

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 908 250 A2

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
14.04.1999 Patentblatt 1999/15

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: **B21C 37/08**

(21) Anmeldenummer: 98118616.6

(22) Anmeldetag: 01.10.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL LT LV MK RO SI**

(72) Erfinder:  
• **Hackfort, Thomas Dipl.-Ing.**  
48683 Ahaus (DE)  
• **Flehmig, Thomas Dr.-Ing.**  
40885 Ratingen (DE)  
• **Blümel, Klaus Dipl.-Ing.**  
46537 Dinslaken (DE)

(30) Priorität: 07.10.1997 DE 19744308

(71) Anmelder: **Thyssen Krupp Stahl AG**  
40211 Düsseldorf (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**  
Patentanwälte  
Kanzlerstrasse 8a  
40472 Düsseldorf (DE)

(54) **Verfahren zum Umformen eines ebenen Metallbandes zu einem Profil, insbesondere Rohr, durch Ziehprofilieren**

(57) Um ein Metallband ohne Längs- und Querdehnung zu einem Profil, insbesondere einem Hohlprofil, wie einem Rohr, umzuformen, wird eine besondere Umformgeometrie auf der Umformstrecke angewendet. Die Umformgeometrie gewährleistet, daß das Band kei-

ner Längs- und Querdehnung unterworfen wird. Deshalb werden die Bandränder - zum Beispiel im Falle einer Rohrherstellung - wellenfrei zur Herstellung einer zu schweißenden Längsnaht zusammengeführt.

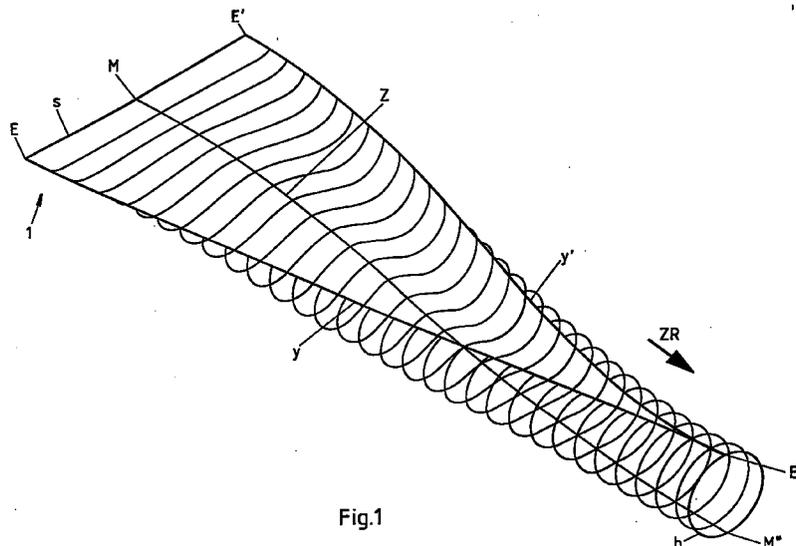


Fig.1

EP 0 908 250 A2

## Beschreibung

[0001] Das Ziehprofilieren ist ein bekanntes Verfahren, das sich vor allem für die Herstellung von Leichtbauprofilen, wie Rohren, eignet. Charakteristisch für das Ziehprofilieren ist, daß eine lineare Relativbewegung zwischen Werkstück und Werkzeug stattfindet. Das Ziehprofilieren kann in einer oder mehreren Verformungsstufen stattfinden. Als Verformungswerkzeuge dienen entweder Matrizen oder Profilierrollenpaare. Sofern Matrizen eingesetzt werden, spricht man vom Gleitziehprofilieren, während man beim Einsatz von Profilierrollen vom Wälzziehprofilieren spricht (Deutsche Normen DIN 8586, April 1971, Seite 3, Bild 9; Technologie der Fertigung von Leichtbauprofilen, Seite 40, Tabelle 2.1, VEB-Verlag für Grundstoffindustrie).

[0002] Eine grundsätzliche Schwierigkeit bei der Herstellung von Rohren aus Bändern mit den bekannten Umformverfahren besteht darin, die Bandkanten für den Schweißvorgang wellenfrei zu führen. Bei einem bekannten Verfahren (DE 3135665 A1), und zwar dem sogenannten Walzziehprofilieren, versucht man diese Forderung dadurch zu erfüllen, daß dem Profil zunächst mit Formrollen eine im wesentlichen herzförmige Form gegeben wird, um dann diesem so versteiften Profil durch eine geeignete Verstellung von Formwalzen eine Biegung zu verleihen, die dazu führt, daß die sich gegenüberliegenden Bandkanten einer sie straffziehenden Zugspannung unterworfen werden und dann ungewollt miteinander verschweißt werden können. Ein solches Walzziehprofilieren erlaubt es aufgrund der erforderlichen Formwalzen aber nicht, auf einer kurzen Bandlänge das Band zu dem gewünschten Profil, zum Beispiel zu einem Rohr, umzuformen. Hinzu kommt, daß die Profilgeometrie bei einem Verfahren mit Formwalzen sehr begrenzt ist.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Umformverfahren zu entwickeln, mit dem auf einer kurzen Umformstrecke sich große Umformungen verwirklichen lassen.

[0004] Diese Aufgabe wird mit einem Verfahren zum Umformen eines ebenen Metallbandes zu einem Profil, insbesondere Rohr, durch Ziehprofilieren gelöst, bei dem das Band auf der Umformstrecke derart stetig fortschreitend verformt wird, daß einerseits seine Längsfasern verschiedene Raumkurven beschreiben, die - gemessen von einer am Anfang der Umformstrecke quer zur Ziehrichtung liegenden Geraden bis zu einer quer zur Ziehrichtung liegenden Ebene am Ende der Umformstrecke - dieselbe Länge haben und andererseits auf der gesamten Länge der Umformstrecke jeder Abschnitt quer zur Ziehrichtung in der Abwicklung ein Rechteck bildet.

[0005] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erreicht man durch die besondere Umformgeometrie, daß keine Dehnungen in Längs- und Querrichtung auftreten. Daraus resultiert, daß die Umformung auf einer vergleichsweise kurzen Strecke erfolgen kann und zum

Beispiel bei einem zu einem Rohr umzuformenden Band die Seitenränder wellenfrei für den Schweißvorgang zusammengeführt werden. Die besondere Umformgeometrie bei der Bandführung ergibt schließlich, daß die umgeformte Stirnseite des Bandes in einer Ebene liegt, die senkrecht zur Achse des fertigen Profils liegt.

[0006] Das erfindungsgemäße Prinzip für die Umformgeometrie läßt sich nach einer Ausgestaltung der Erfindung dadurch verwirklichen, daß das Band zumindest auf einer Teillänge im Querschnitt derart wellig verformt wird, daß es, ausgehend von den Bandrändern, mehr und mehr gerundet wird und diese gerundeten Randbereiche und der gegenüber den Randbereichen zunehmend und dann wieder abnehmend höherversetzte Mittenbereich in dazwischenliegende, zunehmend schmaler werdende Verbindungsbereiche tangential übergehen. Eine solche spezielle Umformgeometrie ist besonders für die Herstellung von Rohren geeignet. Sofern ein Rohr geformt werden soll, ist es von Vorteil, wenn der Krümmungsradius der gerundeten Randbereiche auf einem ersten Abschnitt der Umformstrecke nach elastischer Rückfederung der Randbereiche dem Endradius des Rohres entspricht. Vorzugsweise sollte  $r \leq 0,875$  des Endradius des Profils sein.

[0007] Obgleich es grundsätzlich möglich wäre, mit massiven Umformwerkzeugen lückenlos in Längsrichtung des Bandes auf das Band umformend einzuwirken, ist nach einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß nur an einigen diskreten, mit Abstand in Ziehrichtung des Bandes voneinander entfernten Orten umformend auf das Band eingewirkt wird. In diesen Fällen sollte vorzugsweise an jedem Ort die gleiche Umformarbeit erbracht werden.

[0008] Die eingangs genannten Bedingungen für das Umformen lassen sich nach einer Ausgestaltung der Erfindung mit einer Geometrie erreichen, bei der der Ort der Bandmitte am Anfang der Umformstrecke um mehr als den Rohrdurchmesser bis zum Ende der Umformstrecke senkrecht zur Bandebene verlagert wird. Vorzugsweise sollte die Umformstrecke mindestens gleich, vorzugsweise größer als der Rohrdurchmesser sein.

[0009] Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert, die am Beispiel der Umformung eines ebenen Bandes zu einem Rohr die Umformgeometrie auf der Umformstrecke zeigt. Im einzelnen zeigen:

50 Figur 1 das Umformprofil des Bandes in der Umformstrecke in isometrischer Darstellung und

55 Figur 2 das Umformprofil des Bandes gemäß Figur 1 in einer zweidimensionalen Projektion auf eine Ebene, die am Ende der Umformstrecke senkrecht zur Ziehrichtung und zur Bandebene liegt.

[0010] Wie die Figuren zeigen wird in der Umformstrecke ein zunächst ebenes Band 1 von seinen Bandkanten  $y$ ,  $y'$  aus gerundet, wobei gleichzeitig in der Bandmitte mit der Bandmittellinie  $Z$  eine Wölbung erzeugt wird. Der Querschnitt des Bandes erhält also einen wellenförmigen Verlauf, der sich in Ziehrichtung ZR verändert und schließlich in den kreisrunden Endquerschnitt  $h$  übergeht.

[0011] Auf einem ersten Abschnitt dieser Umformstrecke werden ausgehend von den Bandkanten  $y$ ,  $y'$  immer breiter werdende Randbereiche  $k_i$  mit einem Krümmungsradius  $r$  gerundet. Das Maß dieses Krümmungsradius  $r$  ist so gewählt, daß es nach Rückfederung des plastisch und elastisch verformten Randbereichs  $k_i$  gleich dem Endradius  $R$  des Rohres ist. Diese Bedingung läßt sich mit  $r \leq 0,875 R$  erfüllen. Die Krümmungsmittelpunkte  $P_i$  der Randbereiche  $k_i$  liegen auf einer Kurve  $v$ .

[0012] Auf der gesamten Umformstrecke gehen die Randbereiche  $k_i$  und die Bereiche in der Bandmitte tangential in Verbindungsbereiche  $w_i$  über. Die Bandmitte liegt jeweils höher als die Scheitel der ihr benachbarten, gerundeten Randbereiche  $k_i$ . Die Breite der Verbindungsbereiche  $w_i$  nehmen in Ziehrichtung ZR allmählich ab, so daß kurz vor Erreichen des Endes der Umformstrecke ein sich aus diesen Zwischenbereichen und dem Bandmittenbereich zusammensetzender, im wesentlichen ebener Bereich  $f_i$  verbleibt, der bei der weiteren Umformung dann bis zum Kreisbogen am Ende der Umformstrecke umgeformt wird. Noch bevor das Ende der Umformstrecke erreicht wird, etwa an der Stelle WG, wo die gekrümmten Randbereiche  $k_i$  in den mehr und mehr geradlinig werdenden Mittenbereich übergehen, wird eine Rückfederung der Randbereiche  $k_i$  zugelassen. Der Krümmungsradius  $r_i$  nimmt also stetig bis zum Wert  $R$  zu.

[0013] Wie die zweidimensionale Projektion der Figur 2 für eine Bandhälfte zeigt, bilden die seitliche Bandkante  $y$ , die Bandmittellinie  $z$  und eine am Anfang der Umformstrecke quer verlaufende Linie  $c$  in der Projektion auf die Ebene senkrecht zur Ziehrichtung ZR und damit auch parallel zur Stirnseite  $h$  ein rechtwinkliges Dreieck mit den Seiten  $a, b, c$ , wobei  $a = \pi \cdot R$ ,  $b = (\pi^2/4 - 1) \cdot R$  und  $c = 2 \cdot R + (\pi^2/4 - 1) \cdot R$  sind. Außerdem ist  $c = b + d = e$ . Teilt man die Raumkurven  $y$  und  $z$  des Bandes 1 in gleichlange Abschnitte, dann ergeben sich in der Projektion auf der Strecke  $c$  die Abschnitte  $x_1, x_2, \dots$  und auf der Strecke  $e$  die Abschnitte  $x_1', x_2'$ . In der Abwicklung ergeben die diesen Abschnitten zugeordneten Streifen Rechtecke. Wie den Figuren weiter Bandkanten  $y, y'$  bis zum Ende der Umformstrecke senkrecht zur Bandachse und Ziehrichtung ZR um das Maß  $b$  zur Position  $E^*$  nach unten versetzt, während der Bandmittelpunkt  $M$  am Anfang der Umformstrecke bis zum Ende der Umformstrecke um das Maß  $e = b + 2R$  nach unten zur Position  $M^*$  versetzt worden ist. Aufgrund dieser über die Raumkurven  $y, y'$  und  $z$  erfolgten Verlagerung der Eckpunkte  $E, E'$  und

des Bandmittelpunktes  $M$  haben die Eckpunkte  $E, E'$  und der Bandmittelpunkt  $M$  auf der Umformstrecke den gleichen Weg zurückgelegt mit dem Ergebnis, daß auf der gesamten Umformstrecke keine Dehnungen in Längs- und Querrichtung des Bandes stattgefunden haben. Mangels dieser Dehnungen werden die Bandkanten zum Scheitelpunkt des Rohres wellenförmig zusammengeführt, wo sie sich unter Bildung einer Längsnaht problemlos verschweißen lassen.

[0014] Das erfindungsgemäße Prinzip der Erhaltung von rechteckigen Abwicklungen für einen jeden Längenabschnitt des umgeformten Bandes auf der Verformungsstrecke läßt sich nicht nur beim Umformen von Bändern zu einem Rohr, sondern auch bei anderen Profilen mit entsprechenden Umformwerkzeugen für das jeweilige Profil verwirklichen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen eines ebenen Metallbandes (1) zu einem Profil, insbesondere einem Rohr, durch Ziehprofilieren, bei dem das Band (1) auf der Umformstrecke derart stetig fortschreitend verformt wird, daß einerseits seine Längsfasern verschiedene Raumkurven beschreiben, die - gemessen von einer am Anfang der Umformstrecke quer zur Ziehrichtung (ZR) liegenden Geraden ( $s$ ) bis zu einer quer zur Ziehrichtung liegenden Ebene am Ende der Umformstrecke - dieselbe Länge haben, und andererseits auf der gesamten Länge der Umformstrecke jeder Abschnitt quer zur Ziehrichtung (ZR) in der Abwicklung ein Rechteck bildet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Band (1) zumindest auf einer Teillänge im Querschnitt derart wellig verformt wird, daß es, ausgehend von den Bandrändern ( $y, y'$ ) mehr und mehr gerundet und diese gerundeten Randbereiche ( $k_i$ ) und der gegenüber den Randbereichen ( $k_i$ ) zunehmend und dann wieder abnehmend höherversetzte Mittenbereich in dazwischenliegende, zunehmend schmaler werdende Verbindungsbereiche ( $w_i$ ) tangential übergehen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Krümmungsradius ( $r_i$ ) der gerundeten Randbereiche ( $k_i$ ) nach elastischer Rückfederung dem Endradius ( $R$ ) des Profils entspricht.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Krümmungsradius ( $r_i$ ) der gerundeten Randbereiche ( $k_i$ )  $\leq 0,875$  des Endradius ( $R$ ) ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß an mit Abstand in

Ziehrichtung (ZR) des Bandes (1) voneinander entfernten Orten die gleiche Umformarbeit erbracht wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, 5  
**dadurch gekennzeichnet**, daß beim Umformen der Ort (M) der Bandmitte am Anfang der Umformstrecke um mehr als den doppelten Endradius (R) des Profils bis zum Ende der Umformstrecke quer zur Ziehrichtung (ZR) in Richtung der Rundung verlagert wird. 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet**, daß die Länge der Umformstrecke mindestens gleich dem doppelten Endradius (R) des Profils ist. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

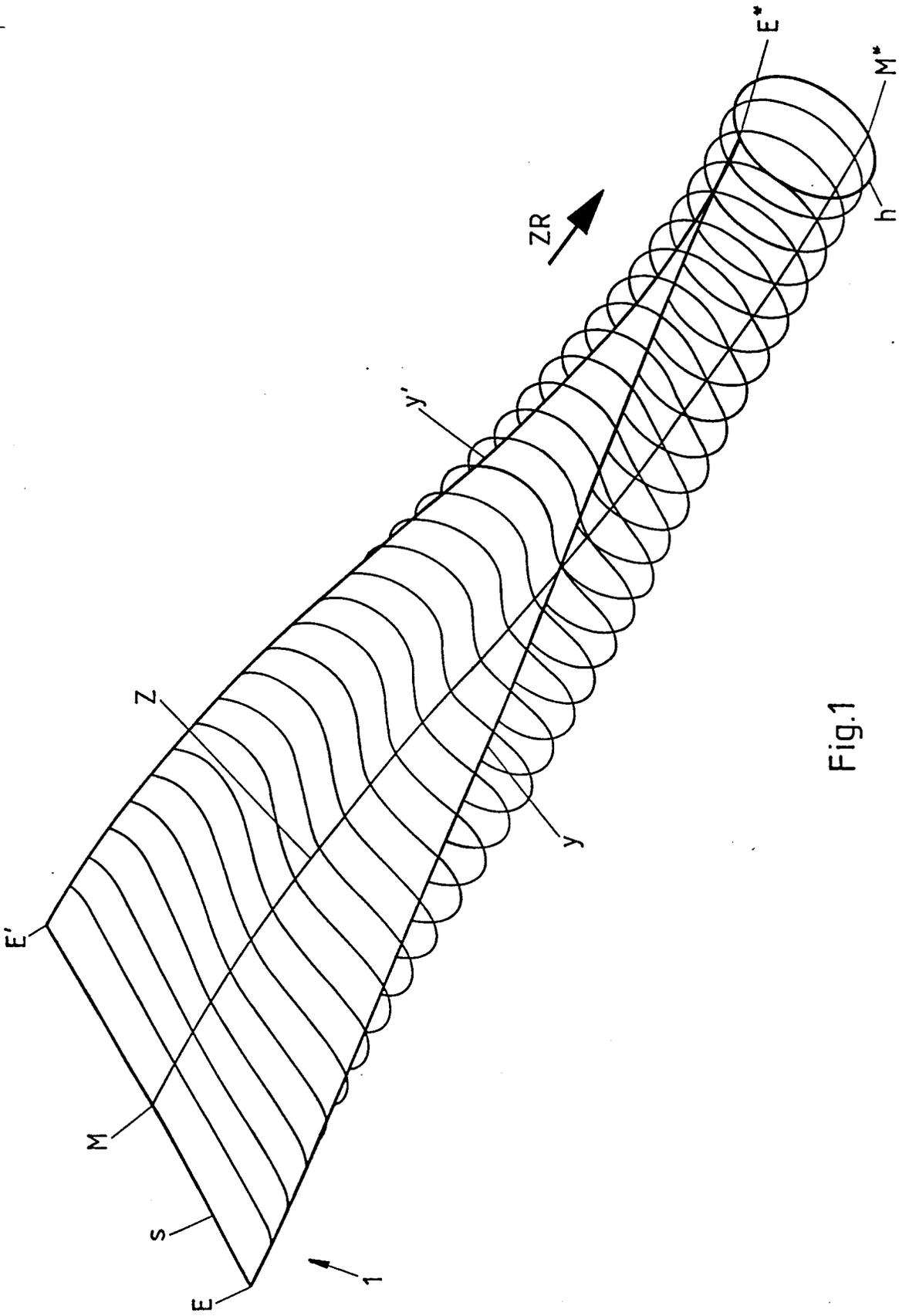


Fig.1

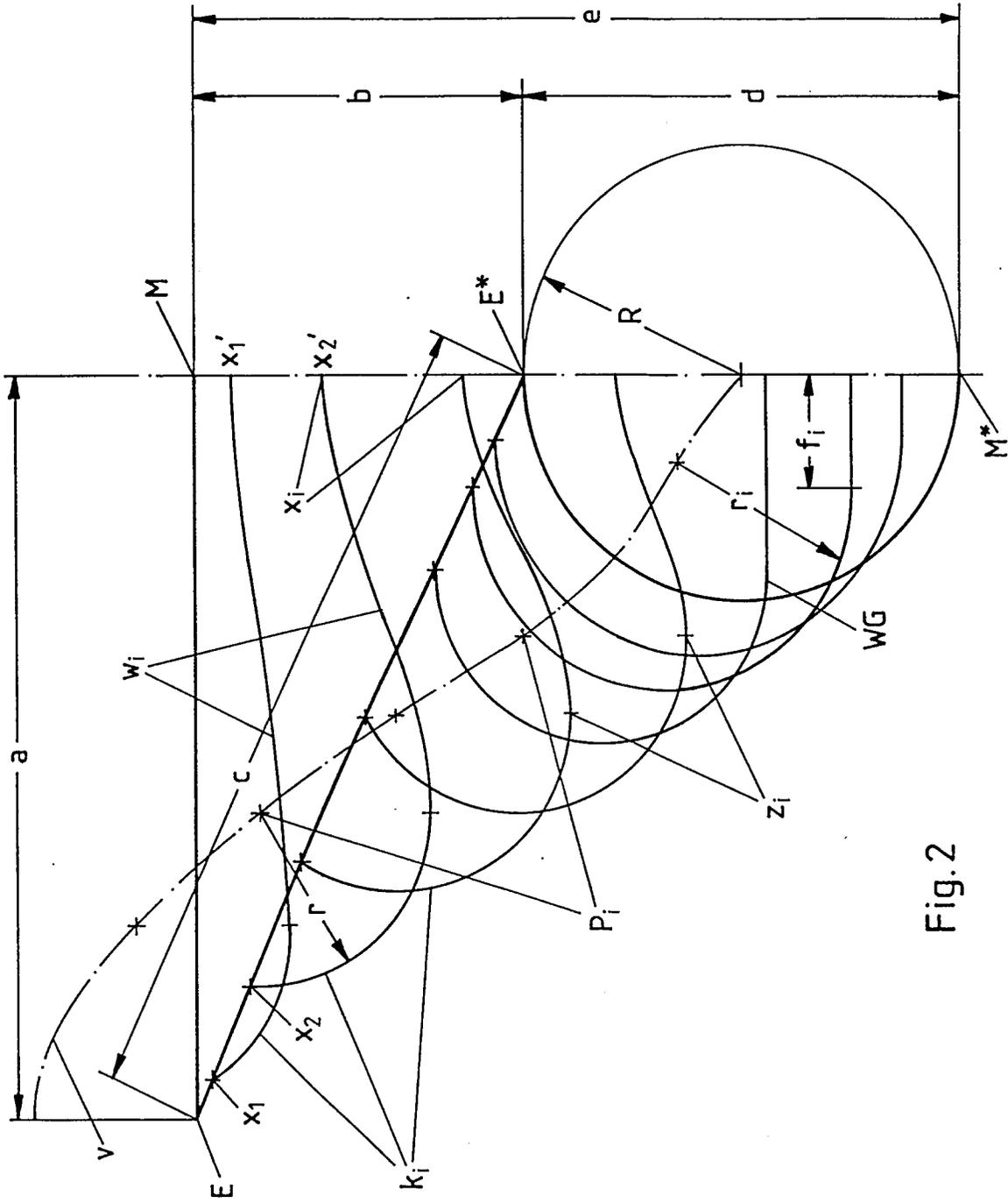


Fig.2