

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Veröffentlichungsnummer:

0 291 766
A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21)

Anmeldenummer: 88107165.8

(51)

Int. Cl. 4: **B22D 11/12**

(22)

Anmeldetag: 04.05.88

(30)

Priorität: 16.05.87 DE 3716510

(43)

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.11.88 Patentblatt 88/47

(64)

Benannte Vertragsstaaten:
AT DE FR GB IT SE

(71)

Anmelder: **DEUTSCHE VOEST-ALPINE**
INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH
Neusser Strasse 111
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

(72)

Erfinder: **Bollig, Georg, Dr.**
Roonstrasse 8
D-4150 Krefeld(DE)
Erfinder: **Maschlanka, Walter, Dr.**
Zeppelinstrasse 2
D-7560 Gaggenau(DE)
Erfinder: **Feichtner, Hanns, Dipl.-Ing.**
Mühlenbergweg 18
D-4000 Düsseldorf 12(DE)

(74)

Vertreter: **Pfenning, Meinig & Partner**
Mozartstrasse 17
D-8000 München 2(DE)

(54)

Vorrichtung zum Richten eines bogenförmigen gegossenen Stahlstranges.

(57) Es wird eine Vorrichtung zum Richten eines bogenförmig, mittels einer Gießrad-Einrichtung oder einer Bogenstrangguß-Einrichtung kontinuierlich gegossenen Stahlstranges beschrieben. Der Strang wird zwischen Richtstellen mit Rollen, wie Richt-, Biege-, Führungs-, Gegenrollen und/oder entsprechenden Rollenpaaren, nach einer bestimmten Gesetzmäßigkeit geführt, wobei mindestens zwei, auf den Strang im Abstand voneinander, Biegemomente übertragende Rollenpaare vorgesehen sind. Das erste Rollenpaar, ist gleichzeitig das in Bewegungsrichtung des Stranges unmittelbar hinter der Austrittsstelle des Stranges aus der Gieß-Einrichtung liegende Rollenpaar bzw. wird vom Gießrad (der Bogenkokille) und einer zugehörigen Richtrolle gebildet. Das zweite Rollenpaar bestimmt den Übergang des Stranges von einem noch endlichen Krümmungsradius in eine Gerade (Krümmungsradius unendlich) am Ende der Biegezone. Zwischen diesen beiden Rollenpaaren können weitere Rollen ausschließlich entlang der Außenseite des Stranges lokalisiert sein.

EP 0 291 766 A2

Vorrichtung zum Richten eines bogenförmigen gegossenen Stahlstranges.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Richten eines bogenförmig, mittels einer Gießrad-Einrichtung oder einer Bogenstrangguß-Einrichtung kontinuierlich gegossenen Stahlstranges nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Die Verformung von Festkörpern, ihre Deformation und damit auch ihr Biegeverhalten sind mathematisch erfaßbar exakt nur im Gültigkeitsbereich des Hookeschen Gesetzes. Voraussetzung hierfür ist, daß ein praktisch ideal elastisches Verhalten des Körpers vorliegt, wofür wiederum Bedingung ist, daß die Hysteresekurve des elastischen Materials einen gegen Null gehenden oder in der Nähe von Null liegenden Flächeninhalt aufweist. Damit gilt auch für elastische Festkörper das Hookesche Gesetz nur im Bereich kleiner Kräfte und entsprechend kleiner Auslenkungen. Bei größer werdenden Auslenkungen im quasi elastischen Bereich sind zur mathematischen Erfassung des Materialverhaltens schon erhebliche Substitutionen und auf den jeweiligen Fall beschränkte Randbedingungen zu berücksichtigen; will man hier noch die Gültigkeit des Hookeschen Gesetzes begrenzt anwenden. Bei noch größeren Deformationen bzw. Kraftbeaufschlagungen im Fließbereich gelten die Gesetze der Festkörperphysik nicht mehr. Hier können, wenn auch nur unzulänglich, und wieder bei Vorgabe spezieller Randbedingungen, nur noch Kenntnisse und mathematische Verknüpfung aus der Physik der flüssigen Kontinua Anwendung finden. Der plastische Bereich, unmittelbar vor dem Bruch des Festkörpers, ist für die üblicherweise auftretenden praktischen Probleme der Technik nur noch empirisch zu erfassen.

Noch unübersichtlicher liegen die Verhältnisse im Strang guß, speziell im Bogenstrangguß, da hier im allgemeinen Biegekräfte auf ein Strangmaterial auszuüben sind, welches entlang seiner äußeren erstarrten Haut durchaus elastische Eigenschaften aufweisen kann, während es zumindest in seinem inneren Bereich noch den Gesetzen der Verformung von Flüssigkeiten unterliegt, und in den Übergangsbereichen zwischen Festkörper- und Flüssigkeitsverhalten plastische und/oder quasi plastische, aber auch quasi elastische Verhaltensweisen zeigt.

Bei Stranggießanlagen mit Senkrechtbiegeanordnung, bei der der aus der Kokille senkrecht austretende Strang im vertikalen Lauf gekühlt wird, bis er vollständig erstarrt ist, kann die für die Berechnung der Bahn des Stranges und damit die erforderliche Anordnung der Biegerollen und Richtrollen anwendbare Gesetzmäßigkeit noch weitgehend aus dem Hookeschen Gesetz vorgegeben werden, weil hier mittels relativ geringer Kräfte bei den gegebenen großen Biegeradien nur geringe Deformationen vorzunehmen sind, und zwar auf ein Strangmaterial, welches bereits weitgehend elastische Eigenschaften aufweist.

Insbesondere bei Gießrädern, aber auch bei bestimmten Bogenkokillen mit kleinem Bogenradius ist die Berechnung einer idealen Bogenführung innerhalb der Biegezone bis hin zum gerade gerichteten Strang jedoch schwieriger. Es wird bei hinlänglich elastischer Verhaltensweise des Stranges für die Berechnung der Bogenführung auf Gesetzmäßigkeiten zurückgegriffen, die aus der Belastung eines einseitig eingespannten Balkens, aber auch der gleichmäßigen Belastung des zweiseitig fixierten Balkens bekannt sind. Entsprechend der letztgenannten beiden Grenzfälle werden dann in der Praxis für die Anordnung von Richt- und Biegerollen sowie gegebenenfalls entsprechenden Gegenrollen auch Verhältnisse geschaffen, die sich an diese beiden mathematischen Modellversuche weitgehend anlehnen.

Hierbei ist es für das Geraderichten von Stranggußmaterial beim Gießen von Stahl mittels eines Gießrades bisher nur bekannt, Biege- und Richtrollen in Anlehnung an das Modell des einseitig eingespannten Balkens hinsichtlich ihres auf den Strang auszuübenden Biegemomentes zu berechnen.

Bei der Strangführung für eine Stranggieß-Anlage zum kontinuierlichen Gießen von Stahl mit Rollen zum Stützen und Führen sowie mit kraftübertragenden Rollenpaaren zum Umlenken des nach unten aus der Kokille austretenden Stranges in die Horizontale ist es jedoch auch schon bekannt, mindestens zwei Biegemomente auf den Strang durch im Abstand zueinander angeordnete Rollenpaare zu übertragen (DE-AS 23 41 563). Diese bekannte Ausführungsform kennzeichnet sich im Bereich der Biegezone durch eine Vielzahl von den Strang zwischen sich zwangsführenden Rollen, so daß die von den genannten Rollenpaaren in den Strang eingeleiteten Drehmomente nicht zum freien Biegen zwischen diesen führen können, sondern vielmehr die Zwangsführung durch die Vielzahl der dazwischen liegenden Rollenpaare eine unausweichlich vorgeschriebene Biegekurve definiert, dergestalt, daß die von den Biege- bzw. Richtrollen im Bereich der Übergangskurve hervorgerufene Dehnungs-änderung des Stranges im Maximum ihres bei Null beginnenden und endenden sprungstellenfreien Verlaufes den Wert von 0,0025 %/mm beim Biegen und 0,0030 %/mm beim Richten nicht überschreitet.

Bei allen bekannten Strangführungen wird in der Biegezone für den Fall, daß das Biegen und Richten an einem Strang vorgenommen wird, der einen noch flüssigen Kern aufweist, und demgegenüber eine nur verhältnismäßig dünne Strangschale, progressiv gerichtet, wobei der Krümmungsradius in mehreren Stufen

jeweils allmählich vergrößert wird. Da es beim Beigen und Richten auf den Verlauf der Dehnungsänderung ankommt, die beim Überschreiten empirisch ermittelbarer Maximalwerte zu Rissen führt, was insbesondere auch darauf zurückzuführen ist, daß bei Stahl in der Übergangsphase von seinem flüssigen in den festen Aggregatzustand der Verformungswiderstand abhängig ist von der Verformungsgeschwindigkeit, ist damit
5 zumindest von der Problemstellung her ein mathematischer Ansatz möglich.

Von der Möglichkeit der Vorausberechnung einer optimalen Biegekurve innerhalb der Biegezone hergesehen, wird allerdings eine Berechenbarkeit noch verworrener, wenn der gegossene Strang in hohen Temperaturbereichen etwa über 1000°C , also dort, wo auch die erstarrende Außenhaut des Stranges noch nicht definiert von einem quasi plastischen in einen quasi elastischen Zustand übergeht, bei kleinem
10 Radium zu richten ist. Richtstrecken in derart hohen Temperaturbereichen und in einem so frühen Zustand des Stranggusses sind beispielsweise gegeben, wenn eine Gießrad-Einrichtung oder eine Strangguß-Anlage mit bogenförmiger Kokille im Direktverbund mit einem Walzwerk betrieben werden soll, bei energetischer Minimierung des Verfahrensablaufes. Hierfür ist es erforderlich, daß die Temperatur des gegossenen Stranges so hoch wie möglich gehalten werden muß, andererseits sind bei zu hohen Temperaturen
15 definierte Verarbeitungsmöglichkeiten praktisch kaum einzuhalten. Das bezüglich seines Spannungsverhaltens undefinierte Strangmaterial beginnt in diesen Bereichen schon bei geringfügiger Spannungsbelastung zu fließen und sich dabei eher wie eine inkompressible Flüssigkeit zu verhalten als ein den Gesetzen der Mechanik der starren Kontinua unterliegender Festkörper.

Wendet man auf einen bogenförmig gegossenen Stahlstrang in dem hier interessierenden Temperaturbereich die bisher üblichen Richtverfahren unter Einsatz von Biegerollen, Richtrollen und Gegenrollen an, dann ist zu erkennen, daß das weiche Strangmaterial bereits deutlich vor der Anordnung der Richtrolle in einem Maße zu fließen beginnt, daß es in diesem Bereich sichtbar durchsackt und damit statt der allmählichen Vergrößerung des Biegeradius sogar gegenüber der Anfangsbiegung stärker werdende Biegeabschnitte zu verzeichnen sind. Die damit bei den bisher üblichen geometrischen Auslegungen
25 innerhalb einer Biegezone, bei welcher der Biegeradius tangential in die Ausfördergerade übergeht, angenommenen Bedingungen, bedürfen somit der Verbesserung. Wenn sich der genannte Kreisbogenteilkreis vor der Richtrolle derart abflacht, daß unter der Biegerolle, dort wo in an sich bekannter Weise Ausförderrollen vorgesehen werden können, eine die Spannungsverhältnisse im Strang ungünstig beeinflussende Doppelbiegung oder auch Überbiegung des Stranges beobachtet werden, muß oder sollte von der
30 bisher bekannten Lehre zum technischen Handeln abgewichen werden. Zusätzliche Überbiegungen führen zwangsläufig zu einer erheblichen Erhöhung der Gefahr der Ribildung und damit zu geminderter Qualität.

Hier setzt die vorliegende Erfindung ein, der die Aufgabe zugrunde liegt, für ein Verfahren der gattungsgemäßen Art den bogenförmig gegossenen Strang so zu führen, daß Doppelbiegungen vermieden werden, wobei für den Hochtemperaturstrang auf eine Minimierung der Fließgeschwindigkeit und der
35 ausgeübten Spannungen zu achten ist.

Die Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale erreicht.

Vorteilhafte Weiterbildungen und ausgestaltungen dieser Aufgabenlösung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Da bei den hier interessierenden hohen Temperaturbereichen, bei denen das Richten des bogenförmig gegossenen Stranges erfolgt, die Fließgeschwindigkeit praktisch über die gesamte Richtstrecke konstant ist, ist es besonders vorteilhaft, jeweils nur und ausschließlich am Anfang und am Ende der Richtstrecke ein Biegemoment auf den Strang auszuüben, und zwar unmittelbar hinter der Austrittsstelle des Stranges aus der Gießeinrichtung zum einen, und dort wo der Strang von einem noch endlichen Krümmungsradius in
45 eine Gerade übergeht. Hierbei können je nach Anwendungsfall im Bereich der Richtstrecke zwischen diesen beiden, beispielsweise durch Rollenpaare definierbaren Biegemomenten weitere ausschließlich entlang der Außenseite des Stranges vorgesehene Führungsrollen in Stellung gebracht sein, die ihrerseits jedoch nicht in unmittelbaren kraftschlüssigen Eingriff mit dem Strang selbst gelangen.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen soll die vorliegende Erfindung weiter erläutert werden und insbesondere auch ein Ausführungsbeispiel für eine in gleichlange Abschnitte unterteilte Richtstrecke
50 gegeben werden.

Es zeigen:

Figur 1 die schematische Darstellung eines Gießrades mit Ist-/Soll-Biegeverlauf der Richtstrecke

Figur 2 eine Darstellung gemäß Figur 1, zur Verdeutlichung der zu vermeidenden Doppelbiegungen

55 Figur 3 und Figur 4 Darstellungen zur Berechnung von Biegeradien bei Vorgabe zweier Biegemomente (Kräftepaare)

Figur 5 eine weitere schematische Darstellung für das in der Beschreibung angegebenen Rechenbeispiels

Bei den schematischen Darstellungen von Figur 1 und 2 handelt es sich um eine Vorrichtung zum Richten eines mittels eines Gießrades 1 durch den kontinuierlichen Zufluß von flüssigem Stahl in Pfeilrichtung 2 hergestellten Stranges 5, 6. Der das Gießrad 1 verlassende Strang entlang der durchgezeichneten Linie 6, soll den Ist-Verlauf desselben zwischen dem Gießrad 1, welches hier die Funktion der sonst üblichen Gegenrollen übernimmt, und der Richtrolle 3 einerseits, wie der Biegerolle 4 andererseits andeuten. Demgegenüber zeigt die strichpunktierte Linie 5 einen Strangverlauf, der sich infolge des vorhandenen ferrostatischen Druckes durch das bei den hier interessierenden Temperaturen vorgegebene plastische Verhalten ergäbe, wenn keine Korrektur über die Richt-, Gegendruck- und Biegerollen vorgenommen würde.

Der ferrostatische Druck, und damit das Fließen des Stranges über die gesamte Richtstrecke führt, wie in Figur 2 weiter ausgeführt ist, zu dem in der Fachwelt bekannten Doppelbiegen des Stranges 6, was über einen weiteren Ausförderrollengang 7 ausgeglichen werden soll, ohne daß die durch das Überbiegen entstandenen zusätzlichen Risse im quasi festen Strangmantel vermieden werden können.

Figur 3 zeigt schematisch das hier erfindungsgemäß angewandte Biegeverfahren, bei dem bei den hier vorliegenden sehr hohen Temperaturen des das Gießrad verlassenden Stranges die Fließgeschwindigkeit eine Funktion der Biegespannung ist, bei praktisch konstanter Fließgeschwindigkeit als Folge des konstanten Biegemomentes zwischen den Rollenpaaren, Gegenrolle 1' (= Gießrad) und Richtrolle 3 einerseits sowie dem Biegerollenpaar 4, 4' andererseits repräsentiert, durch die Kräftepaare Q_1, Q_2 sowie Q_4 und Q_3 . Die Länge L zwischen den Kräftepaaren, die die Biegezone begrenzen, ist hier als Länge der Richtstrecke a angegeben. Kennzeichnend für die Länge a ist somit infolge des bzw. der durch die Kräftepaare aufgebauten Biegemomentes (Beigemente) neben der konstanten Biegespannung, das vorhandene konstante Fließverhalten. Ein konstantes Fließverhalten über die Länge a führt wie Figur 4 schematisch zeigt, entlang der inneren Seele des zu richtenden Stranges zu einer konstanten Dehnung, und entlang der äußeren Seele zu konstanter Stauchung entlang der Richtstrecke während die neutrale innere Seele oder Faser, in bekannter Weise, weder eine Stauchung noch Dehnung durch den Richtvorgang erfährt.

In Figur 4 sind die Innenseele oder -faser mit s_i , die Außenseele bzw. -faser mit s_a und die neutrale Faser mit a bezeichnet, der Gießradius ist R_m , die Dicke des Stranges zwischen den Pfeilen d_1 und d_2 ist D in Krümmungsrichtung.

Aus der über die ganze Länge a konstanten Dehnung läßt sich die diesem Richtverfahren entsprechende Biegelinie zumindest näherungsweise bestimmen. Dabei kann so vorgegangen werden, dass zuerst die beim Richten auftretende Gesamtdehnung bzw. Stauchung Δs der Innen- und Aussenfaser aus dem Gießradius R_m und der Strangdicke D bestimmt wird, die dann gemäß der Bedingung konstanter Fließgeschwindigkeit in q gleichen Teilwerten, q gleichen Teillängen der Biegezonenlänge a zugeordnet wird, wonach sich aus dieser Zuordnung der Radius am Ende jeder Teillänge berechnen lässt, was erlaubt, die Biegelinie schrittweise geometrisch aufzubauen.

Die Ableitung der Gleichung zur Bestimmung des Radius am Ende jeder Teillänge beginnt also wie folgt:

(Bezeichnungen siehe Fig. 4)

Die Innen- bzw. Aussenfaserlänge vor dem Richten ist

$$I) \quad s_{i,a} = a' \frac{R_m + \frac{D}{2}}{R_m}$$

Nach dem Richten sind Innenfaserlänge, Aussenfaserlänge und Mittelfaserlänge gleich

$$II \quad s_i' = s_a' = a' = a$$

Aus I und II folgt für die Innenfaser (und dem Betrag nach gleich für die Aussenfaser) die Gesamtdehnung

$$III \quad \Delta s_i = a - s_i = a - a \frac{R_m + \frac{D}{2}}{R_m} = a \frac{\frac{D}{2}}{R_m}$$

Betrachtet man nun einzelne Teilstücke der Biegezone, in dem man die Länge a in q gleiche Abschnitte

aufteilt, die mit $A_1, A_2, \dots, A_n, \dots, A_q$ bezeichnet werden, (wobei A_n ein beliebiges Teilstück mit einem ganzzahligen Index zwischen 1 und q kennzeichnet), so hat jeder Abschnitt A_n die Länge $\frac{a}{q}$.

Teilt man nun den Strang innerhalb der Biegezone gleichfalls in q Teilstücke mit der Länge $\frac{a}{q}$ und betrachtet man z. B. die Innenfaser eines Teilstücks, so wird diese beim Durchlaufen der ganzen Biegezone um die Grösse $\frac{1}{q} \cdot \Delta S_i$ gedehnt, innerhalb eines Abschnitts A_n jedoch nur um die Grösse

IV

$$\Delta S_n = \frac{1}{q} \times \left(\frac{1}{q} \times \Delta S_i \right) = \frac{1}{q^2} \times \Delta S_i$$

10

Setzt man nun in diese Beziehung den Wert für ΔS_i gemäss III ein, so ergibt sich

15

$$V \quad \Delta S_n = \frac{\Delta S_i}{q^2} = \frac{a \cdot \frac{D}{2}}{q^2 \cdot R_n}$$

20

Dies ist die Dehnung der Innenfaser eines Teilstücks beim Durchlaufen einer Teillänge als Funktion bekannter und gewählter Grössen.

Diese Dehnung der Innenfaser eines Teilstücks beim Durchlaufen einer Teillänge lässt sich aber auch mit den (gesuchten) Radien am Ende der Teillängen darstellen:

25

Die Länge der Innenfaser eines Teilstücks mit der Länge $\frac{a}{q}$ vor dem Richten im Abschnitt A_n ist

VI

$$S_{i,n-1} = \frac{a}{q} \left(1 - \frac{D/2}{R_{n-1}} \right)$$

30

und die Länge der Innenfaser desselben Teilstücks nach dem Richten im Abschnitt A_n ist

35

VII

$$S_{i,n} = \frac{a}{q} \left(1 - \frac{D/2}{R_n} \right)$$

40

Die Dehnung ΔS_n eines Teilstücks pro Abschnitt ist also

VIII

$$45 \quad \Delta S_n = S_{i,n} - S_{i,n-1} = \frac{a}{q} \left(\frac{D/2}{R_{n-1}} - \frac{D/2}{R_n} \right)$$

Diese Beziehung lässt sich nach R_n , also dem Radius am Ende einer Teillänge auflösen

50

IX

$$R_n = \frac{R_{n-1}}{1 - \frac{q \times \Delta S_n \times R_{n-1}}{a \times D/2}}$$

55

Setzt man in diese Beziehung nun den Wert für ΔS_n gemäss Σ ein, so ergibt sich

$$R_n = \frac{R_{n-1}}{1 - \frac{R_{n-1}}{q \cdot R_m}}$$

also die gesuchte Beziehung für den Radius am Ende einer Teillänge als Funktion des Giessradius, der gewählten Anzahl von Teillängen und des Radius am Ende der vorherigen Teillänge

Beginnend mit dem Giessradius $R_m = R_{n-1}$ für das erste Teilstück A_1 , lassen sich mit dieser Beziehung für die Biegelinie mit konstanter Dehngeschwindigkeit für jeweils das Ende der Abschnitte A_1 bis A_q die Krümmungsradien R_1 bis R_q exakt berechnen.

Aus diesen Krümmungsradien kann dann die Biegelinie zumindest graphisch näherungsweise dargestellt werden, wobei die Genauigkeit umso grösser wird, je kürzer die Länge der Abschnitte A_1 bis A_q ist, d.h., je grösser q gewählt wird (q muss dabei grösser als 1 gewählt werden, denn für $q = 1$ ergibt sich kein Zwischenwert, sondern nur der Krümmungsradius ∞ am Ende der Biegezone).

Beachtenswert ist, dass in der Beziehung Σ keine Werte für die Dehnung, die Fliessgeschwindigkeit und Strangdicke enthalten sind, was heisst, dass es für einen Giessradius R_m und eine Biegezonenlänge a , nur eine Biegelinie für konstante Fliessgeschwindigkeiten in der Biegezone gibt, die für alle Giessgeschwindigkeiten und Strangdicken gültig ist.

Als Beispiel für die Berechnung der Krümmungsradien einer Biegelinie wird ein Gießrad, wie in Fig. 5 dargestellt, mit einem Gießradius von $R_m = 1500$ mm und einer Länge der Biegezone von $a = 1500$ mm gewählt. Für die Berechnung der Krümmungsradien wird die Länge der Biegezone in $q =$ sechs Abschnitte unterteilt; vergleiche auch Fig. 6.

Die Berechnung ergibt sich dann:

$$R_1 = \frac{R_m}{1 - \frac{R_m}{q \cdot R_m}} = \frac{1500}{1 - \frac{1500}{6 \times 1500}} = 1800 \text{ mm}$$

$$R_2 = \frac{R_1}{1 - \frac{R_1}{q \cdot R_m}} = \frac{1800}{1 - \frac{1800}{6 \times 1500}} = 2250 \text{ mm}$$

$$R_3 = \frac{R_2}{1 - \frac{R_2}{q \cdot R_m}} = \frac{2250}{1 - \frac{2250}{6 \times 1500}} = 3000 \text{ mm}$$

$$R_4 = \frac{3000}{1 - \frac{3000}{6 \times 1500}} = 4500 \text{ mm}$$

$$R_5 = \frac{4500}{1 - \frac{4500}{6 \times 1500}} = 9000 \text{ mm}$$

$$R_6 = \frac{9000}{1 - \frac{9000}{6 \times 1500}} = \infty$$

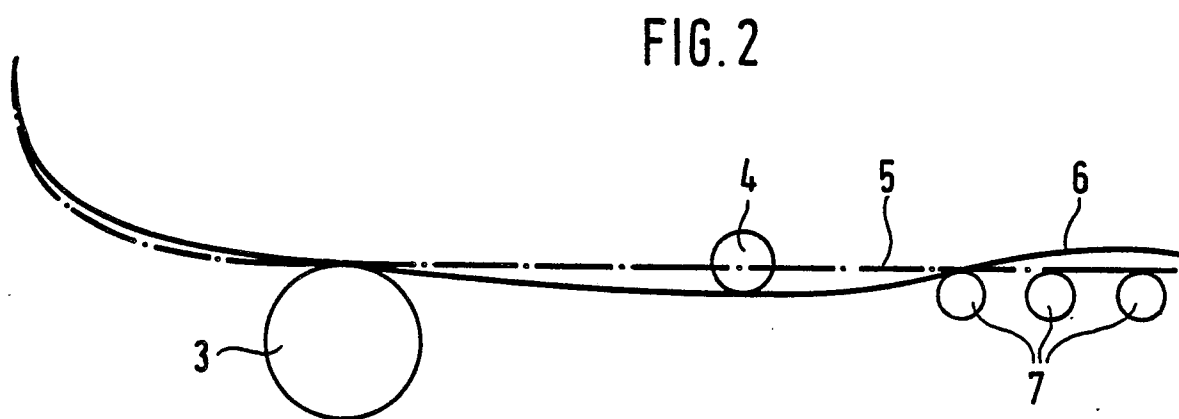
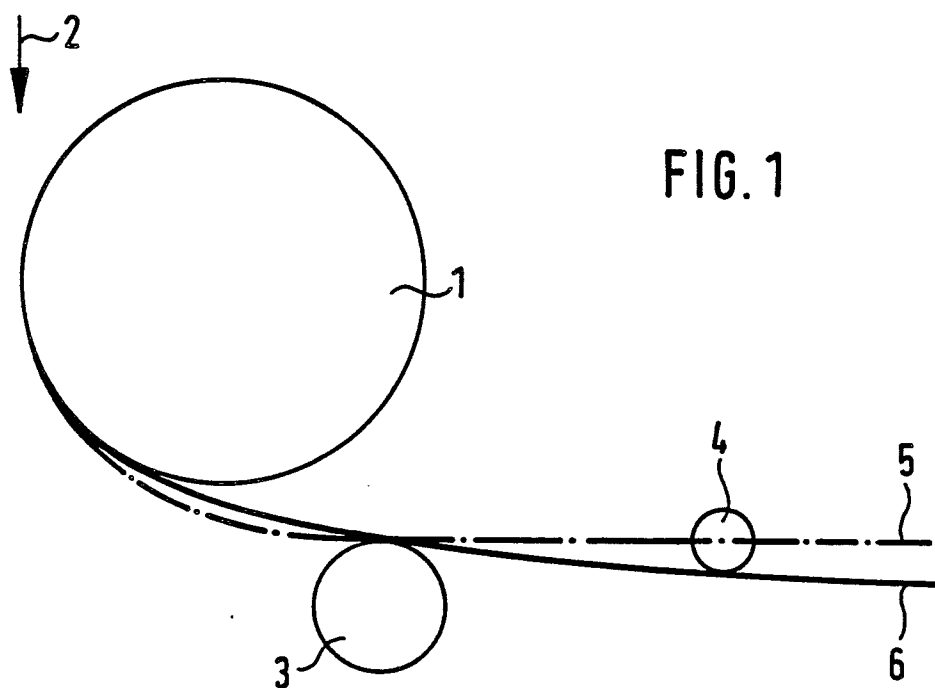
Wird also ein Gießrad mit den geometrischen Daten, gemäß vorstehender Rechnung für diese Biegezone konstruiert, so wird der Strang zwischen Rolle 2 und Rolle 3 ohne jegliche Überbiegung mit konstanter Dehngeschwindigkeit gerichtet. Hierbei werden lokale Spannungsspitzen, wie sie beim Richten über eine oder mehrere Richtrollen stattfinden, vermieden, was die Gefahr von Rißbildungen auf ein Minimum reduziert.

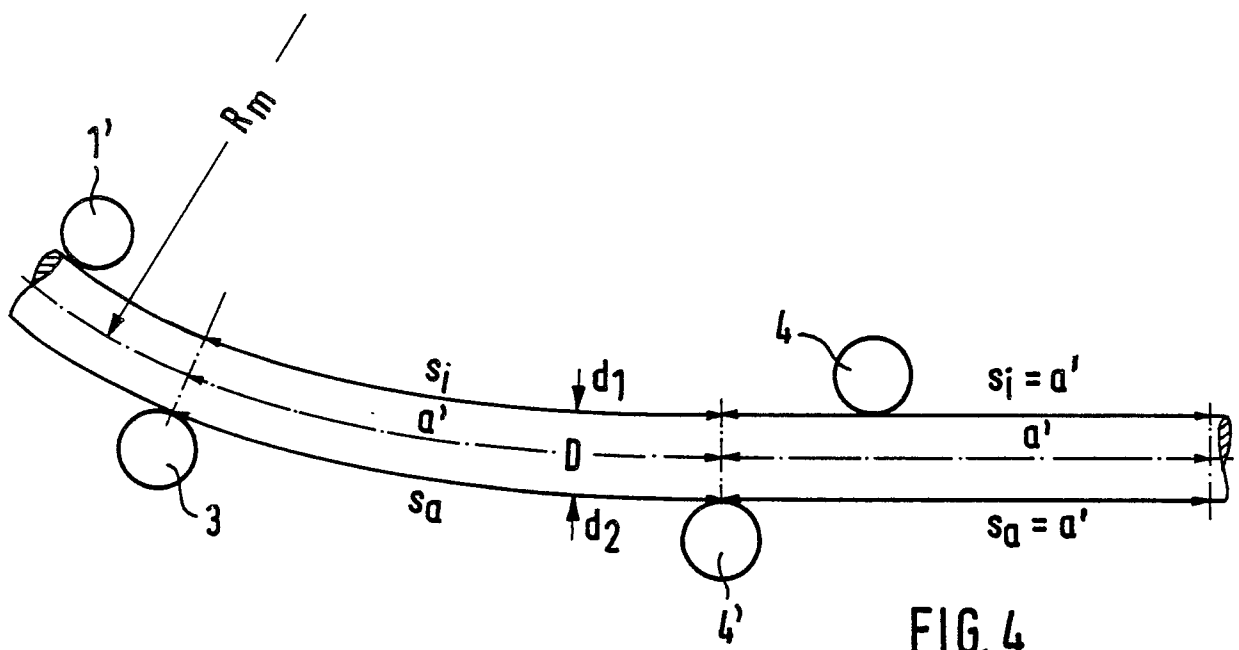
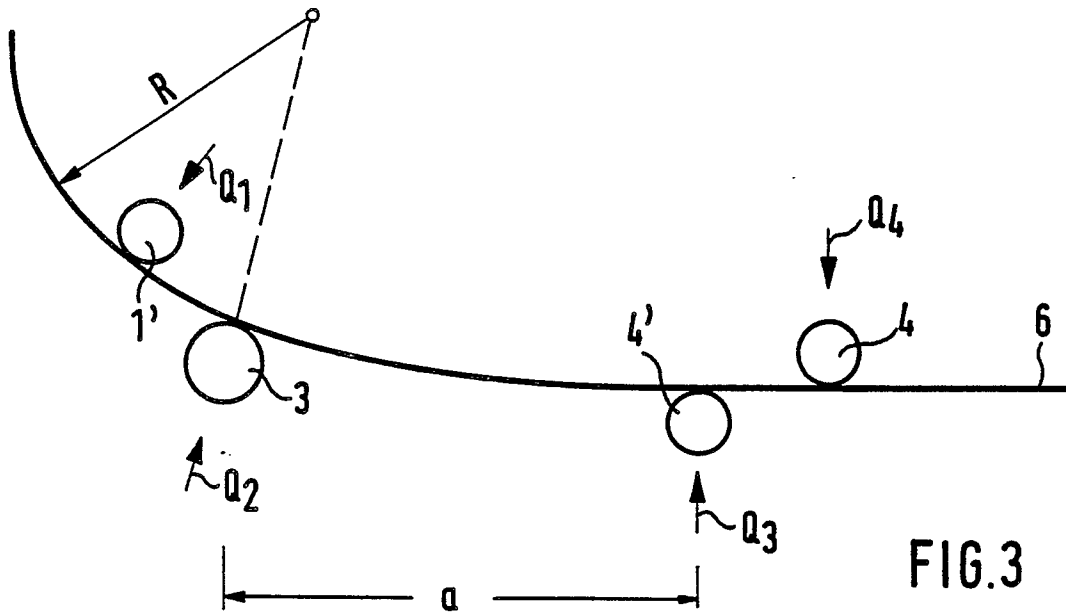
Ansprüche

Vorrichtung zum Richten eines bogenförmig, mittels einer Gießrad-Einrichtung oder einer Bogenstrangguß-Einrichtung kontinuierlich gegossenen Stahlstranges, bei der der Strang zwischen einer kreisbogenförmigen, die Gieß-Einrichtung verlassenden Konfiguration und einer gradlinig gerichteten Ausbildung von mehreren Richtstellen mit Rollen, wie Richt-, Biege-, Führungs-, Gegenrollen und/oder entsprechenden Rollenpaaren, geführt ist, wobei mindestens zwei auf den Strang Biegemomente auftragende Rollenpaare vorgesehen sind, dadurch **gekennzeichnet**, daß das erste ein Biegemoment übertragende Rollenpaar gleichzeitig das in Bewegungsrichtung des Stranges liegende erste Rollenpaar ist und unmittelbar hinter der Austrittsstelle des Stranges aus der Gieß-Einrichtung liegt bzw. vom Gießrad (der Bogenkokille) selbst und einer zugehörigen Richtrolle gebildet ist, daß das zweite Rollenpaar den Übergang des Stranges von einem noch endlichen Krümmungsradius in eine Gerade (Krümmungsradius unendlich) vorgebend, am Ende der Biegezone angeordnet ist, daß zwischen diesen beiden Rollenpaaren liegende weitere Rollen ausschließlich als entlang der Außenseite des Stranges lokalisierte Führungsrollen ausgebildet sind, die die Biegezone in q gleiche Abschnitte unterteilend (beginnend mit dem Abschnitt $A_{n=1}$ nach dem ersten Rollenpaar und endend mit dem Abschnitt $A_{n=q}$ vor dem zweiten Rollenpaar) für den Strang eine Biegekurve ergeben, die, ausgehend vom Krümmungsradius R_m und endend mit $R = \infty$, am Ende jedes Teilabschnitts A_n einen Krümmungsradius aufweist, der der Gleichung

$$R_n = \frac{R_{n-1}}{1 - \frac{R_{n-1}}{q \cdot R_m}}$$

genügen, wobei R_m der Gießradius des Stranges, mit dem dieser aus der Gießeinrichtung (Gießrad bzw. Bogenkokille) austritt und R_∞ der Radius des gradlinig gerichteten Stranges ist, und wobei die Temperatur des Stranges für die Biegezone so eingestellt ist, daß der Strang in dieser bei praktisch konstanter Fließgeschwindigkeit ein annähernd rein plastisches Verhalten zeigt.





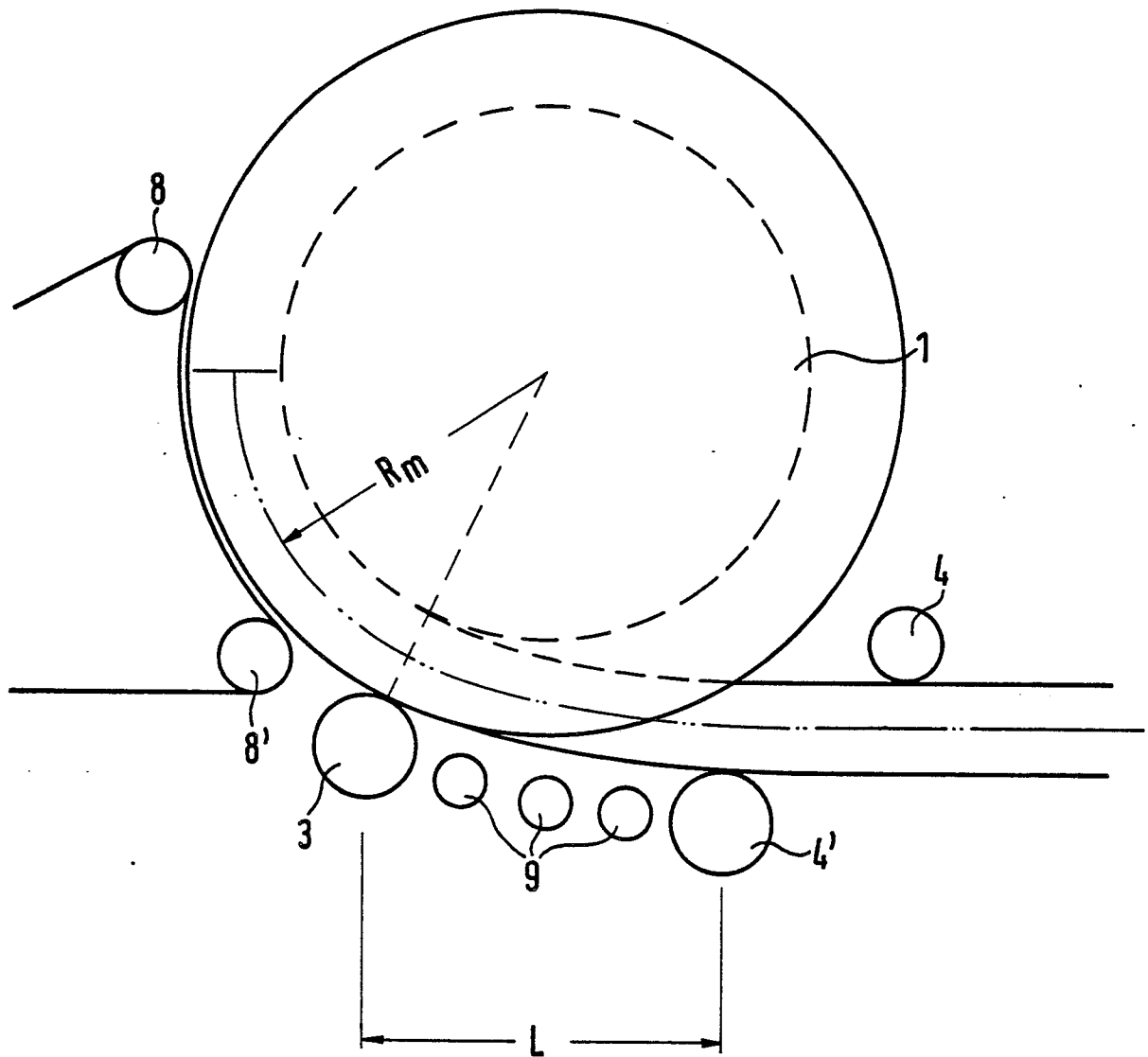


FIG. 5

FIG. 6

