

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 934 786 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den
Einspruch:

03.12.2003 Patentblatt 2003/49

(51) Int Cl.7: **B22D 11/128**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:

26.04.2000 Patentblatt 2000/17

(21) Anmeldenummer: **99890050.0**

(22) Anmeldetag: **10.02.1999**

(54) **Verfahren zum Stranggiessen von Metall sowie Stranggiessanlage hierzu**

Process of continuous casting of metal and continuous casting plant for carrying out the method

Procédé pour la coulée continue de métal et installation de coulée continue appropriée

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE DE DK ES FR GB IT NL SE

Benannte Erstreckungsstaaten:

SI

(30) Priorität: **06.11.1998 AT 184498**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

11.08.1999 Patentblatt 1999/32

(73) Patentinhaber:

• **VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU
GMBH**

4020 Linz (AT)

• **Sollac-Fos**

13776 Fos sur Mer, Cedex (FR)

(72) Erfinder:

• **Hödl, Heinz**

4060 Leonding (AT)

• **Stiftinger, Michael**

4020 Linz (AT)

• **Eichinger, Andreas**

4020 Linz (AT)

• **Engel, Kurt**

4490 St.Florian (AT)

• **Marioton, Jean-François**

13250 Saint Chamas (FR)

• **Zurita, Gérard**

13310 Saint Martin Decrau (FR)

• **Guyot, Vincent**

13330 Pelissanne (FR)

• **Lopes, Catherine**

57070 Metz (FR)

(74) Vertreter: **Kopecky, Helmut, Dipl.-Ing. et al**

Wipplingerstrasse 32

1010 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:

AT-B- 331 439

AT-B- 373 518

EP 0 934 786 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stranggießen von Metall-, insbesondere Stahlsträngen, durch Gießen des Metalls in eine gerade, vertikal ausgerichtete Kokille und nachfolgendes Abziehen des in der Kokille gebildeten geraden Stranges, wobei der gerade Strang zunächst entlang einer Übergangskurve in eine Kreisbogenform mit einem Radius gebogen, entlang einer Kreisbogenführung mit dem Radius geführt, anschließend in einer End-Richtzone entlang einer Übergangskurve geradegerichtet und danach über eine etwa horizontale Geradführung ausgefordert wird, so wie eine Stranggießanlage zur Durchführung des Verfahrens und ein Verfahren zum Umbau einer Stranggießanlage mit einer Bogenkokille in eine Stranggießanlage mit einer geraden Kokille.

[0002] Es ist bekannt, zum Beispiel aus der AT-B-373 518 und der AT-B - 331 439, zur Erzeugung eines Metallstranges im Stranggießverfahren eine gerade Kokille zu verwenden, d.h. eine Kokille, deren Hohlraum, in den das flüssige Metall eingegossen wird, gerade ausgebildet und vertikal ausgerichtet ist. Der Strang wird nach dem Austreten aus der Kokille über eine Führung mit einem Rollensystem, das entweder in Stützsegmenten oder in durchgehenden Längsträgern eingebaut ist, geführt und gekühlt, so daß die noch dünne Strangschale ausreichend gegen durch den ferrostatischen Druck bewirktes Ausbeulen abgestützt ist. Zunächst wird meist der Strang unterhalb der Kokille noch mittels einer Geradführung geführt, die sich über eine Länge erstreckt, die dem Strang infolge der direkten Kühlung unterhalb der Kokille eine ausreichend feste Strangschale sichert, so daß der Strang anschließend in einer Biegezone derart gebogen werden kann, daß er entlang einer Kreisbogenführung, die an die Biegezone anschließt und einen vorbestimmten Radius aufweist, weitergefordert werden kann. An die Kreisbogenführung schließt eine End-Richtzone an, in der der Strang wiederum geradegerichtet wird. Im geraden Zustand wird der Strang über eine etwa horizontal ausgerichtete Geradführung ausgefordert.

[0003] Es ist ferner bekannt, beispielsweise aus der AT-B - 249 896, zur Erzeugung eines Metallstranges im Stranggießverfahren unter Vermeidung einer Biegezone den Strang bereits bogenförmig zu gießen, und zwar in einer sogenannten Bogenkokille. Bei einer solchen Bogenkokille ist der Hohlraum, in den das flüssige Metall gegossen wird, bogenförmig, vorzugsweise kreisbogenförmig ausgebildet, so daß der aus der Kokille austretende Strang direkt nach dem Austreten mittels einer Kreisbogenführung gestützt und gefördert werden kann. In diesem Fall ist lediglich am Ende der Kreisbogenführung eine End-Richtzone anzuordnen, in der der Strang wiederum geradegerichtet wird, so daß er anschließend so wie oben beschrieben an einer etwa horizontal angeordneten Geradführung ausgefordert werden kann.

[0004] Stranggießanlagen mit Bogenkokillen wurden zwar weltweit gebaut; diese Anlagen haben jedoch metallurgische Nachteile, die vor allem darin zu sehen sind, daß mit dem Gießstrahl eingebrachte Verunreinigungen und Gasbläschen, die tief in den flüssigen Kern des Stranges vordringen, nicht mehr so leicht zum Gießspiegel aufsteigen können wie bei einer geraden Kokille. Auch sind die Strömungsverhältnisse bei einer Bogenkokille weniger günstig, so daß es eher zu Störungen beim Schalenwachstum kommen kann.

[0005] Aus diesen Gründen hat man versucht, Stranggießanlagen mit Bogenkokillen in Stranggießanlagen mit einer geraden Kokille umzubauen. Will man hierbei die gleiche Strangführung verwenden, wie sie bei der ursprünglichen Stranggießanlage mit Bogenkokille vorgesehen war, ist man gezwungen, der kreisbogenförmigen Strangführung eine Biegezone vorzuordnen und oberhalb derselben fluchtend eine gerade Stranggießkokille anzuordnen. Dies gibt jedoch Schwierigkeiten, da dann das Niveau der geraden Kokille weit über der Höhe der ursprünglich vorgesehenen Bogenkokille liegt. Dies ist nicht akzeptabel, da unter Umständen nicht nur die Gießhalle vergrößert werden muß, sondern das gesamte Hallenkonzept neu gestaltet werden muß, denn es müssen die Gießbühne, Zwischengefäße und der Pfannentragturm sowie die Zubringung der Pfannen etc. an das neue Niveau angepaßt werden. Die Folge ist eine völlige Umgestaltung der Gießhalle, was dementsprechend kostspielig ist und andererseits eine lange Stilllegung des Gießbetriebes bedingt.

[0006] Eine andere Möglichkeit ist die, die Kreisbogenführung zu ersetzen, u.zw. durch eine Kreisbogenführung, passend zur geraden Kokille mit nachgeordneter Biegezone. Dies ist jedoch ebenfalls sehr aufwendig und kostspielig, so daß man doch in den meisten Fällen die metallurgischen Nachteile einer Bogenkokille in Kauf genommen hat.

[0007] Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren zum Stranggießen sowie eine Stranggießanlage zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, bei denen der Strang unter Verwendung einer geraden Kokille und unter Verwendung der wichtigsten Komponenten einer Stranggießanlage mit gebogener Kokille, wie z.B. der Kreisbogenführung, Gießbühne etc. gegossen werden kann. Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, bei einer Stranggießanlage mit gerader Kokille etwa die Bauhöhe einzuhalten, die eine Stranggießanlage mit gebogener Kokille bei gleichem Radius des Gießstranges bzw. der Kreisbogenführung aufweist. Notwendige Umbauten beim Wechsel von einer Bogenkokille zu einer geraden Kokille sollen zeit- und kostenmäßig minimiert werden.

[0008] Die Aufgabe wird bei einem Verfahren zum Stranggießen eines Metallstranges der eingangs beschriebenen Art dadurch gelöst, daß der Strang in mindestens einer Biegezone entlang einer Übergangskurve in eine einen ersten Radius aufweisende Kreisbogen-

form gebogen wird und in mindestens einer nachgeordneten mehrere eine Rückbiegekraft aufbringende Rollen umfassende(n) Richtzone entlang einer Übergangskurve in eine Kreisbogenform mit größerem Radius als der Radius, den der Strang nach der ersten Biegezone aufweist, gebogen wird, wobei der größere Radius vorzugsweise dem Radius der Kreisbogenführung vor der End-Richtzone entspricht.

[0009] Vorzugsweise wird der einen ersten Radius aufweisende Strang zwischen der ersten Biegezone und der ersten nachgeordneten Richtzone entlang einer Kreisbogenführung mit diesem ersten Radius geführt, wobei vorteilhaft der aus der Kokille austretende gerade Strang zwischen der Kokille und der ersten Biegezone entlang einer vertikalen Geradführung geführt wird.

[0010] Ist der Radius der Kreisbogenführung sehr groß, wird zweckmäßig der Strang nach dem Biegen in der ersten der Biegezone nachgeordneten Richtzone in mindestens einer weiteren nachgeordneten Richtzone in eine Kreisbogenform mit größerem Radius, als der Radius, den der Strang vor der nachgeordneten Richtzone aufweist, gebogen.

[0011] Für große Radien der Kreisbogenführung kann gemäß einer Variante am Strang nach dem Verformen in der ersten Biege- und nachgeordneten Richtzone mindestens ein weiteres Verformen in einer weiteren Biege- und nachgeordneten Richtzone durchgeführt werden.

[0012] Eine Stranggießanlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer geraden Kokille, einer dieser in Strangausziehrichtung nachgeordneten Strangführung mit einer Biegezone, einer Kreisbogenführung und einer End-Richtzone mit anschließender etwa horizontaler Geradführung ist dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer Biegezone mindestens eine mehrere eine Rückbiegekraft aufbringende Rollen umfassende(n) Richtzone mit anschließender Kreisbogenführung nachgeordnet ist.

[0013] Vorteilhaft ist zwischen der ersten Biegezone und der ersten Richtzone eine Kreisbogenführung vorgesehen, wobei zweckmäßig zwischen der Kokille und der ersten Biegezone eine vertikale Geradführung für den Strang vorgesehen ist.

[0014] Gemäß einer Variante ist nach der ersten Biege- und nachgeordneten Richtzone mindestens eine weitere Biegezone mit nachgeordneter Richtzone vorgesehen.

[0015] Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, daß gemäß der AT-B - 331 439 der durch die Biegezone(n) bzw. Richtzonen hervorgerufene Verlauf der Dehnung des Stranges in mindestens einem der beiden Übergangsbereiche etwa die Gestalt eines schräg verzerrten, eine Wendetangente aufweisenden "S" besitzt, wobei die Steigung am Beginn und am Ende der über dem Bereich aufgetragenen Dehnungskurve Null ist, bezogen auf die X-Achse eines karthesischen Koordinatensystems, dessen Ursprung sich jeweils am Beginn der Übergangskurve befindet und des-

sen X-Achse eine Tangente an die Übergangskurve darstellt.

[0016] Hierbei entspricht zweckmäßig die Steigung der Wendetangente höchstens einer maximal zulässigen Änderung der Dehnung von 0,0025 %/mm beim Biegen und 0,0030%/mm beim Richten.

[0017] Vorzugsweise folgt die Übergangskurve der Differentialgleichung der Krümmungsänderung (y''')

$$y''' = \varphi'(x_j) \cdot \frac{1}{R_{E0} X_E \int \varphi(x_j) dx}$$

und ist $\varphi'(x_j)$ die Funktion der Dehnungsänderung, die über die Erstreckung der Biege- bzw. Richtzone einen von Null zunächst ansteigenden, dann das Maximum der Dehnungsänderung erreichenden und dann wieder auf Null abfallenden Verlauf hat, stellt R_E gleich dem Kreisbogenradius am Ende der Biege- bzw. am Anfang der Richtzone und X_E die vertikale Projektion der Biegezone bzw. die horizontale Projektion der Richtzone, und x_j eine Lagekoordinate im Koordinatensystem dar.

[0018] Ein Verfahren zum Umbau einer Stranggießanlage mit einer Bogenkokille, einer daran anschließenden Kreisbogenführung und einer End-Richtzone mit nachgeordneter etwa horizontaler Geradführung in eine Stranggießanlage mit einer geraden, vertikal ausgerichteten Kokille ist dadurch gekennzeichnet,

- daß die Bogenkokille und ein daran anschließender Teil der Kreisbogenführung entfernt werden,
- daß eine gerade Kokille an einer Stelle der Stranggießanlage eingebaut wird, deren Entfernung zum Krümmungsmittelpunkt der Kreisbogenführung geringer ist als der Radius der ursprünglichen Kreisbogenführung,
- daß eine eine Übergangskurve aufweisende Biegezone fluchtend zur geraden Kokille eingebaut wird, aus der der Strang mit einem ersten Radius, der geringer ist als der Radius der Kreisbogenführung, austritt, und
- daß der Biegezone nachfolgend mindestens eine mehrere eine Rückbiegekraft aufbringende Rollen umfassende(n), Richtzone eingebaut wird, aus der der Strang mit einem zweiten Radius, der größer ist als der erste Radius, austritt, und welcher zweite Radius vorzugsweise dem Radius des in der Stranggießanlage verbleibenden Teils der ursprünglich vorhandenen Kreisbogenführung entspricht und in diese Kreisbogenführung fluchtend, d.h. tangengtgleich übergeht.

[0019] Zweckmäßig wird zwischen der Biegezone und der ersten Richtzone eine Kreisbogenführung eingebaut.

[0020] Gemäß einer bevorzugten Variante wird zwischen der Kokille und der Biegezone eine fluchtend zur

Kokille angeordnete Geradföhrung eingebaut.

[0021] Um mit einer nicht zu starken Biegung des Stranges das Auslangen zu finden, wird vorteilhaft die gerade Kokille in einem Niveau in die Stranggießanlage eingebaut, das von dem Niveau der Bogenkokille nur gering abweicht, vorzugsweise gering über diesem Niveau liegt, wobei die Abweichung vom Niveau der Bogenkokille abhängig ist von der Hallenhöhe, der installierten Krananlage etc. Als "geringe Höhenabweichung" wird in der Regel eine solche bezeichnet, bei der ein Umbau der Hallenkonstruktion auf jeden Fall vermieden werden kann; in der Regel liegt die Höhenabweichung bei üblich gestalteten Gießhallen bei $\frac{1}{2}$ m bis maximal einem Meter.

[0022] Für große Radien der Kreisbogenföhrung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, wenn anschließend an die erste Richtzone eine weitere Richtzone mit nachgeordneter Kreisbogenföhrung eingebaut wird.

[0023] Nach einer anderen Variante ist es für große Radien der Kreisbogenföhrung zweckmäßig, wenn nach der ersten Biege- und nachgeordneten Richtzone mindestens eine weitere Biege- und nachgeordnete Richtzone eingebaut wird.

[0024] Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels, das in der Zeichnung veranschaulicht ist, näher erläutert, wobei die Fig. eine schematische Seitenansicht einer Stranggießanlage mit gerader Kokille und gebogener Kokille zeigt.

[0025] In der Fig. ist mit strichlierten Linien eine Bogenkokille 1 mit der an sie anschließenden Strangföhrung 2 veranschaulicht, wobei zur Vereinfachung der Darstellung die Strangföhrung 2 im oberen Bereich - d. h. unmittelbar unterhalb der Bogenkokille 1 - nur durch eine strichlierte Linie, die die Strangaußen- bzw. -unterseite veranschaulicht, dargestellt ist. Diese Strangföhrung 2 ist, so wie üblich, von an die Kokille anschließenden Stütz- und Führungsrollen 2' gebildet, die den Strang beidseitig, also an der Außen- bzw. Unterseite und auch an der Innen- bzw. Oberseite in engen Abständen abstützen. Die mit strichlierter Linie veranschaulichte Strangunter- bzw. Strangaußenseite bildet somit eine Einhüllende all dieser Rollen.

[0026] Die Gießbühne 3 liegt etwa in der Höhe der Oberkante der Bogenkokille 1. Der Innenraum 4 der Bogenkokille 1, d. h. der durchgehende Hohlraum 4, in den die Metallschmelze, die über eine nicht dargestellte übliche Gießpfanne in ein ebenfalls nicht dargestelltes, jedoch herkömmlich ausgestaltetes Zwischengefäß und von diesem über ein Gießrohr in die Bogenkokille 1 strömt, ist bogenförmig gestaltet, u. zw. kreisbogenförmig. Die an die Bogenkokille 1 anschließende Kreisbogenföhrung 2 weist einen Radius R_{end} auf. Der Mittelpunkt 5 dieser Kreisbogenföhrung befindet sich etwa in Höhe der unteren Hälfte der Bogenkokille 1 und somit um die Höhe H_0 unterhalb des Gießspiegels 6 der Bogenkokille 1.

[0027] An die Kreisbogenföhrung 2, die sich nicht ganz über einen Viertelkreisbogen erstreckt, schließt ei-

ne Richtzone 7 an, in der der Strang mittels Stütz- und Biegerollen geradegerichtet wird. Die Richtzone 7 weist vorteilhaft eine Übergangskurve gemäß AT-B - 331 439 auf, um ein schonendes Geraderichten des Stranges zu sichern. Anschließend an die Richtzone 7 ist eine etwa horizontal ausgerichtete Geradföhrung 8 vorgesehen, die ebenfalls eng benachbarte Stütz- und Führungsrollen aufweist. Entlang dieser Geradföhrung 8 wird der Strang ausgefördert, anschließend in einzelne Strangstücke getrennt oder auch direkt verwalzt. Die Geradföhrung 8 kann von der Horizontalen auch abweichen; so sind $5^\circ \pm$ von der Horizontalen ohne weiteres möglich.

[0028] Mit vollen Linien ist in der Fig. eine Stranggießanlage dargestellt, bei der anstelle der Bogenkokille 1 eine gerade Kokille 9 Verwendung findet. Wie aus der Fig. ersichtlich, ist diese gerade Kokille 9 um einen horizontalen Betrag HH gegenüber der Bogenkokille 1 in Richtung zum Mittelpunkt 5 der Kreisbogenföhrung 2 versetzt angeordnet.

[0029] Zusätzlich ist diese gerade Kokille 9 auch um einen geringen Betrag höhenmäßig gegenüber der Bogenkokille 1 versetzt, u. zw. um die Höhe H_v angehoben. An die gerade Kokille 9, d. h. eine Kokille 9 mit einem vertikal ausgerichteten und geradlinigen Hohlraum 10, in den die Metallschmelze eingegossen wird, schließt eine vertikal ausgerichtete Geradföhrung 11 an. Hierdurch wird ein rein vertikal ausgerichteter Abschnitt des gegossenen Stranges sichergestellt, der ein effizientes Reinigen, d. h. Aufsteigen von Verunreinigungen und Gasbläschen, die mit dem Gießstrahl in den flüssigen Kern des Stranges eingespült werden, sicherstellt.

[0030] Anschließend an die vertikale Geradföhrung 11 ist eine Biegezone 12 vorgesehen, die eine Übergangskurve aufweist, entlang der der Strang von geradlinig in eine Kreisbogenform gebogen wird. Diese Übergangskurve ist zweckmäßig ebenfalls gemäß der AT-B - 331 439 gestaltet.

[0031] Die Kreisbogenform weist einen Radius R_{min} auf, der geringer ist als der Radius R_{end} der Kreisbogenföhrung 2, die für die Bogenkokille 1 vorgesehen war. Der Biegezone 12 nachgeordnet ist eine Kreisbogenföhrung 13 mit dem Radius R_{min} , die sich nur über einen kleineren Radiuswinkel von etwa 20° erstreckt. An diese Kreisbogenföhrung 13 schließt eine Richtzone 14 an, in der der Strang geringfügig gerichtet wird, u. zw. genau auf den Radius R_{end} aufgebogen wird, den die ursprünglich für die Bogenkokille 1 vorgesehene Kreisbogenföhrung 2 aufweist. R_{min} ist in Abhängigkeit vom zu vergießenden Werkstoff, von der Gießgeschwindigkeit und von der Gießdicke (Strangdicke) zu wählen. Es ist bei der Wahl von R_{min} zu beachten, daß die Strangschale keinen zu großen Belastungen (keiner zu großen Dehnungsänderung) beim erstmaligen Biegen ausgesetzt wird.

[0032] Je näher die gerade Kokille 9 zum Krümmungsmittelpunkt 5 gerückt wird, desto eher gelingt es, für die gerade Kokille 9 - trotz relativ langer Geradföhr-

rung 11 - ein Niveau 3 der Bogenkokille 1 zu halten, allerdings unter Verkleinerung von $R_{\min}$, insbesondere dann, wenn eine lange vertikale Geradföhrung 11 gewünscht wird.

[0033] Auf diese Art und Weise gelingt es, den Strang von einer geraden Kokille 9 in die Kreisbogenföhrung 2 der Bogenkokille 1 zu bringen, ohne daß die gerade Kokille 9 weit angehoben werden muß. Somit gelingt es mit einem nur geringen Umbau - es muß lediglich der erste Teil 15 der Kreisbogenföhrung 2, der von der Bogenkokille 1 ausgeht und sich bis zum Ende der neu errichteten Richtzone 14 erstreckt, entfernt werden - sich sämtliche metallurgischen Vorteile der geraden Kokille zunutze zu machen. Das Zwischengefäß und der Pfannentragturm können ohne weiteres weiter verwendet werden, gegebenenfalls nach nur geringfügiger Anhebung. Die Gießhalle selbst wird hierdurch keinesfalls betroffen.

[0034] Aus der Fig. ist zu ersehen, daß eine geringfügige Verkürzung der an die gerade Kokille 9 anschließenden vertikalen Geradföhrung 11 genügen würde, und die gerade Kokille 9 käme genau auf dem Niveau zu stehen, auf dem sich die Bogenkokille 1 befunden hat.

[0035] Wesentlich für die Erfindung ist, daß der aus der geraden Kokille 9 austretende Strang zunächst auf einen Radius $R_{\min}$ gebogen wird, der kleiner ist als der Radius R_{end} der Kreisbogenföhrung 2 der Bogenkokille 1, und erst dann auf diesen Radius R_{end} gebogen wird. Dieses Biegen des geraden Stranges auf den Radius R_{end} kann auch in mehreren Stufen erfolgen, beispielsweise durch Anordnung mehrerer Richtzonen 14 hintereinander, aber auch durch Biegen in einer ersten Biegezone 12, die den geraden Strang auf einen engeren Radius $R_{\min}$ biegt als der Radius R_{end} der Kreisbogenföhrung, anschließendes Richten auf einen etwas größeren Radius als $R_{\min}$, den der Strang einnimmt, wenn er die erste Biegezone verläßt, wobei sich dieser Vorgang auch mehrmals wiederholen kann, so lange, bis der Radius R_{end} der Kreisbogenföhrung der Bogenkokille erreicht ist. Diese Varianten mit mehrmaligem Richten bzw. mehrmaligem Biegen-Richten sind vorteilhaft anzuwenden, wenn gewünscht wird, daß sich die gerade Kokille 9 genau auf dem Niveau 3 der ausgebauten Bogenkokille 1 befindet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Stranggießen von Metall-, insbesondere Stahlsträngen, durch Gießen des Metalls in eine gerade, vertikal ausgerichtete Kokille (9) und nachfolgendes Abziehen des in der Kokille (9) gebildeten geraden Stranges, wobei der gerade Strang zunächst entlang einer Übergangskurve in eine Kreisbogenform mit einem Radius (R_{end}) gebogen, entlang einer Kreisbogenföhrung (2) mit dem Radius (R_{end}) geführt, anschließend in einer

End-Richtzone (7) entlang einer Übergangskurve geradegerichtet und danach über eine etwa horizontale Geradföhrung (8) ausgefördert wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Strang in mindestens einer Biegezone (12) entlang einer Übergangskurve in eine ersten Radius ($R_{\min}$) aufweisende Kreisbogenform gebogen wird und in mindestens einer nachgeordneten mehrere eine Rückbiegekraft aufbringende Rollen umfassende (n) Richtzone (14) entlang einer Übergangskurve in eine Kreisbogenform mit größerem Radius (R_{end}) als der Radius ($R_{\min}$), den der Strang nach der ersten Biegezone aufweist, gebogen wird, wobei der größere Radius (R_{end}) vorzugsweise dem Radius (R_{end}) der Kreisbogenföhrung (2) vor der End-Richtzone (7) entspricht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der ersten Radius ($R_{\min}$) aufweisende Strang zwischen der ersten Biegezone (12) und der ersten nachgeordneten Richtzone (14) entlang einer Kreisbogenföhrung (13) mit diesem ersten Radius ($R_{\min}$) geführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der aus der Kokille (9) austretende gerade Strang zwischen der Kokille (9) und der ersten Biegezone (12) entlang einer vertikalen Geradföhrung (11) geführt wird.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Strang nach dem Biegen in der ersten, der Biegezone (12) nachgeordneten Richtzone (14) in mindestens einer weiteren nachgeordneten Richtzone in eine Kreisbogenform mit größerem Radius als der Radius ($R_{\min}$), den der Strang vor der nachgeordneten Richtzone aufweist, gebogen wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Strang nach dem Verformen in der ersten Biegezone nachgeordneten Richtzone (12, 14) mindestens ein weiteres Verformen in einer weiteren Biege- und nachgeordneten Richtzone durchgeführt wird.

6. Stfänggießanlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5 mit einer geraden Kokille (9), einer dieser in Strangausziehrichtung nachgeordneten Strangföhrung mit einer Biegezone (12), einer Kreisbogenföhrung (2) und einer End-Richtzone (7) mit anschließender etwa horizontaler Geradföhrung (8), **dadurch gekennzeichnet, daß** mindestens einer Biegezone (12) mindestens eine mehrere eine Rückbiegekraft aufbringende Rollen umfassende (n) Richtzone (14) mit anschließender Kreisbogenföhrung (2) nachgeordnet ist.

7. Stranggießanlage nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der ersten Biegezone (12) und der ersten Richtzone (14) eine Kreisbogenführung (13) vorgesehen ist. 5
8. Stranggießanlage nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der Kokille (9) und der ersten Biegezone (12) eine vertikale Geradführung (11) für den Strang vorgesehen ist. 10
9. Stranggießanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach der ersten Biege- und nachgeordneten Richtzone (12, 14) mindestens eine weitere Biegezone mit nachgeordneter Richtzone vorgesehen ist. 15
10. Stranggießanlage nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** der durch die Biegezone(n) (12) bzw. Richtzonen (7, 14) hervorgerufene Verlauf der Dehnung des Stranges in mindestens einem der beiden Übergangsbereiche etwa die Gestalt eines schräg verzerrten, eine Wendetangente aufweisenden "S" besitzt, wobei die Steigung am Beginn und am Ende der über dem Bereich aufgetragenen Dehnungskurve Null ist, bezogen auf die X-Achse eines kartesischen Koordinatensystems, dessen Ursprung sich jeweils am Beginn der Übergangskurve befindet und dessen X-Achse eine Tangente an die Übergangskurve darstellt. 20 25 30
11. Stranggießanlage nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Steigung der Wendetangente höchstens einer maximal zulässigen Änderung der Dehnung von 0,0025 %/mm beim Biegen und 0,0030%/mm beim Richten entspricht. 35
12. Stranggießanlage nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Übergangskurve der Differentialgleichung der Krümmungsänderung (y''') 40

$$y''' = \varphi'(x_j) \cdot \frac{1}{R_{E0} X_E \int \varphi(x_j) dx}$$

folgt und $\varphi'(x_j)$ die Funktion der Dehnungsänderung ist, die über die Erstreckung der Biege- bzw. Richtzone (12, 14, 7) einen von Null zunächst ansteigenden, dann das Maximum der Dehnungsänderung erreichenden und dann wieder auf Null abfallenden Verlauf hat, R_E gleich dem Kreisbogenradius am Ende der Biege- bzw. am Anfang der Richtzone (12, 14, 7) und X_E die vertikale Projektion der Biegezone (12) bzw. die horizontale Projektion der Richtzone (14, 7), und x_j eine Lagekoordinate im Koordinatensystem darstellt. 50 55

13. Verfahren zum Umbau einer Stranggießanlage mit einer Bogenkokille (1), einer daran anschließenden Kreisbogenführung (2) und einer End-Richtzone (7) mit nachgeordneter etwa horizontaler Geradführung (8) in eine Stranggießanlage mit einer geraden, vertikal ausgerichteten Kokille (9), **dadurch gekennzeichnet,**

- **daß** die Bogenkokille (1) und ein daran anschließender Teil (15) der Kreisbogenführung (2) entfernt werden,
- **daß** eine gerade Kokille (9) an einer Stelle der Stranggießanlage eingebaut wird, deren Mittelachsenentfernung zum Krümmungsmittelpunkt (5) der Kreisbogenführung (2) geringer ist als der Radius (R_{end}) der ursprünglichen Kreisbogenführung (2),
- **daß** eine Übergangskurve aufweisende Biegezone (12) fluchtend zur geraden Kokille (9) eingebaut wird, aus der der Strang mit einem ersten Radius (R_{min}), der geringer ist als der Radius (R_{end}) der Kreisbogenführung (2), austritt, und
- **daß** der Biegezone (12) nachfolgend mindestens eine mehrere eine Rückbiegekraft aufbringende Rollen umfassende(n) Richtzone (14) eingebaut wird, aus der der Strang mit einem zweiten Radius (R_{end}), der größer ist als der erste Radius (R_{min}), austritt, und welcher zweite Radius (R_{end}) vorzugsweise dem Radius (R_{end}) des in der Stranggießanlage verbleibenden Teils der ursprünglich vorhandenen Kreisbogenführung (2) entspricht und in diese Kreisbogenführung (2) fluchtend, d.h. tangentialgleich übergeht.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der Biegezone (12) und der ersten Richtzone (14) eine Kreisbogenführung (13) eingebaut wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen der Kokille (9) und der Biegezone (12) eine fluchtend zur Kokille (9) angeordnete Geradführung (11) eingebaut wird. 45

16. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** die gerade Kokille (9) in einem Niveau in die Stranggießanlage eingebaut wird, das von dem Niveau (3) der Bogenkokille (1) nur gering abweicht, vorzugsweise gering über diesem Niveau (3) liegt.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 13 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** anschließend an die erste Richtzone (14) eine weitere Richtzone mit nachgeordneter Kreisbogenführung eingebaut wird.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 11 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, daß** nach der ersten Biege- und nachgeordneten Richtzone (12, 14) mindestens eine weitere Biege- und nachgeordnete Richtzone eingebaut wird.

Claims

1. A process for continuously casting metal strands, in particular steel strands, by casting the metal into a straight, vertically oriented mold (9) and subsequently drawing off the straight strand formed in the mold (9), wherein the straight strand along a transition curve at first is bent into a circular arc shape having a radius (R_{end}), is guided along a circular arc guide (2) having said radius (R_{end}), subsequently is straightened in a final straightening zone (7) along a transition curve and, after this, is extracted via an approximately horizontal straight guide (8), **characterized in that** the strand in at least one bending zone (12) along a transition curve is bent into a circular arc shape having a first radius (R_{min}) and in at least one consecutively arranged straightening zone (14) comprising several rolls applying a reverse-bending force (n) is bent, along a transition curve, into a circular arc shape having a larger radius (R_{end}) than the radius (R_{min}) of the strand after the first bending zone, the larger radius (R_{end}) preferably corresponding to the radius (R_{end}) of the circular arc guide (2) in front of the final straightening zone (7).
2. A process according to claim 1, **characterized in that** the strand having a first radius (R_{min}) between the first bending zone (12) and the first consecutively arranged straightening zone (14) is guided along a circular arc guide (13) having said first radius (R_{min}).
3. A process according to claim 1 or 2, **characterized in that** the straight strand emerging from the mold (9) is guided between the mold (9) and the first bending zone (12) along a vertical straight guide (11).
4. A process according to one or several of claims 1 to 3, **characterized in that** the strand, after having been bent in the first straightening zone (14) following the bending zone (12), in at least one further consecutively arranged straightening zone is bent into a circular arc shape having a larger radius than the radius (R_{min}) of the strand in front of the consecutively arranged straightening zone.
5. A process according to one or several of claims 1 to 4, **characterized in that** at least a further shaping of the strand is effected in a further bending zone and consecutively arranged straightening zone, following shaping in the first bending zone and consecutively arranged straightening zone (12, 14).
6. A continuous casting apparatus for carrying out the process according to one or several of claims 1 to 5, comprising a straight mold (9), a strand guide following upon said mold in the strand extraction direction and including a bending zone (12), a circular arc guide (2) and a final straightening zone (7) followed by a consecutively arranged, approximately horizontal straight guide (8), **characterized in that** at least one straightening zone (14) comprising several rolls applying a reverse-bending force (n) and followed by a consecutively arranged circular arc guide (2) is arranged to follow at least one bending zone (12).
7. A continuous casting apparatus according to claim 6, **characterized in that** a circular arc guide (13) is provided between the first bending zone (12) and the first straightening zone (14).
8. A continuous casting apparatus according to claim 6 or 7, **characterized in that** a vertical straight guide (11) is provided for the strand between the mold (9) and the first bending zone (12).
9. A continuous casting apparatus according to one or several of claims 6 to 8, **characterized in that** at least one further bending zone followed by a straightening zone is arranged to follow the first bending zone and consecutively arranged straightening zone (12, 14).
10. A continuous casting apparatus according to one or several of claims 6 to 9, **characterized in that** the strand elongation course caused by the bending zone(s) (12) and straightening zones (7, 14), respectively, in at least one of the two transitional regions approximately has the shape of an obliquely distorted "S" including an inflectional tangent, wherein the slopes at the beginning and end of the elongation curve plotted above said region are zero, based on the X axis of a cartesian coordinate system whose origin is each located in the beginning of the transition curve and whose X axis constitutes a tangent to the transition curve.
11. A continuous casting apparatus according to claim 10, **characterized in that** the inclination of the inflectional tangent at most corresponds to a maximally admissible change of elongation of 0.0025 %/mm during bending and 0.0030 %/mm during straightening.
12. A continuous casting apparatus according to claim 10 or 11, **characterized in that** the transition curve

follows the differential equation of the change of curvature (y''')

$$y''' = \varphi'(x_j) \cdot \frac{1}{R_{E0} X_E \int \phi(x_j) dx} \quad 5$$

and $\varphi'(x_j)$ is the function of the change of elongation, which, over the extension of the bending and straightening zones (12, 14, 7), has a course initially rising from zero, then reaching the maximum of the change of elongation and then dropping back to zero, R_E is the radius of the circular arc at the end of the bending zone or beginning of the straightening zone (12, 14, 7), respectively, and X_E is the vertical projection of the bending zone (12) or the horizontal projection of the straightening zone (14, 7), respectively, and x_j represents a position coordinate within the coordinate system. 10

13. A process for converting a continuous casting apparatus including a curved mold (1), a circular arc guide (2) following thereupon and a final straightening zone (7) with a consecutively arranged, approximately horizontal straight guide (8), into a continuous casting apparatus including a straight vertically oriented mold (9), **characterized in that** 25

- the curved mold (1) and a circular arc guide (2) part (15) following thereupon are removed, 30
- a straight mold (9) is installed on a continuous casting apparatus site whose center line distance relative to the center of curvature (5) of the circular arc guide (2) is smaller than the radius (R_{end}) of the original circular arc guide (2), 35
- a bending zone (12) including a transition curve is installed in alignment with the straight mold (9), from which bending zone the strand having a first radius (R_{min}) smaller than the radius (R_{end}) of the circular arc guide (2) emerges, and 40
- at least one straightening zone (14) comprising several rolls applying a reverse-bending force (n) is installed to follow the bending zone (12), from which straightening zone the strand having a second radius (R_{end}) larger than the first radius (R_{min}) emerges, which second radius (R_{end}) preferably corresponds to the radius (R_{end}) of the part of the originally present circular arc guide (2) remaining in the continuous casting apparatus and merges into this circular arc guide (2) in an aligned, i.e., tangentially equal manner. 45

14. A process according to claim 13, **characterized in that** a circular arc guide (13) is installed between the bending zone (12) and the first straightening zone (14). 50

15. A process according to claim 13 or 14, **characterized in that** a straight guide (11) registering with the mold (9) is installed between the mold (9) and the bending zone (12).

16. A process according to one or several of claims 13 to 15, **characterized in that** the straight mold (9) is installed into the continuous casting apparatus on a level only slightly deviating from the level (3) of the curved mold (1), preferably lying closely above said level (3).

17. A process according to one or several of claims 13 to 16, **characterized in that** a further straightening zone with a consecutive circular arc guide is installed so as to follow the first straightening zone (14).

18. A process according to one or several of claims 1 to 17, **characterized in that** at least one further bending zone with a consecutive straightening zone is installed so as to follow the first bending zone and consecutively arranged straightening zone (12, 14).

Revendications

1. Procédé pour la coulée continue de métal, en particulier de barres en acier, par la coulée du métal dans une coquille (9), qui est orientée verticalement et droite, et par le retrait ultérieur de la barre droite formée dans la coquille (9), dans lequel la barre droite est d'abord pliée le long d'une courbe de transition dans un moule en arc de cercle présentant un rayon (R_{end}), est conduite le long d'un élément de guidage en arc de cercle (2) présentant le rayon (R_{end}), est ensuite redressée dans une zone d'alignement terminal le long d'une courbe de transition et est ensuite extraite par l'intermédiaire d'une glissière approximativement horizontale (8), **caractérisé en ce que** la barre est pliée selon une forme en arc de cercle présentant un premier rayon (R_{min}) dans au moins une zone de pliage (12) le long d'une courbe de transition et **en ce que** celle-ci est redressée dans au moins une zone d'alignement (14) agencée en aval et comportant plusieurs rouleaux exerçant une force de dépliage le long d'une courbe de transition selon une forme en arc de cercle, présentant un rayon (R_{end}) supérieur au rayon (R_{min}) que la barre présente en aval de la première zone de pliage, le rayon supérieur (R_{end}) correspondant de préférence au rayon (R_{end}) de l'élément de guidage en arc de cercle (2) en amont de la zone d'alignement terminal (7).
2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** la barre présentant un premier rayon (R_{min}) est guidée entre la première zone de pliage (12) et

la première zone d'alignement (14) agencée en aval le long d'un élément de guidage en arc de cercle (13) possédant ce premier rayon ($R_{\min}$).

3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la barre droite, qui sort de la coquille (9); est guidée entre la coquille (9) et la première zone de pliage (12) le long d'un guidage droit vertical (11). 5
4. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la barre est pliée, après le pliage dans la première zone d'alignement (14) agencée en aval de la zone de pliage (12), dans au moins une autre zone d'alignement agencée en aval selon une forme en arc de cercle possédant un rayon plus grand que le rayon ($R_{\min}$) que la barre présente en amont de la zone d'alignement agencée en aval. 10
5. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que**, après la déformation dans la première zone de pliage et d'alignement agencée en aval (12, 14), au moins une autre déformation est effectuée sur la barre dans une autre zone de pliage et d'orientation agencée en aval. 15
6. Installation de coulée continue pour la mise en oeuvre du procédé suivant une ou plusieurs des revendications 1 à 5 comprenant une coquille droite (9), un élément de guidage de barre avec une zone de pliage (12) qui est agencé en aval de celle-ci (9) suivant la direction de retrait de la barre, un élément de guidage en arc de cercle (2) et une zone d'alignement terminale (7) présentant une glissière (8) pratiquement horizontale s'y rattachant, **caractérisée en ce qu'**au moins une zone d'alignement (14) comportant plusieurs rouleaux exerçant une force de dépliage avec un guidage en arc de cercle (2) s'y rattachant est agencée en aval d'au moins une zone de pliage (12). 20
7. Installation de coulée continue suivant la revendication 6, **caractérisée en ce qu'** il est prévu un élément de guidage en arc de cercle (13) entre la première zone de pliage (12) et la première zone d'alignement (14). 25
8. installation de coulée continue suivant la revendication 6 ou 7, **caractérisée en ce qu'**il est prévu un guidage droit vertical (11) destinée à la barre entre la coquille (9) et la première zone de pliage (12). 30
9. Installation de coulée continue suivant une ou plusieurs des revendications 6 à 8, **caractérisée en ce qu'**il est prévu, en aval de la première zone de pliage et d'alignement agencée en aval (12, 35

14), au moins une autre zone de pliage avec une zone d'alignement agencée en aval.

10. installation de coulée continue suivant une ou plusieurs des revendications 6 à 9, **caractérisée en ce que** l'allure de l'extension de la barre, qui est produite par la ou les zone(s) de pliage (12) et respectivement les zones d'orientation (7, 14) possède dans au moins l'une des deux zones de transition approximativement la forme d'un "S" qui est tordu obliquement et qui présente une tangente d'inflexion, dans lequel la pente est nulle au début et à la fin de la courbe de pliage appliquée à la zone en étant rapportée à l'axe X d'un système de coordonnées cartésien, dont l'origine se trouve chaque fois au début de la courbe de transition et dont l'axe X montre une tangente à la courbe de transition. 40
11. Installation de coulée continue suivant la revendication 10, **caractérisée en ce que** la pente de la tangente d'inflexion correspond au plus à une variation admissible maximale de l'extension de 0,0025 %/mm en flexion et 0,0030%/mm en alignement. 45
12. Installation de coulée continue suivant la revendication 10 ou 11, **caractérisée en ce que** la courbe de transition suit l'équation différentielle de la variation de courbure (y'''') 50

$$y'''' = \varphi'(x_j) \cdot \frac{1}{R_{E0} X_E \int \varphi(x_j) dx}$$

et **en ce que** $\varphi(x_j)$ est la fonction de la variation de l'extension, qui présente, sur l'extension de la zone de pliage et respectivement d'alignement (12, 14, 7), un cours qui part de zéro, monte d'abord, atteint ensuite le maximum de la variation d'extension et tombe ensuite de nouveau à zéro, R_E est égal au rayon d'arc de cercle à l'extrémité de la zone de pliage et respectivement au début de la zone d'alignement (12, 14, 7) et X_E représente la projection verticale de la zone de pliage (12), et respectivement la projection horizontale de la zone d'alignement (14, 7), et X_j une coordonnée de position dans le système de coordonnées. 55

13. Procédé de transformation d'une installation de coulée continue comprenant une coquille en courbe (1), un élément de guidage en arc de cercle (2) s'y rattachant et une zone d'alignement terminal (7) avec une glissière (8) pratiquement horizontale agencée en aval, dans une installation de coulée continue comprenant une coquille (9) orientée verticalement et droite, **caractérisé**

- **en ce que** la coquille en courbe (1) et une partie

s'y rattachant (15) de l'élément de guidage en arc de cercle (2) sont retirées,

- **en ce qu'**une coquille droite (9) est incorporée à un emplacement de l'installation de coulée continue, dont l'écartement de l'axe médian par rapport au centre de courbure (5) de l'élément de guidage en arc de cercle (2) est inférieur au rayon (R_{end}) de l'élément de guidage en arc de cercle d'origine (2), 5
- **en ce qu'**une zone de pliage (12), qui présente une courbe de transition et qui est en alignement avec la coquille droite (9) est incorporée, à partir de laquelle la barre sort avec un premier rayon (R_{min}) qui est plus faible que le rayon (R_{end}) de l'élément de guidage en arc de cercle (2), et; 10
- **en ce que**, en aval de la zone de pliage (12), au moins une zone d'alignement (14) comportant plusieurs rouleaux exerçant une force de dépliage est incorporée à partir de laquelle la barre sort avec un deuxième rayon (R_{end}) qui est supérieur au premier rayon (R_{min}), et lequel deuxième rayon (R_{end}) correspond de préférence au rayon (R_{end}) de la partie de l'élément de guidage en arc de cercle existant à l'origine, qui reste dans l'installation de coulée continue, et; qui passe dans cet élément de guidage en arc de cercle (2) de façon alignée, c'est-à-dire comme une tangente. 20 25

30

14. Procédé suivant la revendication 13, **caractérisé en ce qu'**un élément de guidage en arc de cercle (13) est incorporé entre la zone de pliage (12) et la première zone d'alignement (14). 35

35

15. Procédé suivant la revendication 13 ou 14, **caractérisé en ce qu'**une glissière (11) agencée en alignement avec la coquille (9) est incorporée entre la coquille (9) et la zone de pliage (12). 40

40

16. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 13 à 15, **caractérisé en ce que** la coquille droite (9) est incorporée dans un niveau de l'installation de coulée continue, qui ne s'écarte que faiblement du niveau (3) de la coquille courbe (1), se situant de préférence légèrement au-dessus de ce niveau (3). 45

45

17. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 13 à 16, **caractérisé en ce qu'**une autre zone d'alignement avec un élément de guidage en arc de cercle agencé en aval est incorporée en se rattachant à la première zone d'alignement (14). 50

50

18. Procédé suivant une ou plusieurs des revendications 11 à 17, **caractérisé en ce que** au moins une autre zone de pliage et d'alignement agencée en aval est incorporée en aval de la première zone de 55

55

pliage et d'alignement agencée en aval (12, 14).

