



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **237 992 A1**4(51) **B 21 D 7/00****AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP B 21 D / 277 007 3	(22)	04.06.85	(44)	06.08.86
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71)	Ingenieurhochschule für Seefahrt Warnemünde/Wustrow, 2530 Warnemünde, Richard-Wagner-Straße, DD
(72)	Greven, Dirk-Michael, Doz. Dr.-Ing.; Beyer, Manfred, Prof. Dr. sc. techn., DD

(54) Vorrichtung zur Steuerung und Formmessung beim Biegen von Profilen

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Biegen von Profilen, Stäben oder ähnlichen Werkstücken, bei denen die Profile zwischen zwei drehbaren Auflagern geklemmt und durch einen senkrecht dazu beweglichen Biegestempel umgeformt werden. Ziel der Erfindung ist es, das Biegen solcher Werkstücke in Biegemaschinen durch geringsten mechanischen Aufwand auf der Basis eines weitgehend berührungslos arbeitenden Meßsystems (Figur 1) so zu gestalten, daß mit Hilfe des gleichen Meßsystems sowohl der Biegestempel gesteuert als auch steuerungsunabhängig die Formabweichung des bereits gebogenen Profils an der Profilbezugskante einschließlich des durch den letzten Biegevorgang verformten in der Biegemaschine befindlichen Profilabschnittes gemessen und im Bedarfsfall bei Überschreitung der Formtoleranz eine Korrektur um einen berechneten Korrekturwert im gleichen oder nachfolgenden Biegeschritt durchgeführt werden kann. Die Erfindung kann hauptsächlich im Schiffbau beim Biegen von Schiffsspannten, aber auch im Stahl-Behälter- oder Flugzeugbau angewendet werden.

Erfindungsanspruch:

1. Vorrichtung zur Steuerung und Formmessung beim Biegen von Profilen oder Stäben in einer Ebene mit zwei Auflagern und einem Biegestempel, die sich in vorbestimmter Weise gegeneinander bewegen und das Werkstück schrittweise verschiebbar ist, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Formmeß- und Steuereinrichtung (17) die Profilbezugskante (2) berührungslos mit Hilfe einer einen parallel gebündelten Lichtstrahl (18) aussendenden optischen Markiereinrichtung (10) antastet und mit einer entsprechenden Meßeinrichtung (13) die abgebildete Lichtmarke im Punkt P_k durch diffuse Reflexion registriert und durch Vergleich der über eine zentrale Steuer- und Auswerteeinheit ermittelten Istwerte Steuerwinkel (α_k) mit vorausberechneten Sollwerten den Biegestempel (5) steuert.
2. Vorrichtung nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß eine Formmessung der Profilbezugskante (2) innerhalb und außerhalb der Umformzone schrittweise oder kontinuierlich im belasteten oder unbelasteten Zustand in Vorschubrichtung des Werkstückes möglich ist, derart, daß die gleiche zur Steuerung des Biegestempels verwendete Einrichtung (17) in Anwendung kommt und die optische Markiereinrichtung (15) nunmehr über ein Winkelmeß- und Antriebssystem (16) kontinuierlich oder schrittweise die Profilbezugskante (2) berührungslos vom Punkt P_k über P_i bis P_1 , der zuvor durch einen, von einer zweiten optischen Markiereinrichtung (10), ausgesendeten Lichtstrahl (11) über ein mechanisch antastendes Längenmeßsystem (8), das sowohl Bestandteil der gesamten Meßeinrichtung (17) sein kann als auch an einem separaten Hebelsystem (27) direkt an der Biegemaschine (6) angebracht ist, gesteuert, markiert und von der Meßeinrichtung (13) registriert wurde, antastet, die Istkoordinaten sowohl für das jeweilige durch den aktuellen Biegeschritt bestimmte Kurvenstück als auch für die Gesamtkurve berechnet und mit zuvor bestimmten Sollkoordinaten verglichen und bei Überschreitung von vorgegebenen Formtoleranzen der Profilbezugskante (2) über die zentrale Steuer- und Auswerteeinheit Korrekturwerte für den gleichen oder nachfolgenden Biegeschritt berechnet werden.
3. Vorrichtung nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß auch die Form der Profilbezugskante (2) nach dem letzten Biegeschritt eines Profils (1) bis zum Auflager (4) entgegen der Vorschubrichtung gemessen werden kann, indem die optische Markiereinrichtung (15) der Einrichtung (17) bis zum Punkt P_n schwenkt und die die dafür notwendigen Koordinaten berechnet und mit den vorbestimmten Sollkoordinaten vergleicht und bei Bedarf Korrekturwerte für den letzten Biegeschritt vorgegeben werden.

Hierzu 4 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Biegen von Stäben oder ähnlichen Werkstücken in Biegemaschinen in einer Ebene, mit zwei Widerlagern und einem sich dazu relativ beweglichen Stempel und zwischen denen das Werkstück in vorbestimmter Weise schrittweise verschiebbar ist.

Der Einsatz solcher Vorrichtungen kann in der Umformtechnik verschiedener Industriezweige, wie z. B. im Schiffbau, Stahl- und Behälterbau erfolgen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es wurden bereits mehrere Lösungen zum Biegen von Stäben, Profilen und Platten erarbeitet (AS 1552991 DE, WP 51760 DD, WP 50983 DD, WP 136348 DD, PS 395257 US, WP 264345/2 DD, WP 729742/3 DD).

Ziel dieser Lösungen war es, die Formtoleranzen beim Biegen ohne nachträgliche Korrektur einzuhalten. Es ist bisher zu den genannten Erfindungen keine breite Anwendung in der Industrie bekannt geworden. Infolge des großen technischen Aufwandes und des hohen Kompliziertheitsgrades der einzelnen Lösungen ist die Entwicklung nicht über den Bau von Prototypen hinausgegangen.

Bei den einzelnen Lösungen treten folgende Nachteile auf:

Die Ermittlung der Profilform entsprechend der Vorrichtung nach AS 1552991 DE erfolgt über die Messung der Profilanfangskoordinaten in einem Zweikoordinatenmeßsystem über einen mechanischen Kreuzschlitten, dessen eine Koordinate als Bezugsbasis die Tangente in der Umformzone des Profils beinhaltet. Da die Tangente nur über eine sehr kleine Länge ermittelt wird, wirken sich Meßfehler sehr ungünstig auf die Gesamtform des gebogenen Profils aus. Durch eine mechanische Messung der Profilanfangskoordinaten wird für diese Vorrichtung sehr viel Platz und ein hoher maschinenbaulicher Aufwand benötigt.

Die Ermittlung der Koordinaten des Profilanfanges über eine Winkelmessung realisiert das Verfahren zur Steuerung und Messung von Stabprofilen beim Biegen auf Profilbiegemaschinen (WP 51760 DD). Die Messung des Winkels ist meßtechnisch schwer realisierbar, in praktischen Versuchen erwies sich die verwendete Technik als unzuverlässig, außerdem wird die Form nicht an der tolerierten Stegkante gemessen.

Beide geschilderte Lösungen benötigen für die Steuerung sowie Messung zwei getrennte Meßsysteme, das zu einem erhöhten Aufwand für die Steuerung führt.

Zwei weitere Lösungen (WP 264345/2 DD, WP 729724/3 DD), die bisher nicht realisiert sind, schlagen zur Steuerung und Messung der Profilform beim Biegen das Messen von Relativwinkeln vor. So wird bei dem einen Verfahren der Winkel zwischen einer Tangente in der Umformzone und einer Tangente an den Profilanfangspunkt gemessen. Nicht gelöst ist hier das Problem der meßtechnischen Erfassung der Tangentenwinkel. Die andere Lösung tastet das in der Biegemaschine befindliche Profil in 3 Punkten an, wobei der eine Punkt im noch nicht umgeformten und die beiden anderen im bereits umgeformten Bereich liegen. Durch Messen des Zenitwinkels zwischen zwei Geraden, die durch jeweils nebeneinanderliegende Punkte verlaufen und Vergleich mit einem berechneten Sollwinkel die Steuerung des Biegevorganges und die Formgenauigkeit der Profile gegenüber den anderen Lösungen verbessert werden. Der Nachteil dieser Vorrichtung besteht in der im noch nicht umgeformten Bereich

punktweisen Antastung des Profils und damit verbundenen relativ großen Schwankung des Istwinkels zum Sollwinkel und im großen mechanischen Aufwand der einzelnen Mechanismen.

Die Gesenkeinrichtung für eine Mehrstempelpresse zum einachsigen Verformen von Profilen (WP 50983 DD) benötigt einen technisch aufwendigen, komplizierten mechanischen Aufbau. Da das Profil in einem Arbeitsgang umgeformt werden soll, muß in Folge der auftretenden Profillängen die Vorrichtung eine beträchtliche Größe besitzen. Die Profilbiegemaschine nach PS 395257 US ist ebenfalls durch einen komplizierten mechanischen Aufbau gekennzeichnet. Der zur Biegemaschine gehörende Biegekopf muß zum Biegen des Profils 5 Freiheitsgrade ausführen können und zur Messung der Profilanfangskordinaten wird eine drehbar gelagerte, dem längsten Profil angepaßte Schiene, die dem Profilanfangspunkt in jede Lage folgt, benötigt. Alle diese Lösungen verzichten auf eine steuerungsunabhängige Messung der Profil- oder Stabform, was schon bei relativ geringen Fehlern des Steuerungsmeißsystems zu Profilformfehlern führen kann, die nicht ermittelt werden können.

Bei der Biegevorrichtung für Stäbe und Platten in einer Ebene nach WP 136348 DD wird aus der steuerungsunabhängig gemessenen Formabweichung des fertig umgeformten Profilsabschnittes ein Formkorrekturwert für den nachfolgenden Biegeschritt berechnet. Mit dieser Vorrichtung können für die ersten Biegeschritte keine Formkorrekturwerte ermittelt werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, das Biegen von Stäben, Profilen o. ä. Werkstücken in Biegemaschinen durch geringsten mechanischen Aufwand auf der Basis eines weitgehend berührungslos arbeitenden Meßsystems zu gestalten, so daß die bisherige Schablonenkontrolle überflüssig wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, indem das Profil schrittweise zwischen zwei Auflagern mit einem Biegestempel umgeformt wird, wobei mit einer weitgehend berührungslos arbeitenden Meßvorrichtung nacheinander durch Bestimmen der Koordinaten einer beliebig wählbaren Anzahl von Punkten P_n auf der Profilbezugs-kante sowohl der Weg des Biegestempels gesteuert als auch die Gesamtform des Profils berechnet, kontrolliert und ggf. korrigiert werden kann. Die Steuergröße für den Biegestempelweg eines Biegeschrittes ergibt sich jeweils aus den Koordinaten des Punktes P_k , der sich in der Mitte der Umformzone befindet. Während des Biegevorganges werden diese Koordinaten gemessen. Bei Erreichen der vorausberechneten Soll-Koordinaten wird der Biegevorgang für den jeweiligen Biegeschritt beendet. Da zufallsbedingte Maßabweichungen nicht auszuschließen sind, erfolgt nach Beendigung eines jeden Biegeschrittes die Ermittlung der Koordinaten weiterer Punkte P_i bis P_1 innerhalb der Biegezone, in der noch Veränderungen ablaufen und außerhalb der Biegezone, in der die endgültige Form des Stabes vorliegt. Der Punkt P_1 wird durch ein Längenmeßsystem für die Profilbezugs-kante markiert. Aus den in dieser Art gemessenen Koordinaten erfolgt die Berechnung der Profilform und der Vergleich mit der für den jeweiligen Profilschnitt vorgegebenen Sollform. Liegen die gemessenen Abweichungen im Toleranzbereich, so kann der nächste Biegeschritt durchgeführt werden. Bei Überschreiten der Toleranz kann ein Korrekturwert für die Koordinaten im Punkt P_k berechnet und im gleichen Biegeschritt nachkorrigiert werden. Die Gesamtform des Profils wird iterativ durch überlagertes Zusammensetzen der beim jeweiligen Biegeschritt gemessenen Profilbezugs-kantenlängen zwischen den Punkten P_k bis P_1 und nach dem letzten möglichen Biegeschritt zwischen P_n und P_1 ermittelt. Treten trotz Korrekturen im gleichen Biegeschritt unzulässig große Abweichungen bezüglich der gemessenen Gesamtform auf, so kann für den nachfolgenden Biegeschritt ein Korrekturwert berechnet werden.

Durch die Erfindung wird es ermöglicht, beim Biegen von Profilen oder Stäben auf Biegemaschinen weitgehend berührungslos, bis auf die Längenmessung an der Profilbezugs-kante, mit einer Meßeinrichtung sowohl den Biegestempel zu steuern als auch die Profilform zu messen, dabei kann vom ersten bis zum letzten Biegeschritt die Profilform steuerungsunabhängig abschnittsweise gemessen und daraus die Gesamtform des Profils berechnet werden, und somit die Abweichungen von der vorgegebenen Sollform aller durchgeführten Biegeschritte im gleichen oder nachfolgenden Biegeschritt zu berücksichtigen.

Ausführungsbeispiel

Die Figur 1 zeigt als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung in der Draufsicht in vereinfachter Form die Biegemaschine 6 mit eingeführtem Profil 1 und die Formmeß- und Steuereinrichtung 17 mit ihren einzelnen Meßelementen. Das Profil 1 wird mit dem in der Führung 7 beweglichen Biegestempel 5, der sich mittig zu den beiden drehbar gelagerten Auflagern 4 befindet, umgeformt. Über den Gurt 3 des Profils 1 wird die Krafteinleitung über den Biegestempel 5 realisiert. Die Koordinaten des Profils 1 werden an der Profilbezugs-kante mit Hilfe der Einrichtung 17 in den Punkten P_1 über P_i und P_k bis P_n berührungslos zur Berechnung der Steuergröße des Biegestempels 5 und der Profilform gemessen. Die Einrichtung 17 enthält folgende Elemente:

An einem Basisträger 14 sind im Abstand b von der Symmetrieachse eines geeigneten opto-elektronischen Meßsystems 13 eine einen parallelen Lichtstrahl aussendende optische Markiereinrichtung 15 drehbar mit einem Winkelmeß- und Abtriebssystem 16 und im Abstand c eine parallel zur Verschieberichtung des Biegestempels 5 angeordnete Führungsstange 25 biegesteif verbunden.

An der Führungsstange 25 ist ein Führungssystem 26 so angeordnet, daß das dort angebrachte rollenförmig ausgebildete Längenmeßsystem 8 reibschlüssig an die Profilbezugs-kante 2 angedrückt wird. Das Führungssystem 26 trägt außerdem an einem Hebel 9 eine ebenfalls einen parallelen Lichtstrahl aussendende optische Markiereinrichtung 10, die stets durch geeignete

konstruktive Ausführung in einem konstanten Winkel γ zur Tangente des Berührungspunktes des Wegmeßsystems 8 zur Profilbezugs-kante verbleibt. Ebenso ist für ein anderes Ausführungsbeispiel (Fig. 5) die Anlenkung des Längenmeßsystems 8 mit der optischen Markierungseinrichtung 10 über ein geeignetes Hebelsystem 27 an der Biegemaschine denkbar.

Die Einrichtung 17 ist zur Biegemaschine 6 in einem geeigneten senkrechten Abstand a , der durch die Verbindungslinie der Achsen der Auflager 4 in der Symmetrieachse des Biegestempels 5 und der Drehachse der optischen Markierungseinrichtung 15 gebildet wird, angeordnet. Der Basisträger 14 nimmt zur Verbindungslinie der Auflager 4 einen günstig zu wählenden Winkel δ ein. Die Ermittlung der jeweiligen Istkoordinaten für die Punkte $P_1 \dots P_n$ erfolgt durch das Registrieren der diffus reflektierten durch die optischen Markiereinrichtungen 10 oder 15 auf die Profilbezugs-kante abgebildeten Lichtmarken im Meßsystem 13. Für die Winkel α und β und dem Abstand b in der vorgegebenen Lage der Einrichtung 17 zur Biegemaschine 6 lassen sich durch einfache geometrische Beziehungen die Sollkoordinaten berechnen und mit den jeweiligen Istkoordinaten der aktuellen Biegeschritte bzw. mit den Koordinaten der Gesamtform vergleichen.

Die Steuergröße für den Biegestempel der einzelnen Biegeschritte ist der Winkel α_k zwischen dem Basisträger 14 und dem diffus reflektierten Lichtstrahl 19 (Figur 2). Die optische Markiereinrichtung 15 sendet beim Biegevorgang unter einem konstanten Winkel β_k einen parallelen Lichtstrahl 18 auf die Profilbezugs-kante, die dabei entstehende Lichtmarke wird vom Meßsystem 13 unter dem Winkel α_k registriert. Die Rückfederung wird durch Überbiegen des Profils oder Stabes um einen Rückfederungswinkel kompensiert.

Bei Beginn eines Biegeschrittes (Figur 2) liegt das Längenmeßsystem 8 an der Profilbezugs-kante 2 an. Die optische Markiereinrichtung 15 sendet unter dem Winkel β_k einen parallel gerichteten Lichtstrahl 18 aus. Der Biegevorgang beginnt mit der Bewegung des Biegestempels 5. Während des Biegens wird ständig der Winkel α_k mit dem Meßsystem 13 gemessen und mit dem berechneten Sollwert verglichen. Ist unter Berücksichtigung des Rückfederungswinkels der Sollwert für α_k erreicht, wird der Antrieb des Biegestempels 5 ausgeschaltet. Parallel dazu wird von der optischen Markiereinrichtung 10 ein Lichtstrahl 11 auf die Profilbezugs-kante 2 gesendet. Das Meßsystem 13 registriert den Winkel α_1 durch Erkennen der Lichtmarke mit dem Strahl 12 und der Basis 14 im Punkt P_1 und speichert ihn als Sollwert der Bezugslänge für die Formmessung ab. Diesem Punkt P_1 wird durch das Längensystem 8 eine dem jeweiligen Biegeschritt entsprechende Profillänge zugeordnet. Nach dem Biegevorgang wird eine Formmessung der Profilbezugs-kante 2 (Figur 3) von P_k über P_i bis P_1 durchgeführt, derart, daß zunächst das Profil entlastet und die optische Markiereinrichtung 15 sich kontinuierlich oder in vorgegebenen Winkelintervallen dreht und dabei mit dem Strahl 18 vom Punkt P_k , dem Strahl 20 zum Punkt P_i , der als Beginn des nicht mehr durch den nächsten Biegeschritt verformbaren Bereiches gelten soll, und dem Strahl 22 bis zum Punkt P_1 die jeweils erzeugte Lichtmarke auf der Profilbezugs-kante 2 wandert, und mit Hilfe des Meßsystems 13 die Winkel α_k mit Strahl 19, über α_i und mit Strahl 21 bis α_1 mit Strahl 12 sowie mit der Zuordnung der Winkel β_k über β_i bis β_1 aus dem Winkelmeßsystem 16 der optischen Markiereinrichtung 15 die Koordinaten der Profilkurve $P_k P_1$ berechnet und mit den vorausberechneten Koordinaten der Sollform des Profils verglichen werden. Aus auftretenden Abweichungen der Istform von der Sollform lassen sich Korrekturen im gleichen Biegeschritt nach erneuter Klemmung des Profils bzw. im nächsten Biegeschritt durchführen.

Die Formmeß- und Steuereinrichtung 17 ist an eine zentrale Steuer- und Regeleinheit angeschlossen, so daß für jeden Biegeschritt die beschriebenen Vorgänge ablaufen. Erreicht das Profil innerhalb der Biegemaschine seinen durch das Längensystem 8 angezeigten letzten Biegeschritt, wird die Formmessung vom Punkt P_n (Figur 4) in der gleichen Weise wie in Figur 4 bis P_1 durchgeführt, so daß die gesamte Profilbezugs-kante kontrolliert werden kann.

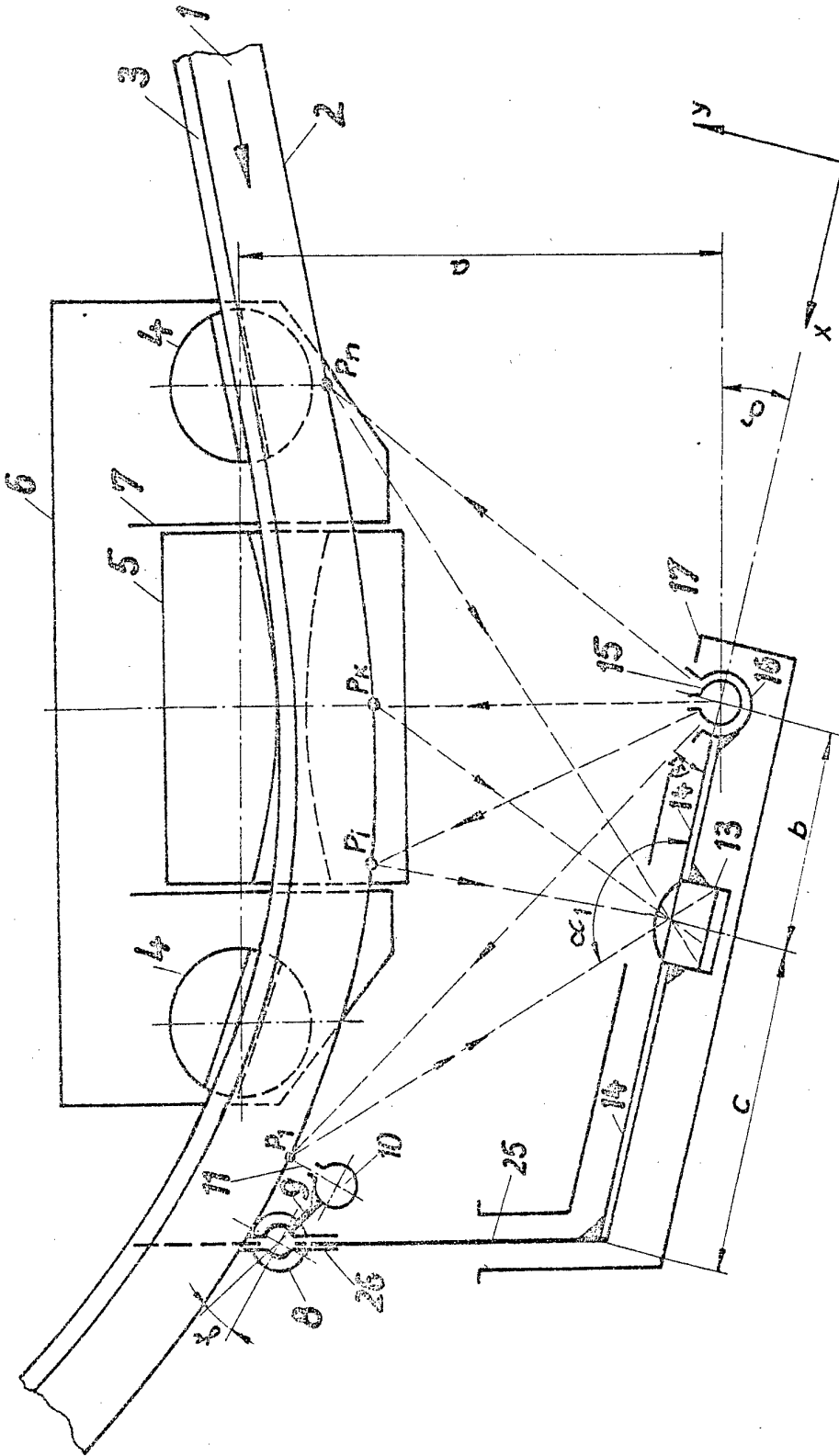


Fig. 1

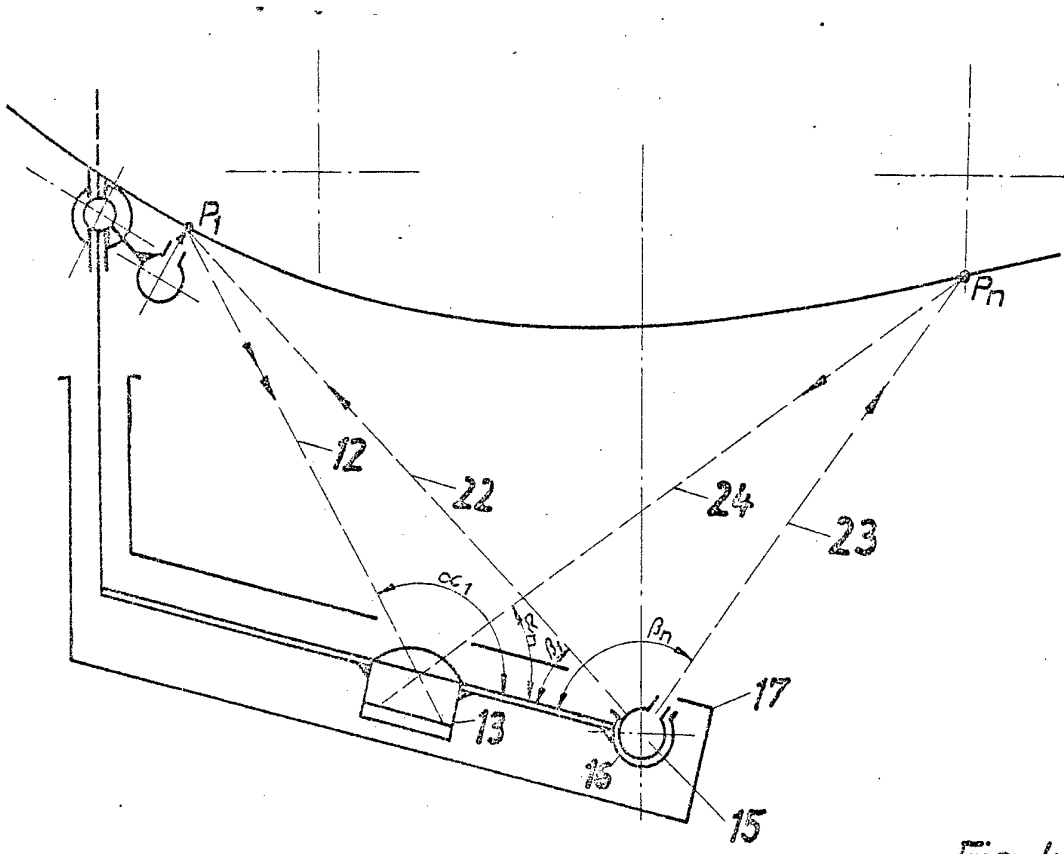


Fig. 4

