40 der Fig. 6 zugeführt, sodass die Biegestrecke X und Rückfederungsstrecke ΔX darin verarbeitet werden können. Da solche Drehgeber 14 bekannt und im Handel erhältlich sind, wird die Erzeugung der elektrischen Signale nicht näher beschrieben. Das Umformorgan 14 kann als Drehgeber oder Lineargeber ausgebildet sein. Der mechanische Sensor 10 der Figur 3 wird nur für das Freibiege- und Gesenk-Biegeverfahren der Figur 1 verwendet.

Die Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des mechanischen Sensors 10 mit einem um seine Achse 17a schwenkbaren Abtasthebel 17, der mittels einer Feder 18 am Blech 2 anliegt und während der Umformung des Blechs sämtliche Bewegungen mitmacht. Die mechanische Auslenkung des Abtasthebels 17 wird

über ein Getriebe 19 zu einem Umformorgan 14 übertragen, welches digitale oder analoge, elektrische Signale erzeugt und auf die Schaltung der Figur 6 gibt. Im vorliegenden Beispiel ist das Umformorgan 14 als rotativer Geber gezeichnet. Er kann auch als Schiebepotentiometer in geeigneter mechanischer Form ausgebildet sein. Mit diesem Sensor 10 können Biegestrecke X und Rückfederungsstrecke ΔX erfasst werden.

Wenn in den Figuren 3 und 4 an Stelle der Drehgeber lineare Signalerzeuger eingesetzt werden, entfallen die in den Figuren gezeichneten Getriebe 12, 13.

Die Figur 5 zeigt einen optischen Sensor 20, der verwendet werden kann für das Freibiegen und Gesenkbiegen der Figur 1 sowie für das Schwenkbiegen der Figur 2. Der optische Sensor besteht aus einer Lichtquelle 21, die über Leitungen 211 mit dem nötigen Strom versorgt wird, einer Sammellinse 22, die die Lichtstrahlen 23 gleichmässig auf Lichtleiter 240 - 249 lenkt. Diese Lichtleiter sind als optische Fasern in einem Gestell 26 angeordnet. In Wirklichkeit sind einige Hundert Lichtleiter im Gestell 26 untergebracht. Die Fläche ist so gross wie die gleichmässige Beleuchtung der Lichtleiter 240 - 249 durch die Lichtstrahlen 23 der punktförmigen Lichtquelle 21 gewährleistet ist. Bei Verwendung einer flächenförmigen Lichtquelle kann die Fläche des Gestells 26 für die Lichtleiter grösser gemacht werden, und die Sammellinse 23 ist dann nicht mehr notwendig. Im Raum 25 des optischen Sensors 20 sind Biegeschiene 1, die Matrize 3 für das Freibiegen oder das Gesenk 3 für das Gesenkbiegen gemäss Figur 1 oder die Halterung 6 und die Biegewange 7 für das Schwenkbiegen gemäss Figur 2 angeordnet. Der optische Sensor der Figur 5 liegt in der Zeichenebene der Figur 1 und senkrecht zur Zeichenebene der Figur 2, sodass die aus den Lichtleitern 240 - 249 austretenden Lichtstrahlen Biegeschiene 1, Blech 2, Matrize bzw. Ge-

senk 3, Ober- und Unterwange 6 und Biegewange 7 beleuchten. Am anderen Ende des Raumes 25 ist ein ähnliches Gestell 26 mit einigen hundert Lichtleitern 270 - 279 vorgesehen. Diese Lichtleiter empfangen die Licht- und Schattenbereiche der Biegeschiene 1, und des Blechs 2 und leiten sie zu einem Halbleiterbaustein 28, der diese optischen Informationen aus den Lichtleitern 270 - 279 aufnimmt und in elektrische Signale umwandelt. Solche Sensoren sind als CCD-Halbleiter-Zeilensensoren oder CCD-Halbleiter-Matrixsensoren der Firma Fairchild bekannt. Solche Sensoren sind auch beschrieben im Sonderdruck der Firma Ing. Erich Sommer, Frankfurt am Main 1973, Aufsatz "Reticon line scan camera" Autor H. Friedberg. Diese Sensoren haben eine extrem hohe Bildauflösung von 2048 Punkten pro CCD-Zeilensensor oder von 185'000 Bildelementen pro CCD-Matrixsensor. Daher sind die Lichtleiter 270 - 279 stark gebündelt. Die auf den Halbleiterbaustein 28 gelangende optische Information enthält die Biegestrecke X , den Biegewinkel α , die Rückfederungsstrecke ΔX und den Rückfederungswinkel $\Delta \alpha$ mit einer im μm -Bereich liegenden Auflösung. Der Halbleiterbaustein 28 gibt die Information als Halbbilder analog dem TV-Abtastprinzip auf den folgenden Stromkreis 29, dessen Register- und Logikbausteine elektrische Signale, die den detektierten Betrag und die detektierte Richtung der Biegung X, α und der Rückfederung $\Delta X, \Delta \alpha$ repräsentieren, über die Leitung 37 in die elektronische Schaltung 40 der Figur 6 geben.

Die Strahlungsleiter 2. Art 270 - 279 können auch am gleichen Ort wie die Strahlungsleiter 1. Art 240 - 249 angeordnet sein. In diesem Fall gelangen die Strahlen aus den Strahlungsleitern 240 - 249 auf einen Reflektor, der sie auf die Strahlungsleiter 270 - 279 reflektiert. Die Strahlungsleiter 2. Art können koaxial um die Strahlungsleiter 1. Art oder als Empfänger neben den Strahlungsleitern 1. Art angeordnet sein. Der Reflektor ist in vorteilhafter Weise am anderen Ende des Raums 25

angebracht.

Die Strahlungsleiter 240 - 249 und 270 - 279 können so vorgesehen sein, dass die Beleuchtungseinrichtung 21, 22 und die optronischen Bauteile 28, 29 in einer gewissen Entfernung vom Raum 25 angeordnet sind. Hierdurch wird verhindert, dass die durch den Umformprozess bedingten Erschütterungen auf die Empfindlichen Bauteile 21, 22, 28, 29 übertragen werden.

Wenn anstelle der punktförmigen Lichtquelle 21 der Figur 5 ein Laser oder LED verwendet wird, entfallen die Sammellinse 22 und die Lichtleiter 240 - 249 und 270 - 279. Die Strahlen gelangen in diesem Fall direkt auf den Halbleiterbaustein 28 und werden dort in gleicher Weise verarbeitet wie bereits beschrieben.

Die elektronische Schaltung 40 der Figur 6 ist als Blockschaltbild gezeichnet. Als Beispiel wurde das Freibiege- bzw. Gesenkbiege-Verfahren nach Figur 1 gewählt. Die Sensoren 10, 20 der Figuren 3, 4, 5 sind mit ihren Umformorganen 14, 28, 29 an den Eingangsleitungen 37 angeschlossen. Die elektrischen Signale, die die Information über den Betrag und die Richtung der IST-biegung (Strecke X oder Winkel α) bzw. der Rückfederung (Strecke ΔX oder Winkel $\Delta \alpha$) enthalten, werden in den Auswerter 44 gegeben und im Speicher 41 gespeichert. Diese Signale auf den Leitungen 37 können analog oder digital sein. Ferner werden die Signale im Auswerter 44 auf Änderungsgeschwindigkeit, Änderungsstillstand und Richtung überprüft. Hieraus werden die Werte der Rückfederung ΔX oder $\Delta \alpha$ im Rechner 45 ermittelt und abgespeichert, welcher mittels weiterer Eingaben durch die Stromkreise 46, 47, 48 den neuen SOLL-Wert zur Kompensation der Rückfederungsstrecke ΔX bzw. des Rückfederungswinkels $\Delta \alpha$ bildet. Der Eingabe-Stromkreis 46 enthält den SOLL-Wert der Biegung X, α . Der Eingabe-Stromkreis 47 enthält die Eigenschaften

des blechförmigen Materials 2, das gebogen werden soll, wie z.B. Werkstoffeigenschaft, Elastizitätsmodul, Walzrichtung und Stärke. Der Eingabestromkreis 48 enthält die Daten der Werkzeuggeometrie, wie z.B. Radius der Biegeschiene 1, Weite der Matrize 3, Lage und Radius der Oberwange 6, gewähltes Biegeverfahren. Die genannten Daten werden vor dem eigentlichen Biegeprozess durch die Bedienungsperson oder durch ein vorgegebenes Programm in die Stromkreise 46, 47, 48 gegeben. Der im Rechner 45 errechnete neue SOLL-Wert enthält die Kraft oder die Strecke, mit der das blechförmige Material 2 ein zweites Mal gebogen werden muss. Der neue SOLL-Wert gelangt über den Signalgeber 48 auf das Stellglied 50. Das Stellglied 50 erzeugt die elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Steuersignale, welche den elektrischen, pneumatischen oder hydraulischen Antrieb der Umformmaschine nach Figuren 1 oder 2 steuert. Die Biegeschiene 1 oder Biegewange 7 biegt das blechförmige Material 2 nun zum zweiten Mal. Nach zurückfahren des Werkzeuges ist das Blech 2 um die Rückfederungsstrecke ΔX weiter gebogen worden und somit der Winkelfehler infolge Rückfederung aufgehoben; d.h. der ursprünglich gewünschte Biegewinkel ist hergestellt.

Da nun nach diesem ersten Blech 2 die Korrekturgrösse für die Biegestrecke X bzw. für den Biegewinkel α fest liegt, wird jedes folgende Blech in einem einzigen Biegevorgang auf die richtige SOLL-Biegung gebogen. Hierdurch ist eine reproduzierbarkeit der Biegung für jede beliebige Anzahl von Blechen gewährleistet. Die Rüstzeiten und Totzeiten einer Umformmaschine werden auf ein Minimum reduziert.

In der Figur 6 sind ein Sensor 60, ein Umformorgan 61 und ein Schalter 5 gestrichelt gezeichnet. Dies ist für den Fall gedacht, dass der Sensor mit der Relativ-Bewegung der Biege-

schiene 1 zur Matrize oder Gesenk 3 oder mit der Drehachse der Biegewange 7 verbunden ist; d.h., dass Sensor 60 und Umformorgan 61 elektrisch anstelle der Sensoren 10, 20 mit Umformern 14, 28, 29 treten. Der Sensor 60 detektiert die Relativ-Bewegung von Biegeschiene 1 und Matrize 3 resp. die Schwenkung der Biegewange 7 ohne einen Unterschied zu machen zwischen Biegevorgang und Leerbewegung. Da die elektrischen Signale nur für die Biegestrecke X bzw. den Biegewinkel α und für die Rückfederungsstrecke ΔX bzw. den Rückfederungswinkel $\Delta\alpha$ verlangt werden, ist der Schalter 5 in der Biegeschiene 1 oder in der Biegewange 7 vorgesehen. Seine Anordnung für das Freibiegen oder Gesenkbiegen geht aus der Figur 1 hervor. Für das Schwenkbiegen der Figur 2 ist der Schalter 5 in der Biegewange 7 angeordnet. Während dem Biegevorgang berührt der Schalter 5 das blechförmige Material 2. Hierdurch wird er geschlossen. Wenn nach dem Biegevorgang das Werkzeug 1,7 zurückfährt, bleibt der Schalter 5 solange geschlossen, wie das blechförmige Material 2 das Werkzeug berührt. Der Schalter wird erst dann geöffnet, wenn das Werkzeug sich vom blechförmigen Material trennt. Solange der Schalter 5 geschlossen ist, wird ein Signal über Leitung 51 über den Auswerter 44 der elektronischen Schaltung 40 der Figur 6 gegeben. Der Auswerter 44 veranlasst während dieser Zeit die Speicherung der IST-Signale des Sensors 60 und Umformorgan 61 in den Speicher 41. Diese Signale werden in der gleichen Weise im Rechner 45 verarbeitet, wie die Signale der Sensoren 10, 20. Das Stellorgan 50 empfängt über den Signalgeber 48 die neuen Werte für den nächsten Biegevorgang zur Kompensation der Rückfederungsstrecke ΔX oder des Rückfederungswinkels $\Delta\alpha$ des blechförmigen Materials 2. Die nachfolgenden Bleche werden mit einem einzigen Biegevorgang auf die gewünschte Biegung gebogen, da der Rückfederungsfehler beseitigt ist. Hierdurch ist eine Reproduzierbarkeit der Biegung für jede beliebige Anzahl von Blechen gewährleistet. Die Rüst- und Totzeit für die Umformmaschine der Figuren 1 oder 2 werden auf ein Minimum reduziert.

P A T E N T A N S P R U E C H E

1. Vorrichtung an einer Maschine für Umformarbeiten an blechförmigen Materialien mit Rückfederungseigenschaft, wobei ein von der Maschine bewegbares Werkzeug das blechförmige Material umformt, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h folgende Bauteile der Vorrichtung:
- ein Sensor (10, 20, 60) detektiert beim Biegevorgang den Betrag und die Richtung der Biegung (X, α) des blechförmigen Materials (2) und/oder beim Öffnen des Werkzeuges (1, 3, 7) aus seiner SOLL-Position den Betrag und die Richtung der Rückfederung ($\Delta X, \Delta \alpha$) des vom Werkzeug (1, 3, 7) entlasteten blechförmigen Materials (2);
 - ein nachgeordnetes Umformorgan (14; 28, 29; 61) erzeugt elektrische Signale (B, R), welche dem detektierten Betrag und der Richtung der Biegung (X, α) und/oder Rückfederung ($\Delta X, \Delta \alpha$) entsprechen;
 - In einer elektronischen Schaltung (40) wird unter Berücksichtigung der Materialkennwerte des blechförmigen Materials (2) und des Werkzeuges (1, 3, 7) sowie der detektierten Biegung (X, α) und Rückfederung ($\Delta X, \Delta \alpha$) ein Signal für die SOLL-Position des Werkzeuges (1, 3, 7) erzeugt und gespeichert und auf Stellglieder (50) gegeben, welche das Werkzeug (1, 3, 7) in die SOLL-Position fahren.
2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e-

k e n n z e i c h n e t, dass der Sensor (10) einen mechanischen beweglichen Taster (11, 17) enthält, welcher Taster die Bewegungsabläufe des blechförmigen Materials (2) auf das Umformorgan (14) gibt zur Erzeugung elektrischer Signale, welche elektrischen Signale den Betrag und die Richtung der Biegestrecke (X) und/oder den Betrag und die Richtung der Rückfederungsstrecke (ΔX) des vom Werkzeug (1, 3) entlasteten blechförmigen Materials (2) angeben. (Figuren 3, 4).

3. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Sensor (10) einen am blechförmigen Material (2) anliegenden Stößel (11) enthält, der über ein Getriebe (12, 13) mit einem Umformorgan (14) zur Erzeugung von elektrischen Signalen verbunden ist, welche elektrischen Signale den Betrag und die Richtung der Biegestrecke (X) und/oder den Betrag und die Richtung des Rückfederungsweges (ΔX) des vom Werkzeug (1, 3) entlasteten blechförmigen Materials (2) angeben. (Fig. 3).
4. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Sensor (20) folgende Bauteile enthält:
 - eine Einrichtung (21, 22) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung, deren Strahlen (23) gleichmäßig über eine Fläche verteilt sind;
 - Strahlungsleiter 1. Art (240 - 249), welche die über eine Fläche gleichmäßig verteilten Strahlen (23) empfangen und in einen für das Werkzeug (1, 3, 7) und das blechförmige Material (2) vorgesehenen Raum (25) leiten;
 - Strahlungsleiter 2. Art (270 - 279), welche die durch Werkzeug (1, 3, 7) und blechförmiges Material (2) beeinflussten Strahlen aus dem Raum (25) empfangen und weiterleiten;

- Mindestens ein optronisches Bauteil (28, 29), welches die Strahlen von den Strahlungsleitern 2. Art (270 - 279) empfängt und in elektrische Signale umwandelt, welche elektrische Signale den Betrag und die Richtung der Biegestrecke (X) oder des Biegewinkels (α) des blechförmigen Materials (2) angeben. (Fig. 5)
5. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass der Sensor (20) folgende Bauteile enthält:
- eine Einrichtung (21, 22) zur Erzeugung einer elektromagnetischen Strahlung, deren Strahlen (23) gleichmässig über eine Fläche verteilt sind;
 - Strahlungsleiter 1. Art (240 - 249), welche die über eine Fläche gleichmässig verteilten Strahlen (23) empfangen und in einen für das Werkzeug (1, 3, 7) und das blechförmige Material (2) vorgesehenen Raum (25) leiten;
 - ein am anderen Ende des Raumes (25) vorgesehener Reflektor, welcher die durch Werkzeug (1, 3, 7) und blechförmiges Material (2) beeinflussten Strahlen auf Strahlungsleiter 2. Art (270 - 279) lenkt;
 - Strahlungsleiter 2. Art (270 - 279), welche koaxial um die Strahlungsleiter 1. Art (240 - 249) angeordnet sind;
 - mindestens ein optronisches Bauteil (28, 29), welches die Strahlen von den Strahlungsleitern 2. Art (270 - 279) empfängt und in elektrische Signale umwandelt, welche elektrische Signale den Betrag und die Richtung der Rückfederungsstrecke (ΔX) oder des Rückfederungswinkels ($\Delta\alpha$) des vom Werkzeug (1, 3, 7) entlasteten blechförmigen Materials (2) angeben.
6. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Sensor (60) mit einem Umformorgan (61) am Werkzeug (1, 3, 7) angeordnet ist und

und die relative Bewegung des Werkzeugs zueinander detektiert, und ein Schalter (5) in einem Werkzeugteil (1, 7) vorgesehen ist, der infolge Berührung mit dem blechförmigen Material (2) seinen Zustand (ein/aus) während dieser Zeit über Leitung (51) als Signal in die elektronische Schaltung (40) gibt. (Fig. 1, 2, 6).

7. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die elektronische Schaltung (40) folgende Schaltungsteile enthält:
- eine Auswerteschaltung (44) und Istbetrag- Speicher (41) zum Empfangen der die Bewegung (X, α) und/oder die Rückführung-Information $(\Delta X, \Delta \alpha)$ enthaltenden Signale;
 - einen Rechner (45) mit Eingabe-Stromkreisen (46, 47, 48) zur Eingabe der SOLL-Werte der Biegung (X, α) und der Parameter, welche die Eigenschaften des umzuformenden blechförmigen Materials (2), des gewählten Umformverfahrens und gegebenenfalls des Werkzeuges (1, 3, 7) repräsentieren, wobei der Rechner (45) vom Speicher (41) und von der Auswerteschaltung (44) die Signale der Biegung (X, α) und/oder der Rückfederung $(\Delta X, \Delta \alpha)$ empfängt und mit den SOLL-Werten und den Parametern aus den Eingabe-Stromkreisen (46, 47, 48) verarbeitet. (Fig.6)

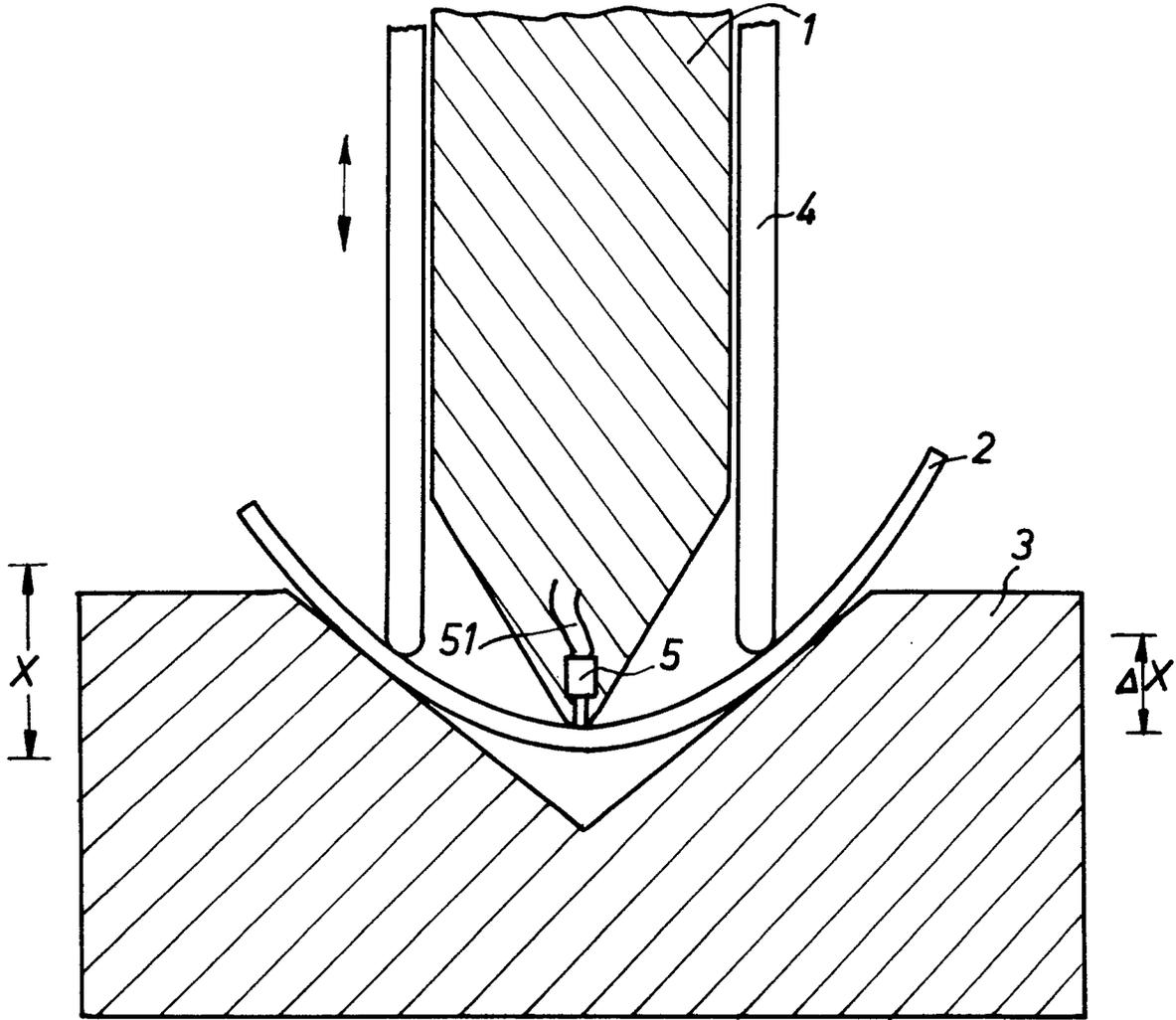


Fig. 1

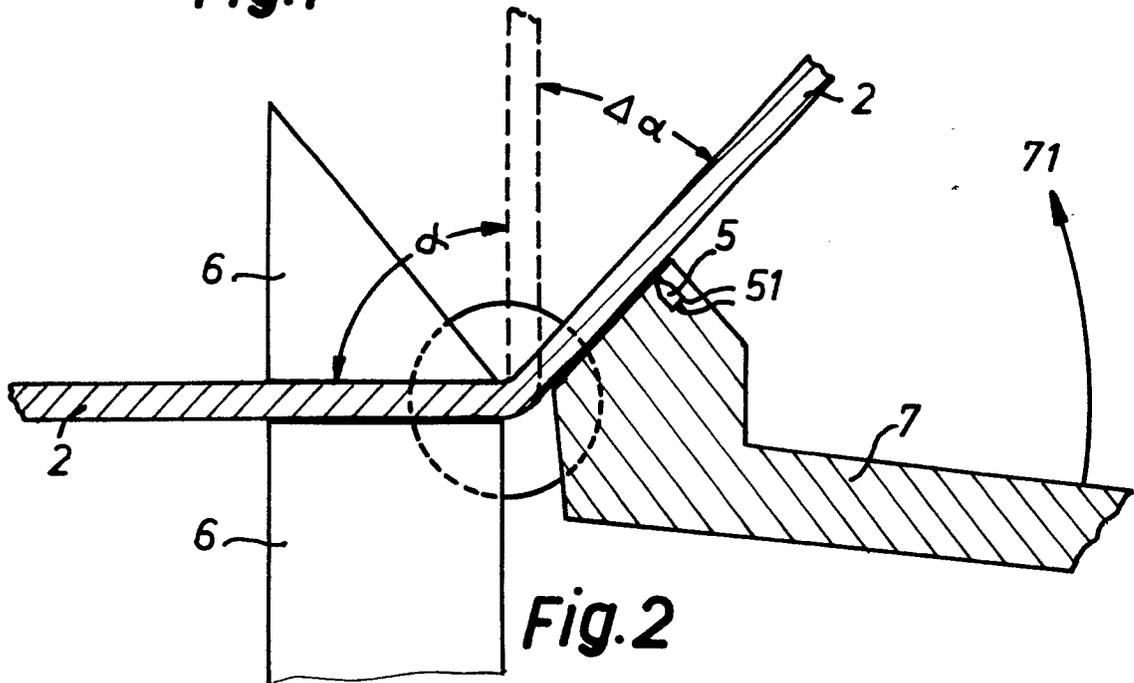


Fig. 2

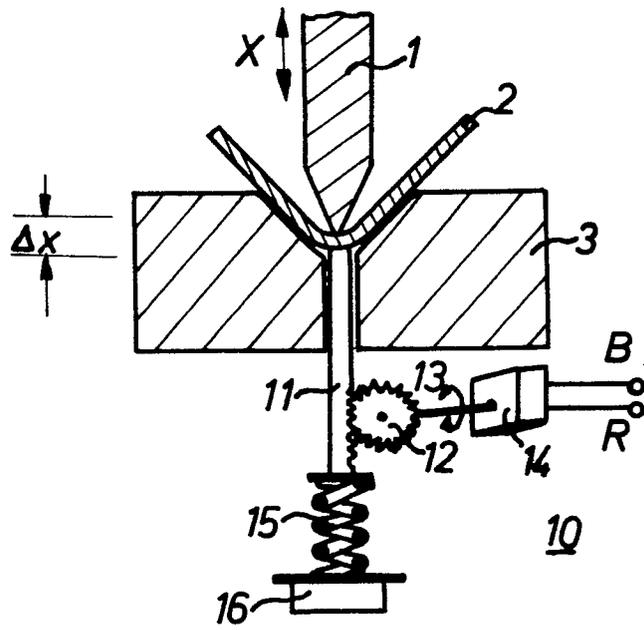


Fig.3

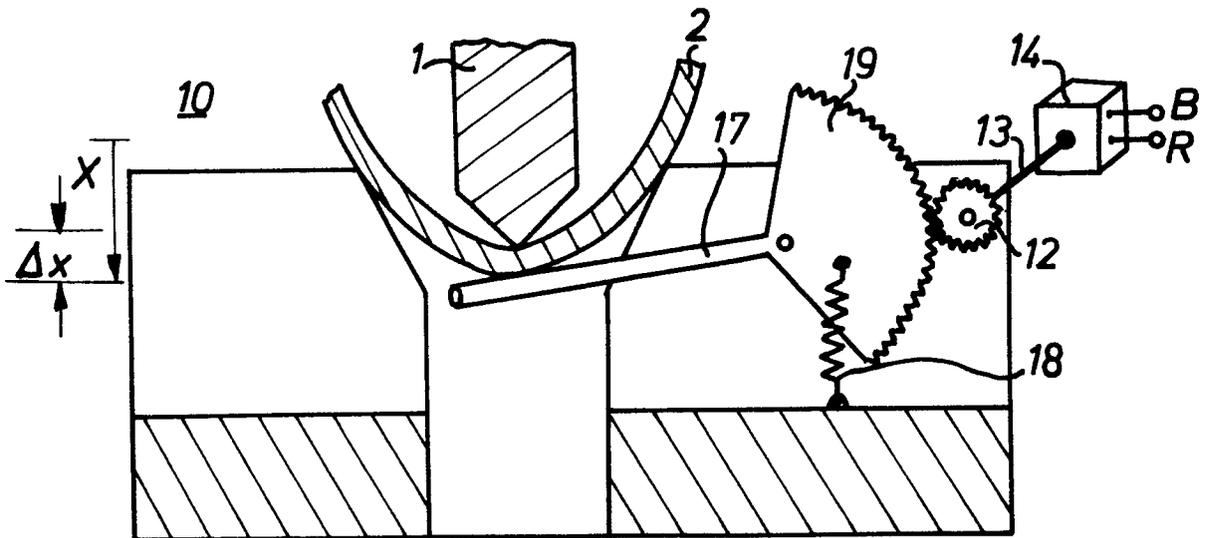


Fig.4

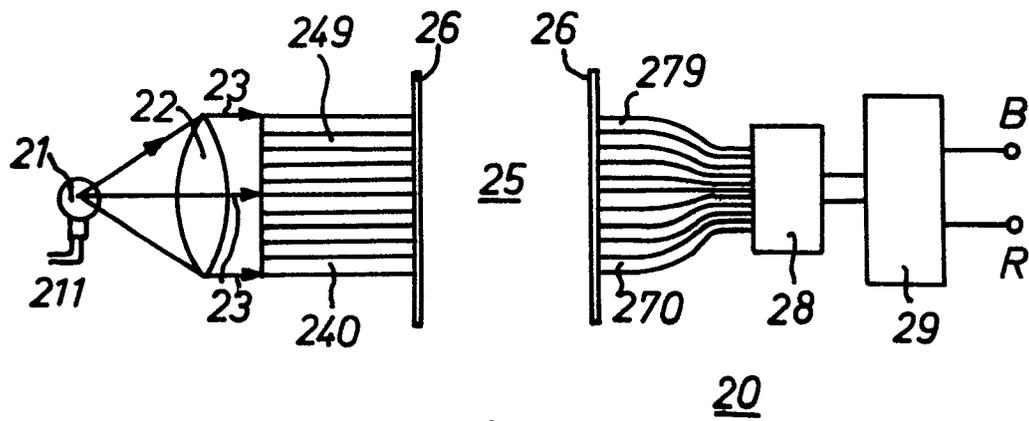


Fig.5

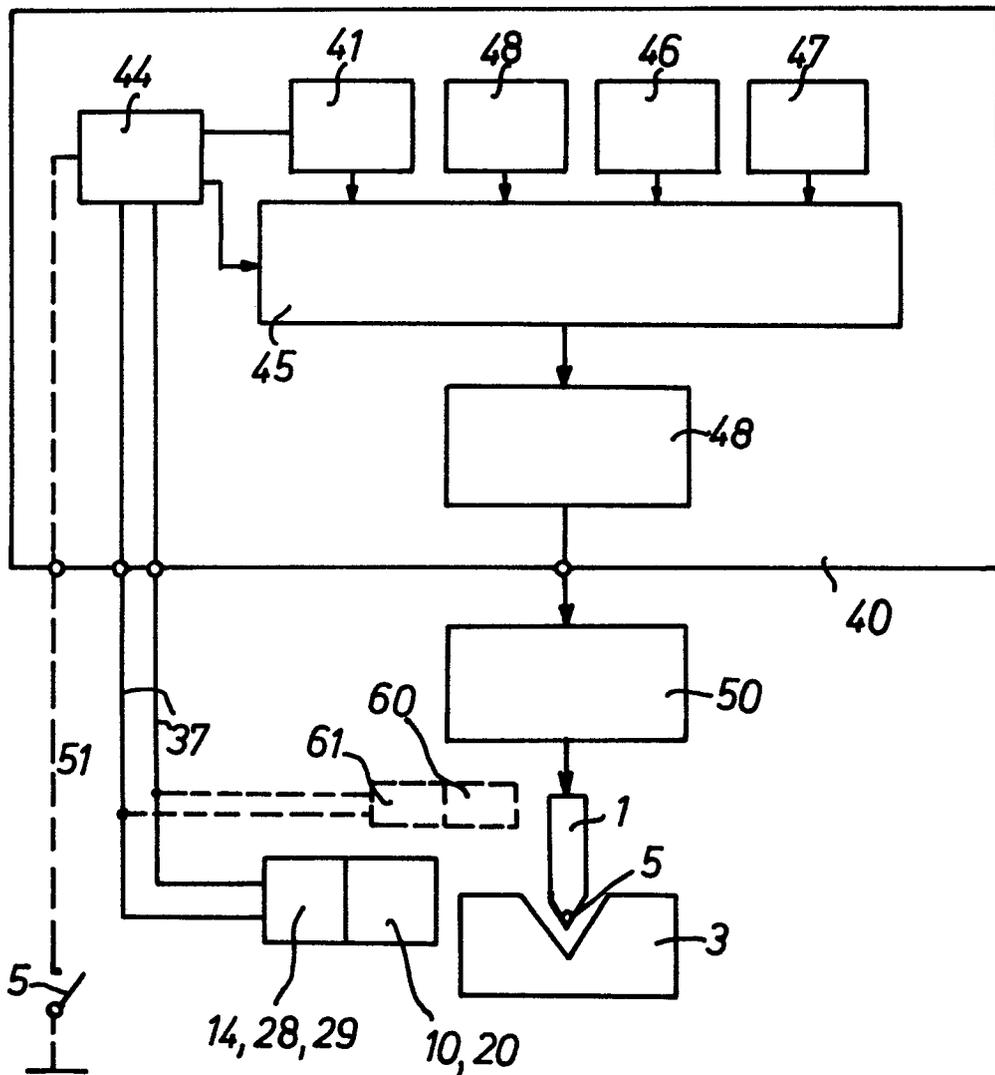


Fig.6