



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 050 355 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
08.11.2000 Patentblatt 2000/45

(51) Int. Cl.⁷: **B22D 11/20**

(21) Anmeldenummer: **00108747.7**

(22) Anmeldetag: **22.04.2000**

(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: **Grothe, Horst
41564 Kaarst (DE)**

(74) Vertreter:
**Valentin, Ekkehard, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte
Hemmerich-Müller-Grosse-
Pollmeier-Valentin-Gihske
Hammerstrasse 2
57072 Siegen (DE)**

(30) Priorität: **07.05.1999 DE 19921296**

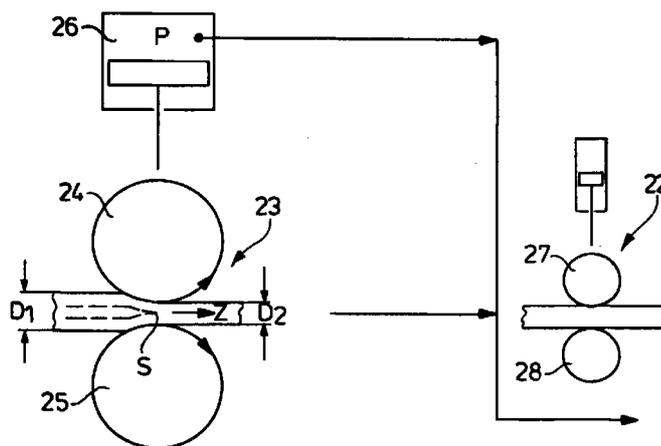
(71) Anmelder:
**SMS SCHLOEMANN-SIEMAG
AKTIENGESELLSCHAFT
40237 Düsseldorf (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Herstellen von stranggegossenen Stahlerzeugnissen**

(57) Um beim kontinuierlichen Stranggießen ein Gießerzeugnis mit homogenen Eigenschaften über dem Strangquerschnitt bei Erhöhung der Kernverdichtung auch bei hohen Gießgeschwindigkeiten zu erreichen, wird bei einem Verfahren, das einen Verformungsschritt des flüssigen Kerns (softreduction) des Gießerzeugnisses aufweist, vorgeschlagen, den Verformungsschritt nur mittels eines Rollenpaares (23)

durchzuführen und als Regelgröße die Strangauszugskraft (Z) zu verwenden, wobei in Abhängigkeit eines Soll- und Istwertvergleichs das Verhältnis zwischen der Position des Rollenpaares und der Sumpfspitze (S) derart geregelt wird, daß die Durcherstarrung des Stranges stets und unmittelbar im Rollenspalt der beiden Rollen (24, 25) stattfindet.

Fig. 5



EP 1 050 355 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von stranggegossenen Stahlerzeugnissen, wobei das Verfahren einen Verformungsschritt des flüssigen Kerns des Gießerzeugnisses aufweist. Zudem betrifft sie eine Vorrichtung zum Stranggießen von Stahl, umfassend eine Kokille, Mittel zur bogenförmigen Führung und Stützung des abgezogenen Strangs sowie Mittel, die entlang der Stranggießbahn angeordnet und zueinander beweglich sind, um eine geringe Verformung des Gießerzeugnisses durchzuführen. Ein solche geringe Verformung ist auch unter dem Begriff softreduction bekannt.

[0002] Beim Stranggießen erstarrt der kontinuierlich gegossene Strang über die Bildung einer festen Strangschale in der Kokille, um anschließend in Richtung Strangmitte während des Abziehvorgangs zu erstarren. Hierbei kommt es an der Erstarrungsfront zu Anreicherungen von Legierungselementen. Diese verursachen im durchgestarteten Strang Kernseigerungen, die wiederum für Inhomogenitäten und ungleichmäßige Eigenschaften über dem Strangquerschnitt verantwortlich sind.

[0003] Um die Erstarrungsvorgänge positiv zu beeinflussen, ist das elektromagnetische Rühren bekannt, wobei der Schmelze eine Strömungsbewegung auferlegt wird. Ein Rühren in der Sekundärkühlzone oder in der Finalzone einer Stranggießanlage soll ein globulitisches Erstarrungsgefüge herbeiführen und die Kernseigerung vermindern.

[0004] Als ein weiteres Mittel zur Verhinderung der Seigerungen an der Erstarrungsfront und Erhöhung der Kerndichte wird die softreduction eingesetzt, bei der es zu einem geringfügigen Verwalzen des noch nicht vollständig durchgestarteten Stranges und damit des noch flüssigen Kerns kommt. Aus der EP 0 603 330 B1 ist ein Verfahren zum Herstellen von Knüppeln und Blöcken aus stranggegossenen Stahlerzeugnissen bekannt mit einem solchen Schritt des Verformens des flüssigen Kerns des Gießerzeugnisses. Dieser Verformungsschritt wird in der Stranggießbahn zwischen dem Punkt, an dem noch nicht erstarrte Bereiche vorhanden sind und dem Punkt, bei dem das Erzeugnis vollständig erstarrt ist, in einer Zone durchgeführt, die zwischen Punkten liegt, die einer Konzentration der festen Körner im Inneren des flüssigen Kerns von 10% bzw. 80% entsprechen. Hierzu wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, die äußere und innere Segmente einer bogenförmigen Rollgangstrecke umfaßt. Die bogenseitig innenliegenden Segmente sind gegenüber den außenliegenden Segmenten beweglich. Senkrecht zu den Rollen der Segmente sind zusätzliche Rollen von Rollenkäfigen vorhanden, die ebenfalls in Richtung Gießachse gedrückt werden.

[0005] Ferner führt bei dem Schnellgießverfahren der sich einstellende längere und dünnere Sumpf zwangsläufig zu mehr Porosität und Seigerungen. Dies

begrenzt wegen der schlechteren Qualitäten ein Ausnutzen der Vorteile des Schnellgießens.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitzustellen zur Herstellung von Strangprodukten mit homogenen Eigenschaften über den Strangquerschnitt insbesondere durch Verhinderung von Seigerungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Kerndichte. Das Verfahren und die Vorrichtung sollen insbesondere auch bei Anlagen mit hohen Gießgeschwindigkeiten und an das Endformat angepaßten Gießformaten zum Einsatz kommen.

[0007] Diese Aufgabe wird mittels eines Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruch 1 und einer Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen offenbart.

[0008] Grundgedanke der Erfindung ist ein Regelverfahren, bei dem die Strangauszugskraft als Regelgröße zur Einstellung der Lage der Sumpfspitze im Verhältnis zu der Position eines die Verformung durchführenden Rollenpaares und somit des Rollenspaltes entlang der Stranggießbahn verwendet wird, um zu erreichen, daß sich die Sumpfspitze stets unmittelbar im Rollenspalt befindet, d.h., daß der Strang unmittelbar im Bereich zwischen den beiden Rollen und somit während des Verformungsschnitts durchgestarrt. Die Strangauszugskraft ist eine von der vorgegebenen Anstellkraft der Rollen, der Verformungsdicke und einem Werkstoffkennwert abhängige Größe. Der Sollwert ist die Auszugskraft, die sich ergibt, wenn sich die Sumpfspitze unmittelbar im Rollenspalt befindet. Bei Abweichung des Istwertes vom Sollwert kann das gewünschte Verhältnis zwischen der Sumpfspitzenlage und Rollenspalt bei einer ersten Ausführungsform mittels Änderung der Gießgeschwindigkeit und bei einer zweiten Ausführungsform mittels Änderung der Position des Rollenpaares am Strang eingestellt werden. In einer dritten Ausführungsform wird vorgeschlagen, daß das Verhältnis zwischen der Sumpfspitzenlage und dem Rollenspalt sowohl durch die Parameter der Gießgeschwindigkeit als auch durch die Verfahrbarkeit des Rollenpaares entlang der Stranggießbahn regelbar ist. Insgesamt wird eine Änderung der Erstarrungslage beispielsweise durch Änderung der Gießtemperatur durch Überhitzung oder bei Änderung der Solidustemperatur nach erfolgter Legierungsfeineinstellung von dem Regelverfahren selbständig erkannt und korrigiert.

[0009] Vorrichtungsgemäß wird vorgeschlagen, daß der Durchmesser der Rollen zwischen 400 bis 1800 mm liegt. Durch die Wahl großer Rollendurchmesser im Verhältnis zu den üblichen Durchmessern von Treiberrollen ist über den im Verhältnis flachen Anstellwinkel und über die gedrückte Länge eine optimale softreduction erreichbar und eine Änderung der Auszugskraft sicher erkennbar. Zudem stellt die gedrückte Länge mit flachem Anstellwinkel bei gleichzeitiger großer Volumenrückverdrängung sicher, daß

die Volumenminderung in der Enderstarrung durch Rückverdrängung des noch flüssigen Kerns mehr als ausgeglichen wird. Dieser Vorteil wird bei den softreduction-Systemen mit mehreren Rollenpaaren nach dem Stand der Technik nicht sicher erreicht. Zudem ist es bei den bekannten Mehrrollensystemen nicht auszuschließen, daß es zwischen zwei benachbarten Rollenpaaren zur Enderstarrung kommt, was einer normalen Enderstarrung ohne softreduction gleichkommt.

[0010] Vorrichtungsgemäß ist durch die Wahl großer Rollendurchmesser eine große Dickenreduzierung des Strangs mit nur einem Rollenpaar möglich, die im praktischen Betriebsbereich eine Reduzierung von 12 bis 15 mm ausmachen kann, ohne am Strang Innenschäden zu verursachen. Die Dehnung an der Erstarungsfront ist über eine weiche Reduzierungseinstellung gering. Die Rollendurchmesser bestimmen die Steilheit der softreduction-Zone und damit die Dehnungsgrenzen und den Grad der Verdichtung.

[0011] Strangabwärts hinter dem Rollenpaar ist ein Treiberrollenpaar angeordnet, über deren Drehmoment der Wert der Strangauszugskraft bestimmbar ist.

[0012] Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung: Hierbei zeigen:

- Figur 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem stationär angeordneten Rollenpaar entlang der Stranggießbahn;
- Figur 2 die Ausführungsform der Vorrichtung nach Figur 1 mit einem zweiten, wahlweise betätigbaren, stationär angeordneten Rollenpaar,
- Figur 3 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung mit einem entlang der Stranggießbahn verfahrbaren Rollenpaar, das strangabwärts vor einem Richtbereich angeordnet ist;
- Figur 4 die Ausführungsform der Vorrichtung nach Figur 3 mit einem entlang der Stranggießbahn verfahrbaren Rollenpaar, das strangabwärts hinter einem Richtbereich angeordnet ist;
- Figur 5 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit einem Treiberrollenpaar;
- Figur 6 eine Seitenansicht der Vorrichtung mit Rollenpaar und Treiberrollenpaar;
- Figur 7 eine Ansicht entlang des Schnittes A-A der Vorrichtung nach Figur 6;

- Figur 8 eine Ansicht entlang des Schnittes B-B der Vorrichtung nach Figur 6;
- Figur 9 eine Querschnittsansicht der Vorrichtung mit Fahrschienen;
- Figur 10a,b eine schematische Ansicht des Rollenpaares mit zwei unterschiedlich großen Rollendurchmessern.

[0013] Die Figuren 1 bis 4 zeigen verschiedene Anordnungen der ersten und zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. In Figur 1 ist eine Stranggießvorrichtung 1 sehr vereinfacht dargestellt, die im wesentlichen eine Kokille 2 und eine bogenförmige Stranggießbahn 3 umfaßt. Die Stranggießbahn 3 setzt sich üblicherweise aus einem Kühlbereich 4 und einem sich daran anschließenden Auszieh- und Richtbereich 5 zusammen. Erfindungsgemäß wird der softreduction-Prozeß nicht mittels einer Vielzahl von Rollenpaaren oder Rollenkäfigen, sondern nur von einem stationär angeordneten Rollenpaar 6 übernommen, das sich aus einer Ober- und Unterrolle 7, 8 zusammensetzt. Strangabwärts ist hinter dem Rollenpaar 6 zum Reduzieren ein Treiberrollenpaar 9 zum Richten angeordnet mit einer oberen und unteren Treiberrolle 10 und 11. Die jeweiligen Rollengerüste 12, 13 sind stark vereinfacht dargestellt.

[0014] In Figur 2 sind entsprechende Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Neben einem ersten Rollenpaar 6 und Treiberrollenpaar 9 ist ein zweites Rollenpaar 14 mit entsprechendem Treiberrollenpaar 15 vor dem ersten stationär an der Stranggießbahn angeordnet. Mittels Veränderung der Gießgeschwindigkeit kann die Ausbildung der Sumpfspitze im Strang geregelt und damit das Ziel erreicht werden, daß die Durcherstarrung des Strangs stets im Spalt zwischen dem Rollenpaar stattfindet, um eine optimale Kernverdichtung zu erreichen und Kernseigerungen zu verhindern. Bei zwei Rollenpaaren kann wahlweise das erste oder zweite Rollenpaar eine softreduction der Sumpfspitze übernehmen, wobei die Unterrolle des Paares 20 wahlweise vorhanden ist.

[0015] Die zweite Ausführungsform der Erfindung wird mittels der Figuren 3 und 4 verdeutlicht. Es handelt sich um ein Rollenpaar 16, welches zusammen mit einem entsprechenden Treiberrollenpaar 17 entlang der Stranggießbahn verfahrbar ist. Eine solche Positionsänderung ist mit dem Rollenpaar 16' bzw. 17' verdeutlicht. Strangabwärts ist hinter dem Rollenpaar 16 ein Richtbereich 18 angeordnet, der sich aus zwei Treiberrollenpaaren 19 und 20 zusammensetzt.

[0016] Figur 4 verdeutlicht diese Ausführungsform mit einem verfahrbaren Rollenpaar 21, das hinter dem Richtbereich 18 angeordnet ist. Mit 21' ist das versetzte Rollenpaar bezeichnet. Der Verfahrensweg wird erfindungsgemäß in Abhängigkeit der Strangauszugskraft gesteuert. Er ist ebenfalls abhängig von der Gießge-

schwindigkeit. Bei geringer Gießgeschwindigkeit reicht ein kleiner Verfahrweg (Figur 3), bei höherer Gießgeschwindigkeit wird der Verfahrweg größer (Figur 4).

[0017] Das Regelverfahren in Kombination mit einem Treiberrollenpaar 22 zeigt schematisch Figur 5. Es ist ein Rollenpaar 23 auf einem Stranggießerzeugnis mit der Ausgangsdicke D_1 und der reduzierten Dicke D_2 angeordnet. Das Rollenpaar wird entweder auf eine Soll Dicke eingestellt oder auf Distanzstücke angestellt. Sowohl die Ober- als auch die Unterrolle 24, 25 der softreduction-Rollen sind hinsichtlich ihrer Anstellkraft P und ihrem Weg regelbar, hier mit 26 schematisch dargestellt. Die erforderliche Kraft Z zum Ausziehen des Stranges wird mittels der Anstellkraft P , der Dickendifferenz sowie einem Werkstoffkennwert bestimmt und das notwendige Drehmoment M_d für die Rollen 27, 28 des nachgeschalteten Treibers 22 berechnet. Dabei ist der Sollwert die Auszugskraft, die sich ergibt, wenn sich die Sumpfspitze S bzw. das Erstarrungsende unmittelbar im Spalt der beiden Rollen 24, 25 befindet. Bei einer Abweichung zwischen Ist- und Sollwert findet eine Korrektur des Lageverhältnisses zwischen Rollenpaar und Sumpfspitze entweder durch Änderung der Gießgeschwindigkeit oder durch Veränderung der Position des Rollenpaares 23 statt.

[0018] Figur 6 verdeutlicht den Aufbau eines solchen softreduction-Gerüsts in der Seitenansicht. Das softreduction- und Treiberrollenpaar 23 und 22 sind in einem gemeinsamen Gerüstrahmen 29 angeordnet. Die Weg- und Kraftregelung des Rollenpaares 23 wird von zwei auf die Rollennachsen 30 und 31 wirkenden Hydraulikzylindern 32, 33 übernommen, was durch die Schnittansicht A-A der Figur 7 deutlich wird. Mit 34 ist das Strangußerzeugnis bezeichnet, mit 35 der zusammengepreßte Kernbereich zwischen den beiden Rollen 24 und 25. Figur 8 zeigt die Schnittansicht B-B der Figur 6. Die Anstellung der beiden Treiberrollen 27, 28 erfolgt mittels der beiden Hydraulikzylinder 36 und 37. Die Rollen 27 und 28 sind jeweils mit Antriebsmitteln 38 und 39 versehen, deren Antriebsmoment M_d als Maß für die Auszugskraft Z dient. Nach der zweiten Ausführungsform ist der Gerüstrahmen 29 mit softreduction- und Treiberrollenpaar 23 und 22 entlang der Stranggießbahn verfahrbar. Dies wird nach Figur 9 vorzugsweise mittels Laufrädern 40, 41 erreicht, die an beiden Seiten des Gerüstrahmens 29 angeordnet sind. Es sind Fahrschienen 42, 43 entlang der Stranggießbahn vorhanden, in denen die Laufräder in Kombination mit dem Gerüstrahmen verfahrbar sind.

[0019] Mittels der Figuren 10a und 10b wird durch Darstellung einer Rolle mit einem Durchmesser von 400 mm und einer Rolle mit einem Durchmesser von 1500 mm verdeutlicht, daß mit Hilfe der im Verhältnis großen Rollen eine kontrolliertere Kernverdichtung möglich ist. Nach der Formel $l_d = (d/2 * \Delta h)$ mit l_d =gedrückte Länge, d =Durchmesser und Δh =Dickenabnahme wird deutlich, daß bei gleichem Δh mit steigendem d die gedrückte Länge steigt und der Anstellwinkel α über der

gedrückten Länge kleiner wird. Ein größere gedrückte Länge und ein kleinerer Winkel α bedeuten einen flacheren Anstellwinkel und somit eine geringere Dehnung an der Erstarrungsfront im Strangkernbereich und eine längere Reduktionsstrecke. Dies wirkt sich vorteilhaft auf eine Kernverdichtung aus. Eine zufriedenstellende Kernverdichtung ist mit Rollen mit Durchmessern zwischen 400 und 1800 mm möglich.

[0020] Mit Hilfe des vorgeschlagenen Verfahrens und der Vorrichtung können sowohl Blöcke als auch Knüppel einer softreduction unterworfen werden, insbesondere können profilierte, rechteckige, quadratische oder runde Stränge im Kern verdichtet werden. Die beschriebene Vorrichtung kann in neue Anlagen eingesetzt werden, gleichzeitig ist es möglich, bestehende Anlagen nachzurüsten.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von stranggegossenen Stahlerzeugnissen, wobei das Verfahren einen Verformungsschritt des flüssigen Kerns des Gießergebnisses aufweist,
dadurch gekennzeichnet,

daß als Istwert die Strangauszugskraft (Z) bestimmt wird, die sich im Verformungsspalt eines den Verformungsschritt durchführenden Rollenpaares (23) in Abhängigkeit der vorgegebenen Anstellkraft (P) der Rollen, der Verformungsdicke (ΔD) und einem Werkstoffkennwert ergibt,

daß dieser Istwert mit einem Sollwert verglichen wird, wobei der Sollwert als die Auszugskraft definiert ist, die sich ergibt, wenn sich die Sumpfspitze (S) unmittelbar im Rollenspalt befindet, und

daß in Abhängigkeit der Abweichung des Istwertes vom Sollwert das Verhältnis zwischen der Position des Rollenpaares und der Sumpfspitze derart geregelt wird, daß die Durcherstarrung des Stranges unmittelbar im Rollenspalt stattfindet.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Lage der Sumpfspitze in Abhängigkeit der Gießgeschwindigkeit eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

daß die Position des Rollenpaares eingestellt wird, indem das Rollenpaar (23) entlang der Stranggießbahn verfahren wird.

4. Vorrichtung zum Stranggießen von Stahl zur Durch-

führung des Verfahrens nach Anspruch 1, umfassend eine Kokille, Mittel zur bogenförmigen Führung und Stützung des abgezogenen Strangs sowie Mittel, die entlang der Stranggießbahn angeordnet und zueinander beweglich sind, um eine geringe Verformung des Gießerzeugnisses durchzuführen,

5

dadurch gekennzeichnet,

daß die Mittel zur Durchführung der Verformung ein Rollenpaar (7, 14, 16, 21) mit einem Rollendurchmesser zwischen 400 und 1800 mm umfassen, wobei das Verhältnis zwischen der Position des Rollenpaares entlang der Stranggießbahn und der Sumpfspitze in Abhängigkeit eines Soll-Istwertevergleichs der Strangauszugskraft so regelbar ist, daß die Durcherstarrung des Stranges unmittelbar im Rollenspalt stattfindet.

10

15

20

5. Vorrichtung nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,

daß strangabwärts des Rollenpaares ein Treiberrollenpaar (9, 15, 17) angeordnet ist, wobei der Istwert der Strangauszugskraft mittels des Drehmomentes der Treiberrollen bestimmbar ist.

25

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 und 5,
dadurch gekennzeichnet,

30

daß das Rollenpaar (6) und das Treiberrollenpaar (9) stationär an der Stranggießbahn angeordnet sind.

35

7. Vorrichtung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,

daß zusätzlich ein zweites Rollenpaar (14) strangabwärts zu dem ersten Rollenpaar (6) angeordnet ist, wobei beide Rollenpaare wahlweise in Abhängigkeit der Lage der Sumpfspitze betätigbar sind.

40

45

8. Vorrichtung nach Anspruch 4 und 5,
dadurch gekennzeichnet,

daß das Rollenpaar (16, 21) und Treiberrollenpaar (17) entlang der Stranggießbahn verfahrbar sind.

50

9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,

55

daß die Länge des Fahrweges des Rollenpaares entlang der Stranggießbahn in Abhängigkeit der Gießgeschwindigkeit regelbar ist.

Fig. 1

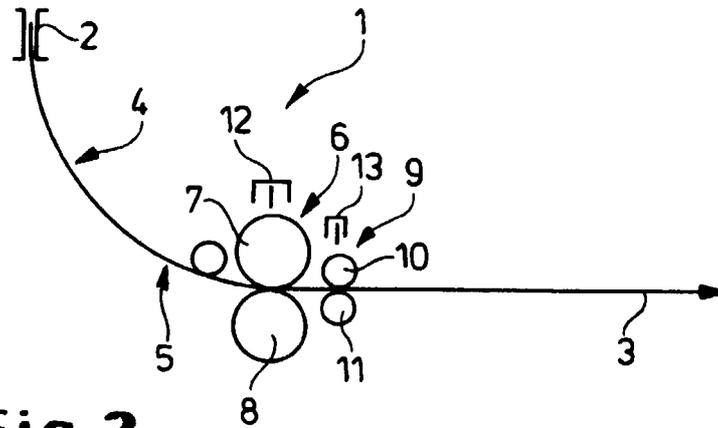


Fig. 2

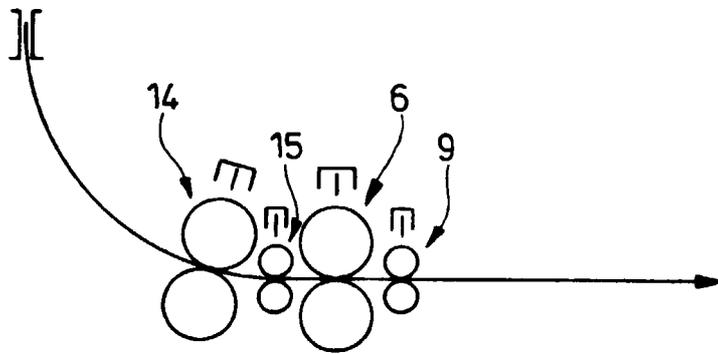


Fig. 3

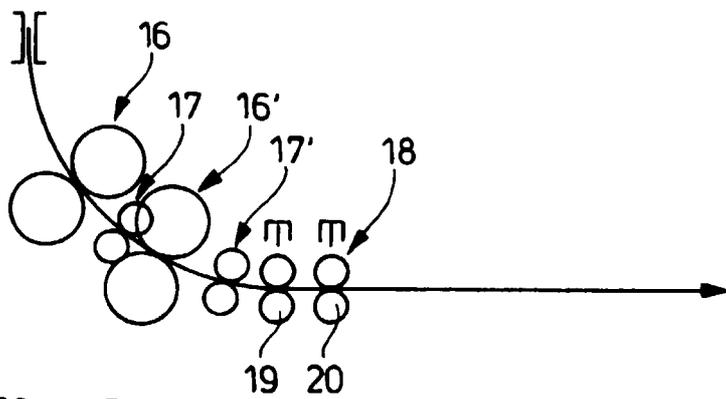


Fig. 4

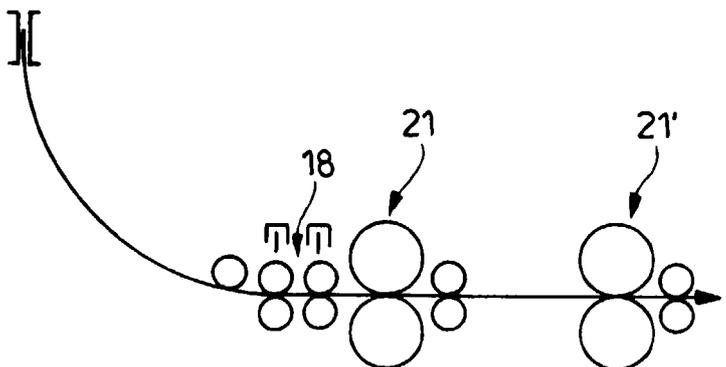


Fig. 5

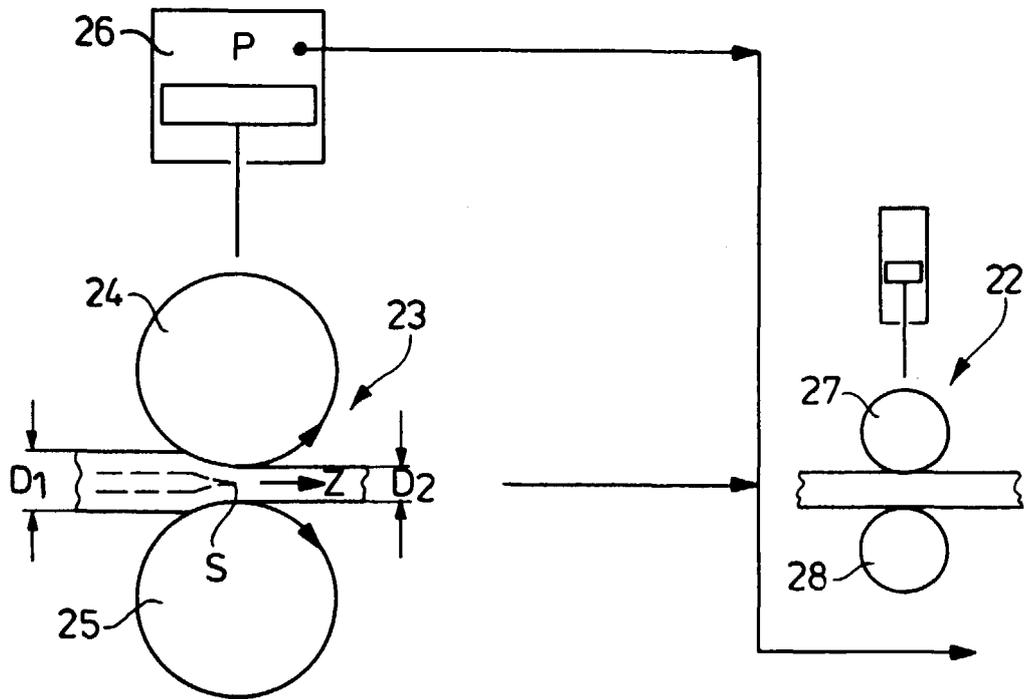


Fig. 9

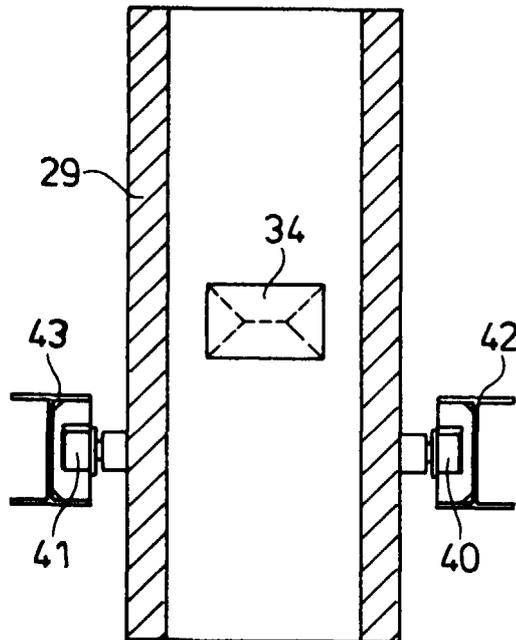


Fig. 6

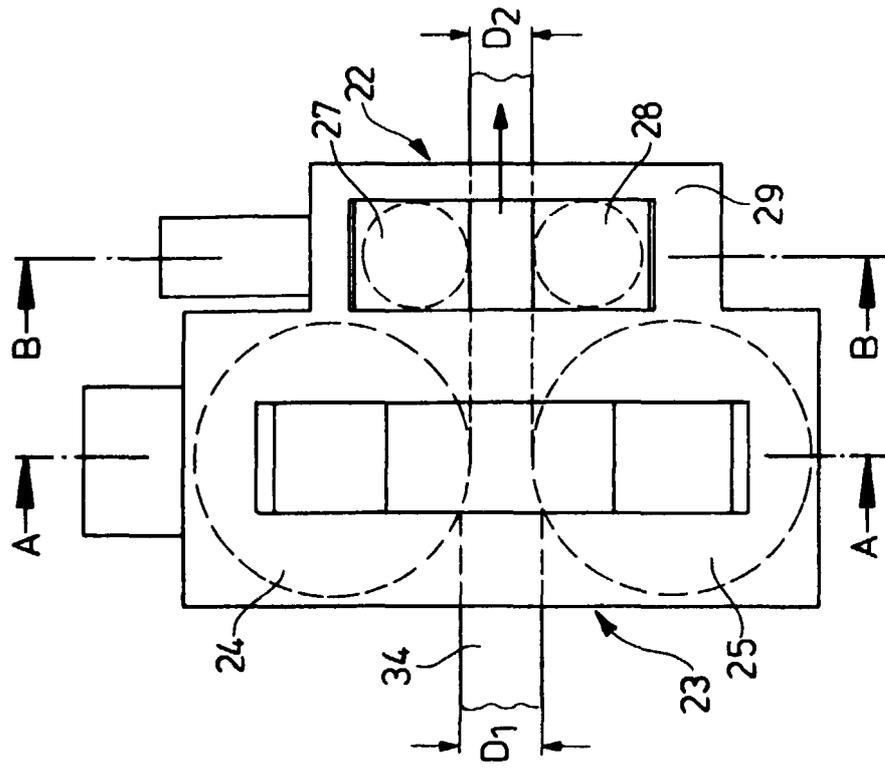


Fig. 7

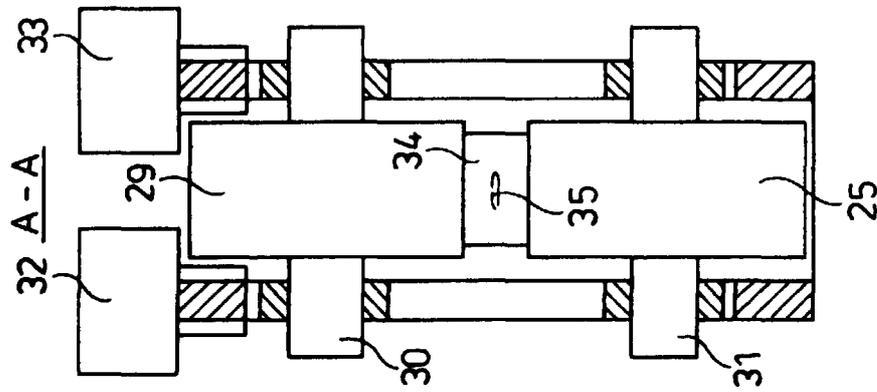


Fig. 8

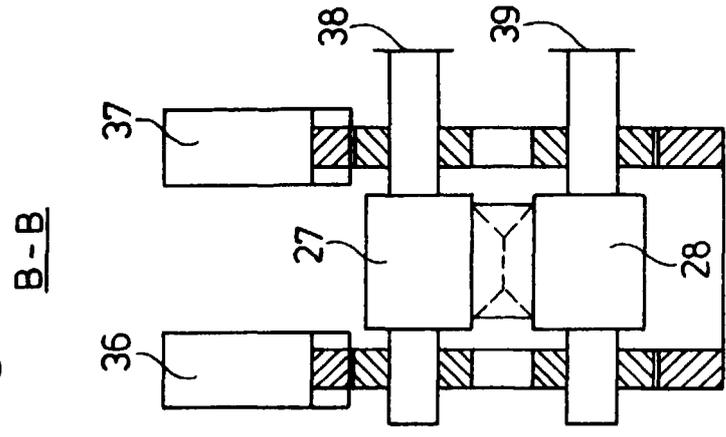


Fig. 10a

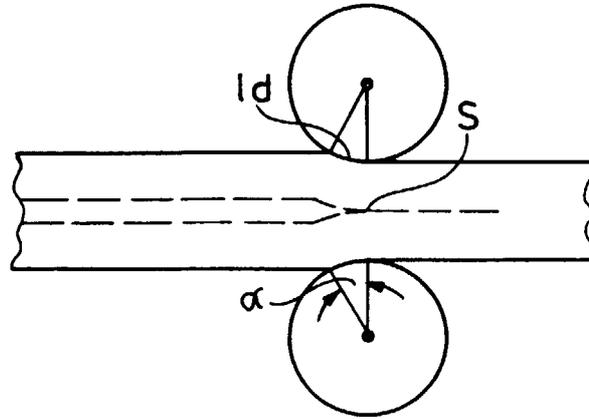


Fig. 10b

