



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
18.04.2012 Patentblatt 2012/16

(21) Anmeldenummer: **10187232.3**

(22) Anmeldetag: **12.10.2010**

(51) Int Cl.:
B22D 11/041 ^(2006.01) **B22D 11/043** ^(2006.01)
B22D 11/12 ^(2006.01) **B22D 11/124** ^(2006.01)
B22D 11/128 ^(2006.01) **B22D 11/14** ^(2006.01)
B22D 11/22 ^(2006.01) **B21B 1/46** ^(2006.01)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens VAI Metals Technologies GmbH**
4031 Linz (AT)

(72) Erfinder:
• **Hohenbichler, Gerald**
4484 Kronstorf (AT)
• **Watzinger, Josef**
4204 Reichenau (AT)
• **Eckerstorfer, Gerald**
4060 Leonding (AT)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens Aktiengesellschaft
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **Verfahren und Anlage zur energieeffizienten Erzeugung von Stahlwarmband**

(57) Verfahren und Anlage zur energieeffizienten Erzeugung von Stahlwarmband

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband, welches ausgehend von einem durch eine Strangführungsvorrichtung (6) geführten Strang (3) in einer vorzugsweise mindestens viergerüstigen Vorwalzstraße (4) gewalzt wird, umfasst folgende Verfahrensschritte:

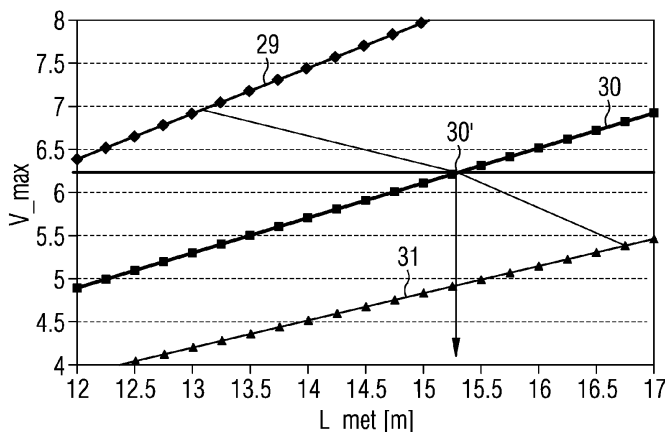
- Gießen eines Stranges (3) in einer Kokille (2), wobei der Strang (3) im Liquid-Core-Reduction-Verfahren mittels der anschließenden Strangführungsvorrichtung auf eine Strangdicke zwischen 60 und 95 mm, vorzugsweise auf eine Strangdicke zwischen 70 und 85 mm reduziert

wird,

- wobei eine zwischen dem Meniskus (13), d.i. der Badspiegel der Kokille und einem der Vorwalzstraße (4) zugewandten Ende (14) der Strangführungsvorrichtung (6) gemessene Strangstützlänge (L) zwischen 12 m und 16,5 m, bevorzugt zwischen 14,2 und 16,5 m ist,
- und wobei eine Gießgeschwindigkeit (v_c) in einem Bereich von 3,8 - 7 m/min liegt.

Durch eine Kombination der erfindungsgemäßen Gießparameter wird gewährleistet, dass die Sumpfspitze des Stranges unabhängig von jeweiligen materialgüteabhängigen Maximalgießgeschwindigkeiten immer bis nahe an das Ende (14) der Strangführungsvorrichtung (6) heranreicht.

FIG 6



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband, welches ausgehend von einem durch eine Strangführungsvorrichtung geführten Strang in einer Vorwalzstraße zu einem Zwischenband und in weiterer Folge in einer Fertigwalzstraße zu einem Endband gewalzt wird, gemäß Anspruch 1 sowie eine dazu korrespondierende Anlage zur Durchführung dieses Verfahrens gemäß Anspruch 21.

[0002] Man spricht von kontinuierlicher Herstellung oder "Endloswalzen", wenn eine Gießanlage so mit einer Walzanlage verbunden ist, dass der in einer Kokille der gegossene Strang direkt - ohne Abtrennung vom gerade gegossenen Strangteil und ohne Zwischenlagerung - in eine Walzanlage geführt und dort auf eine jeweils gewünschte Enddicke gewalzt wird. Der Beginn des Stranges kann also schon zu einem Stahlband auf die Enddicke fertig gewalzt sein, während die Gießanlage weiterhin an dem gleichen Strang gießt, also gar kein Ende des Stranges existiert. Man spricht auch von direkt gekoppeltem Betrieb oder Endlos-Betrieb der Gieß- und Walzanlage.

[0003] Bei der semikontinuierlichen Herstellung bzw. "Semi-Endloswalzen" werden die gegossenen Stränge nach dem Gießen geteilt und die abgeteilten Stränge bzw. Brammen ohne Zwischenlagerung und Abkühlung auf Umgebungstemperatur der Walzanlage zugeführt.

[0004] Der aus der Kokille der Gießanlage austretende Strang durchläuft zunächst eine unmittelbar an die Kokille anschließende Strangführungsvorrichtung. Die auch als "Strangführungskorsett" bezeichnete Strangführungsvorrichtung umfasst mehrere (üblicherweise drei bis sechs) Führungssegmente, wobei jedes Führungssegment ein oder mehrere (üblicherweise drei bis zehn) Paare an vorzugsweise als Strangstützrollen ausgeführten Führungselementen umfasst. Die Stützrollen sind um eine orthogonal zur Transportrichtung des Stranges verlaufende Achse drehbar.

[0005] Anstelle von Strangstützrollen können einzelne Führungselemente auch als statische, z.B. kufenförmige Bauteile ausgeführt sein.

[0006] Unabhängig von der konkreten Ausführung der Führungselemente sind diese beiderseits der Strangbreitseiten angeordnet, sodass der Strang durch obere und untere Führungselemente-Serien geführt und zu einer Vorwalzstraße befördert wird.

[0007] Genau gesehen wird der Strang nicht nur durch die Strangführungsvorrichtung gestützt, sondern auch schon durch einen unteren Endbereich der Kokille, weshalb man die Kokille auch als Teil der Strangführungsvorrichtung ansehen könnte.

[0008] Die Strangerstarrung beginnt am oberen Ende der (Durchlauf-)Kokille am Badspiegel, am sogenannten "Meniskus", wobei die Kokille typischerweise ca. 1m lang

ist (0,3 - 1,5m).

[0009] Der Strang tritt vertikal nach unten aus der Kokille aus und wird in die Horizontale umgelenkt. Die

[0010] Strangführungsvorrichtung weist daher einen im Wesentlichen über einen Winkelbereich von 90° gekrümmten Verlauf auf.

[0011] Der aus der Strangführungsvorrichtung austretende Strang wird in der Vorwalzstraße (HRM, High-Reduction Mill) dickenreduziert, das dabei entstehende Zwischenband wird mittels einer Heizeinrichtung erwärmt und in einer Fertigwalzstraße fertig gewalzt. In der Fertigwalzstraße wird warm gewalzt, das heißt, dass das Walzgut beim Walzen eine Temperatur oberhalb seiner Rekristallisationstemperatur aufweist. Bei Stahl ist dies der Bereich oberhalb von etwa 750°C, üblicherweise wird bei Temperaturen bis zu 1200°C warm gewalzt.

[0012] Beim Warmwalzen von Stahl befindet sich das Metall meist im austenitischen Zustand, wo die Eisentome kubisch flächenzentriert angeordnet sind. Man spricht dann von Walzen im austenitischen Zustand, wenn sowohl die Anfangs- als auch die Endwalztemperatur im Austenitgebiet des jeweiligen Stahls liegen. Das Austenitgebiet eines Stahls ist abhängig von der Stahlzusammensetzung, liegt aber in der Regel über 800°C.

[0013] Maßgebliche Parameter beim Herstellungsprozess von Stahlwarmband aus Gieß-Walz-Verbundanlagen sind die Gießgeschwindigkeit, mit der der Strang die Kokille verlässt (und die Strangführungsvorrichtung durchläuft) sowie der Massedurchsatz bzw. Volumenstrom, welcher als Produkt der Gießgeschwindigkeit mit der Dicke des Stranges angegeben wird und üblicherweise die Einheit [mm*m/min] trägt.

[0014] Die produzierten Stahlbänder werden unter anderem für Kraftfahrzeuge, Haushaltsgeräte und das Bauwesen weiterverarbeitet.

Stand der Technik

[0015] Aus dem Stand der Technik ist das kontinuierliche und semikontinuierliche Herstellen von Stahlwarmbändern bereits bekannt. Aufgrund der Kopplung von Gießanlage und Walzanlage stellt die Beherrschung sämtlicher Anlagenparameter eine hohe prozesstechnische Anforderung dar. Modifikationen beim Gieß- und Walzprozess, insbesondere durch Änderung der Gießgeschwindigkeit in Kombination mit der Strangdicke sowie eines werkstoffspezifischen und über eine Abkühlung aussteuerbaren Erstarrungskoeffizienten haben eine beträchtliche Auswirkung auf die Fertigungsgüte und Energieeffizienz der Anlage.

[0016] Gattungsgemäße Verfahren bzw. Anlagen sind z.B. aus EP 0 415 987 B1, EP 1 469 954 B1 und DE 10 2007 058 709 A1 und WO 2007/086088 A1 bekannt.

[0017] Bedeutende Fortschritte in der Warmwalztechnik wurden insbesondere von der Acciaieria Arvedi S.p.A. erzielt, welche ein auf der ISP-Technologie (Inline Strip Production) basierendes Dünnbrammen-Endlosverfahren unter dem Namen Arvedi ESP (Endless

Strip Production) entwickelt hat.

[0018] Mittels dieser Technologie kann ein Stahlband von weniger als 0,8 mm Stärke ohne Wicklungsprobleme hergestellt werden, wobei über die gesamte Breite und Länge des Stahlbands einheitliche und wiederholbare mechanische Eigenschaften gewährleistet sind.

[0019] Bei diesem ESP-Verfahren werden der Guss- und der Walzvorgang in besonders vorteilhafter Weise miteinander verbunden, sodass ein nachfolgendes Kaltwalzen für viele Stahlwarmbandgüten nicht mehr erforderlich ist. Bei solchen Stahlwarmbandgüten, bei welchen ein nachfolgendes Kaltwalzen weiterhin erforderlich ist, kann die Anzahl der Walzgerüste gegenüber konventionellen Walzwerken reduziert werden.

[0020] Eine z.B. in der Rolling & Processing Conference '08 (September) veröffentlichte und in Cremona, Italien installierte ESP-Anlage zur Stahlwarmbänderzeugung der Fa. Arvedi umfasst eine an eine Stranggießanlage anschließende Vorwalzstraße mit drei Vorwalzgerüsten, zwei Band-Abtrennvorrichtungen, einen Induktionsofen zur Zwischenerwärmung des vorgewalzten Zwischenbandes, gefolgt von einer Fertigwalzstraße mit fünf Fertigwalzgerüsten. Das aus der Vorwalzstraße austretende Endband wird in einer Kühlstrecke gekühlt und mittels dreier Unterflurhaspeln zu Bandrollen mit einem Gewicht von bis zu 32 Tonnen aufgewickelt. Den Unterflurhaspeln ist eine Abtrennvorrichtung in Form einer Schnellschere vorgelagert. Abhängig von den Stahlsorten und der Stärke des gewalzten Stahlbands liegt die Produktionskapazität dieser einsträngigen Produktionslinie bei etwa 2 Millionen Tonnen pro Jahr.

[0021] Eine derartige Anlage ermöglicht im kontinuierlichen Betrieb die Herstellung von Warmbändern mit einer Enddicke zwischen 0,8 und 4 mm. Bei Endbanddicken zwischen 4 und 12 mm können Stahlbandbunde im semikontinuierlichen Betrieb erzeugt werden, jedoch wird gemäß Berechnungen der Erfinder für kohlenstoffarme Stähle im kontinuierlichen Betrieb ein breitenspezifischer Mindestdurchsatz von ca. 450 mm*m/min benötigt, um in der Fertigwalzstraße alle fünf Fertigwalzgerüste einsetzen zu können.

[0022] Unterhalb dieses Mindestdurchsatzes können nur vier Fertigwalzgerüste eingesetzt werden, wobei für Stahlgüten, die aufgrund spezifisch geforderter Materialeigenschaften langsamer gegossen werden müssen, kaum ein Volumenstrom von 400 mm*m/min erreicht wird. Bei prozesstechnisch geforderter stärkerer Kühlung des Stahlwarmbandes (Zwischenbandes) ist selbst bei Volumenströmen im Bereich von 400-450 mm*m/min ein Einsatz von vier Fertigwalzgerüsten in Frage gestellt bzw. ein Einsatz von lediglich drei Fertigwalzgerüsten angezeigt. Als nachteilig erweist sich insbesondere eine zu große Strangstützlänge von 17 m, das ist jener genauer als "metallurgische Länge" bezeichneter Abstand zwischen dem Ausgussbereich der Kokille, genau gesagt zwischen dem als "Meniskus" bezeichneten Badspiegel des flüssigen Stahls und dem der Vorwalzstraße zugewandten Ende der

Strangführungsvorrichtung.

[0023] Wie bereits eingangs beschrieben, bildet die Strangführungsvorrichtung zwischen den Führungselementen bzw. den Strangstützrollen einen zum Teil gekrümmten Aufnahmeschacht zur Aufnahme des frisch gegossenen (noch einen flüssigen Kern aufweisenden) Stranges aus.

[0024] Als Ende der Strangführungsvorrichtung wird somit im vorliegenden Zusammenhang die zur Strangkontaktierung vorgesehene führungsaktive Fläche bzw. Mantellinie des letzten der Vorwalzstraße zugewandten Führungselementes bzw. der letzten Stützrolle der oberen Führungselemente-Serie verstanden.

[0025] Eine Strangstützlänge von 17 m hat zur Folge, dass der Querschnittskern des Stranges noch vor dem Austreten des Stranges, und zwar bereits mehrere Meter vor dem Ende der Strangführungsvorrichtung, komplett durcherstarrt ist. Der aus dem ISP-Verfahren bekannte verarbeitungstechnische Vorteil eines heißen Stahlbandkerns ist somit nicht bzw. nur mehr in unzureichendem Maße gegeben. Das Walzen eines komplett durcherstarrten bzw. kühleren Gießstranges erfordert einen wesentlich höheren Energieaufwand als das Walzen eines Gießstranges mit sehr heißem Querschnittskern.

[0026] Mit zunehmender Entfernung vom Meniskus kühlt der in der Strangführungsvorrichtung geführte Strang bzw. das in seiner Ausgangsform befindliche Stahlband immer mehr ab. Jener innere Bereich des Stranges, welcher noch flüssig bzw. von teigig-sumpfiger Konsistenz ist, wird im Folgenden als Flüssigsumpf bezeichnet. Eine kokillenfernere "Sumpfspitze" des Flüssigsumpfes ist als jener zentrische Querschnittsbereich des Stranges definiert, in welchem die Temperatur gerade noch im Wesentlichen der Stahl-Solidustemperatur entspricht und anschließend unter diese abfällt. Die Temperatur der Sumpfspitze entspricht daher der Solidustemperatur der jeweiligen Stahlsorte (typischerweise zwischen 1300 °C und 1535 °C).

[0027] Für Volumenströme unterhalb von 380-400 mm*m/min fand bisher im ISP- oder ESP-Verfahren lediglich eine diskontinuierliche Herstellung ("batch-Betrieb") statt.

[0028] Aus dem Stand der Technik bekannte CSP (Compact Strip Production) Verfahren arbeiten bei Strangdicken von 45-65 mm ebenfalls mit Volumenströmen unterhalb von ca. 400 mm*m/min unter Einsatz eines Rollenherdofens mit einer Länge von 250 m und mehr, wobei ausschließlich eine diskontinuierliche Herstellung ("batch-Betrieb") oder eine semikontinuierliche Herstellung stattfindet. Bei letzterer werden 3-6 abgetrennte (nicht mehr mit der Gießanlage bzw. Kokille verbundene) Stränge bzw. Brammen endlos verwalzt.

[0029] In der EP 0 889 762 B1 wird zum endlosen Gießen und Walzen von Warmband ein Volumenstrom > 0,487 mm²/min (umgerechnet auf die eingangs erwähnte gebräuchliche Einheit: >487 mm*m/min) vorgeschlagen. Ein Gießen mit solch hohem Volumenstrom bei verhält-

nismäßig geringer Strangdicke erweist sich jedoch für viele Stahlsorten als zu schnell, um eine hinreichende Fertigungsqualität gewährleisten zu können.

Darstellung der Erfindung

[0030] Im Zuge zunehmenden Kosten- und Fertigungsdruckes wird eine weitere Optimierung der Fertigung von Stahlwarmband angestrebt.

[0031] Insbesondere soll die Energieeffizienz gattungsgemäßer Anlagen zur Herstellung von Stahlwarmband deutlich gesteigert und dadurch eine wirtschaftlichere Fertigung ermöglicht werden.

[0032] Um die Gießhitze während des Fertigungsprozesses von Warmbandstahl optimal auszunutzen, soll es gewährleistet sein, dass die Sumpfspitze, d.i. der gerade noch teigigflüssige Querschnittskern des in der Strangführungsvorrichtung transportierten Stranges, sich stets möglichst nahe am Ende der Strangführungsvorrichtung und somit möglichst nahe am Eintritt in die Vorwalzstraße befindet.

[0033] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für eine Vielzahl an Stahlgüten, Kühlparametern und Strangdicken diejenigen Gieß- und Anlagenparameter ausfindig zu machen, unter welchen die Sumpfspitze des Stranges möglichst weit fernab der Kokille, d.h. möglichst nahe am Ende der Strangführungsvorrichtung gehalten werden kann.

[0034] Bei dieser Aufgabe ist zu berücksichtigen, dass sich in Abhängigkeit eines materialspezifischen Erstarrungsfaktors und einer jeweils eingestellten Strangdicke die Gießgeschwindigkeit bzw. der die Strangführungsvorrichtung passierende Volumenstrom auch nicht zu groß sein dürfen, da in solchem Falle ein Hinausverlagern der Sumpfspitze über die Strangführungsvorrichtung hinaus und somit ein Ausbauchen und Aufplatzen des Stranges stattfinden könnte.

[0035] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Anlage mit den Merkmalen des Anspruchs 21 gelöst.

[0036] Ein Verfahren zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband, welches ausgehend von einem durch eine Strangführungsvorrichtung geführten Stranges in einer Vorwalzstraße zu einem Zwischenband und in weiterer Folge in einer Fertigwalzstraße zu einem Endband gewalzt wird, umfasst erfindungsgemäß folgende Verfahrensschritte:

- Gießen eines Stranges in einer Kokille einer Gießanlage, wobei der Strang im Liquid-Core-Reduction (LCR-) Verfahren mittels der anschließenden Strangführungsvorrichtung bei flüssigem Querschnittskern des Stranges auf eine Strangdicke zwischen 60 und 95 mm, vorzugsweise auf eine Strangdicke zwischen 70 und 85 mm reduziert wird,
- wobei eine zwischen dem Meniskus, d.i. der Badspiegel der Gießanlage, und einem der Vorwalzstra-

ße zugewandten Ende der Strangführungsvorrichtung gemessene Strangstützlänge zwischen 12 m und 16,5 m, bevorzugt zwischen 14,2 m und 16,5 m ist,

- und wobei eine Gießgeschwindigkeit des Stranges (welche im Wesentlichen auch der Geschwindigkeit des Stranges bei Durchlaufen der Strangführungsvorrichtung entspricht) in einem Bereich von 3,8 - 7 m/min liegt.

[0037] Durch eine Kombination dieser Gießparameter wird gewährleistet, dass die Sumpfspitze des Stranges unabhängig von jeweiligen materialgüteabhängigen Maximalgießgeschwindigkeiten immer bis nahe an das Ende der Strangführungsvorrichtung heranreicht.

[0038] Auf diese Weise ist gewährleistet, dass der Strang während seiner Dickenreduzierung zumindest in der ersten der Strangführungsvorrichtung nachgelagerten Walzstraße einen ausreichend heißen Querschnittskern aufweist, um mit relativ geringem Energieaufwand und unter Gewährleistung hoher Fertigungsqualität gewalzt zu werden.

[0039] Der Energieaufwand beim Walzen von Stahlwarmband wird somit wesentlich verringert und die Effizienz gattungsgemäßer Anlagen gesteigert.

[0040] Um das erfindungsgemäße Verfahren weiter zu optimieren, wurden durch Berechnungen und Versuchsanordnungen spezielle Verfahrensparameter ermittelt, welche hinsichtlich Fertigungsqualität und Energieeffizienz einen bedeutenden Fortschritt in der Herstellung von Stahlwarmband ermöglichen.

[0041] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Strangstützlänge kleiner oder gleich 15,5 m ist, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 13 und 15 m, insbesondere zwischen 14,2 und 15 m, liegt.

[0042] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass in der Vorwalzstraße ein Vorwalzen des Stranges zu einem Zwischenband in mindestens vier Walzstichen, d.h. unter Einsatz von vier Vorwalzgerüsten, vorzugsweise in fünf Walzstichen, d.h. unter Einsatz von fünf Vorwalzgerüsten erfolgt. Während bei Verfahren gemäß dem Stand der Technik meist ein Vorwalzen des Stranges in drei Walzstichen erfolgt, kann durch eine erfindungsgemäße Vornahme von vier oder fünf Walzstichen die Energieeffizienz des Gieß-/Walzverfahrens weiter gesteigert werden. Indem vier oder fünf Walzstiche in möglichst rascher Abfolge durchgeführt werden, wird die noch im Strang befindliche Gießhitze optimal ausgenutzt. Des Weiteren wird bei Vornahme von vier oder fünf Walzstichen, bei nahe unabhängig von der Ausgangsdicke des Gießstranges, ein sehr enger Dickenbereich des Zwischenbandes (zwischen 3 und 15 mm, bevorzugt zwischen 4 und 10 mm) erzielt, sodass eine der Vorwalzstraße nachgeordnete Heizeinrichtung, z.B. ein induktiver Querfelderwärmungssofen, exakt auf einen spezifi-

schen Dickenbereich des Zwischenbandes ausgelegt werden kann. Energieverluste durch eine zu große Dimensionierung der Aufnahme der Heizeinrichtung können somit vermieden werden.

[0043] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die in der Vorwalzstraße erfolgenden vier oder fünf Walzstiche innerhalb von längstens 80 Sekunden, vorzugsweise innerhalb längstens 50 Sekunden erfolgen.

[0044] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass der erste Walzstich in der Vorwalzstraße innerhalb von längstens 5,7 Minuten, vorzugsweise innerhalb von längstens 5,3 Minuten ab Erstarrungsbeginn des in der Gießanlage befindlichen flüssigen Stranges erfolgt. Idealerweise erfolgt der erste Walzstich in der Vorwalzstraße innerhalb von längstens 4,8 Minuten, dies auch bei Gießgeschwindigkeiten im Bereich von 4 m/min.

[0045] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass zwischen dem Ende der Strangführungsvorrichtung und einem Einlaufbereich der Vorwalzstraße lediglich eine durch die Umgebungsbedingungen in Form natürlicher Konvektion und Abstrahlung bedingte Abkühlung des Stranges zugelassen wird, d.h. keine artifizielle Kühlung des Stranges mittels einer Kühlvorrichtung erfolgt.

[0046] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass in der Vorwalzstraße pro Walzstich eine Reduktion der Dicke des Stranges um 35-60 %, vorzugsweise um 40-55 % erfolgt. Bei einer Vorsehung von genau vier Walzgerüsten ergibt sich somit, dass ein Zwischenband mit einer Dicke von etwa 3 bis 15 mm, vorzugsweise mit einer Dicke von 4 bis 10 mm aus der Vorwalzstraße 4 ausläuft. Im Vergleich dazu wird das Zwischenband bei einer eingangs beschriebenen ESP-Anlage gemäß dem Stand der Technik auf eine Dicke zwischen 10 und 20 mm gewalzt.

[0047] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass eine Temperaturverlustrate des aus der Vorwalzstraße austretenden Zwischenbandes unterhalb von maximal 3 K/m, vorzugsweise unterhalb von maximal 2,5 K/m liegt. Denkbar wäre auch die Realisierung einer Temperaturverlustrate < 2 K/m.

[0048] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass eine Erwärmung des aus der Vorwalzstraße ausgetretenen Zwischenbandes mittels einer induktiven Heizeinrichtung, vorzugsweise im Querfelderwärmungsverfahren, beginnend bei einer Temperatur oberhalb von 725°C, vorzugsweise oberhalb von 850°C auf eine Temperatur von mindestens 1100°C, vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb von 1180°C erfolgt.

[0049] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Erwärmung des Zwischenbandes innerhalb einer Zeitspanne von 4 bis 30 Sekunden, vorzugsweise innerhalb

einer Zeitspanne von 5 bis 15 Sekunden erfolgt.

[0050] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass bei Vornahme von genau vier Walzstichen in der Vorwalzstraße vorgesehen ist, dass der Zeitverlauf zwischen dem ersten Walzstich und dem Einlauf in die Heizeinrichtung bei Zwischenbanddicken von 5-10 mm nicht länger als 110 Sekunden, vorzugsweise nicht länger als 70 Sekunden beträgt.

[0051] Bei Einhaltung dieser Parameter ergibt sich eine sehr kompakte Anlage, bei welcher der Abstand der Heizeinrichtung zur Gießanlage bzw. zur Vorwalzstraße sehr gering gehalten ist, was einen thermischen Effizienzvorteil ermöglicht.

[0052] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass ein Fertigwalzen des erwärmten Zwischenbandes in der Fertigwalzstraße in vier Walzstichen, d.h. unter Einsatz von vier Fertigwalzgerüsten oder in fünf Walzstichen, d.h. unter Einsatz von fünf Fertigwalzgerüsten zu einem Endband mit einer Dicke < 1,5 mm, vorzugsweise < 1,2 mm erfolgt. Mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist auch ein Walzen auf Enddicken von < 1 mm möglich.

[0053] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass die innerhalb der Fertigwalzstraße durch die fünf oder vier Fertigwalzgerüste durchgeführten Walzstiche innerhalb einer Zeitspanne von maximal 12 Sekunden, vorzugsweise innerhalb einer Zeitspanne von maximal 8 Sekunden erfolgen.

[0054] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass der aus der Kokille austretende und in die Strangführungsvorrichtung eintretende Strang eine Strangdicke zwischen 95 und 110 mm, vorzugsweise eine Strangdicke zwischen 102 und 108 mm aufweist.

[0055] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung sind zur Liquid Core Reduction (LCR-) Dickenreduzierung des Stranges zu dessen Kontaktierung vorbestimmte Führungselemente der Strangführungsvorrichtung relativ zu einer Längsachse des Stranges (quer-)verstellbar, wobei eine Verstellung der Führungselemente in Abhängigkeit des Materials des Stranges und/oder der Gießgeschwindigkeit vorgenommen wird, um die Strangdicke um bis zu 30 mm zu vermindern.

[0056] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist es hierbei vorgesehen, dass die Strangdicke quasi-statisch, d.h. kurz nach Gießbeginn bzw. dem Angießen einer Gießsequenz, sobald der als "Strangkopf" bezeichnete, warme vordere Strangendbereich die zur Dickenreduzierung vorgesehenen Führungselemente passiert hat, einmalig eingestellt wird.

[0057] In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante kann es aber auch vorgesehen sein, dass die Strangdicke dynamisch einstellbar, d.h. während des Gießprozesses bzw. während des Durchgangs des Stranges durch die Strangführungsvorrichtung beliebig

variierbar ist. Die dynamische Einstellung wird dann bevorzugt von der Betriebsmannschaft in Abhängigkeit der Stahlgüte und der aktuellen Gießgeschwindigkeit eingestellt, sofern sich diese nur fallweise ändert. Die LCR Dickenreduzierung beträgt zwischen 0 und 30 mm, vorzugsweise zwischen 3 und 20 mm.

[0058] In einer bevorzugten Ausführungsform der dynamischen Anwendung von LCR kann diese Funktion auch von einer automatisierten Einrichtung übernommen werden, insbesondere dann, wenn sehr häufige Dicken- oder Geschwindigkeitsänderungen üblich oder erforderlich wären.

[0059] Der Zusammenhang der Einstellung der Strangdicke in Zusammenhang mit der Gießgeschwindigkeit erfolgt mittels erfindungsgemäß vorgeschlagener Geschwindigkeitsfaktoren K, deren Auswahl in Abhängigkeit der Strangstützlänge und der Güte des Strangstahls erfolgt.

[0060] Für den Geschwindigkeitsfaktor K sind jeweils Korridorbereiche angegeben, innerhalb welcher ein gießtechnischer Betrieb effizient und sinnvoll durchführbar ist.

[0061] Die Abkühlcharakteristik jeweiliger Stahlgüten hat großen Einfluss auf die Position der Sumpfspitze innerhalb des Stranges. Schnell erstarrende Stahlgüten erlauben einen Betrieb der Anlage mit relativ hohen Gießgeschwindigkeiten v_c , während für langsamer erstarrende Stahlgüten geringere Gießgeschwindigkeiten v_c zu wählen sind, um ein Ausbauchen und Aufplatzen des Stranges im Bereich der Sumpfspitze zu verhindern. In Zusammenhang mit der Schnelligkeit der Kühlung des Stranges spricht man von "harter Kühlung" (schnelle Erstarrung), "mittelharter Kühlung" und "weicher Kühlung" (eher langsame Erstarrung).

[0062] Zur Kühlung des Stranges wird auf diesen im Bereich der Strangführungsvorrichtung (zwischen dem Ende der Kokille und dem der Vorwalzstraße zugewandten Ende der Strangführungsvorrichtung) ein Kühlmittel, vorzugsweise Wasser, aufgebracht. Das Aufbringen des Kühlmittels auf den Strang erfolgt mittels einer Spritzeinrichtung, welche eine beliebige Anzahl an Spritzdüsen umfassen kann.

[0063] Für eine harte Kühlung werden 3 bis 4 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl aufgewendet, während für eine für eine mittelharte Kühlung 2 bis 3,5 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl und für eine weiche Kühlung < 2,2 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl aufgewendet werden. Die angeführten Kühlmittelmengen für harte, mittelharte und weiche Kühlung überschneiden sich, da die Realisierung einer harten, mittelharten oder weichen Kühlung in der Praxis nicht nur von der Kühlmittelmenge, sondern auch von der konstruktiven Ausführung der Spritzeinrichtung, insbesondere der Düsenaufbauart (es existieren Reinwasserdüsen und Luft/Wasser-Düsen, sogenannte "2-Phasen-Düsen"). Weitere Einflussfaktoren für die Schnelligkeit der Strangkühlung sind die Bauart der Führungselemente bzw. Strangstützrollen der Strangführungsvorrichtung (innen- oder mantelgeköhlte

Strangstützrollen), die Anordnung der Stützrollen, insbesondere das Verhältnis des Stützrollendurchmessers zum Abstand benachbarter Stützrollen, der Spritzcharakter der Düsen sowie die Kühlmittel- bzw. Wassertemperatur.

[0064] Innerhalb der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Korridorbereiche erfolgt die Wahl eines konkreten Geschwindigkeitsfaktors K insbesondere in Abhängigkeit der Stahlgüte bzw. der Abkühlcharakteristik des Stranges. Für schnell zu kühlende Stahlgüten kann ein im oberen Bereich eines erfindungsgemäß vorgeschlagenen Korridorbereichs liegender Geschwindigkeitsfaktor K herangezogen werden, während für langsamer zu kühlende Stahlgüten ein im mittleren oder unteren Bereich eines erfindungsgemäß vorgeschlagenen Korridorbereichs liegender Geschwindigkeitsfaktor K herangezogen wird.

[0065] So ist es gemäß einer verfahrenstechnischen Optimierung vorgesehen, dass für mittels einer Spritzeinrichtung im Bereich der Strangführungsvorrichtung hart zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 3 bis 4 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke d mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit v_c nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten wird, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge $L=13$ m in einem Korridorbereich von 30000 bis 35200, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 32500 bis 35200 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge $L=16,5$ m in einem Korridorbereich von 38000 bis 44650, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 41000 bis 44650 liegt, wobei zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten v_c oder (Ziel-)Strangdicken d für Anlagen mit zwischen den Strangstützlängen $L=13$ m und $L=16,5$ m liegenden Strangstützlängen eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen durchführbar ist.

[0066] Unter einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage werden im vorliegenden Zusammenhang Betriebsphasen mit einer Zeitdauer >10 Minuten verstanden, während welcher die Gießgeschwindigkeit im Wesentlichen konstant ist. Die Definition des stationär-kontinuierlichen Anlagenbetriebs dient einerseits lediglich zur Abgrenzung gegenüber einer Angießphase, während welcher der flüssige Stahl initial die Strangführungsvorrichtung durchläuft und während welcher die Gießgeschwindigkeit außerordentlichen Parametern unterliegt bzw. andererseits gegenüber auch zwischenzeitlich möglichen Beschleunigungsphasen zur Erhöhung des Durchsatzes und/oder betrieblich erforderlichen Verzögerungsphasen (wenn auf die Flüssigstahlanlieferung gewartet werden muss oder wegen der Strangqualität, Kühlwassermangel, ...).

[0067] Für mittelhart zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 2 bis 3,5 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, wird in einem stationär-kontinuierlichen Be-

trieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke d mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit v_c nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge L von 13 m in einem Korridorbereich von 28700 bis 33800, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 31250 bis 33800 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge $L=16,5$ m in einem Korridorbereich von 36450 bis 42950, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 39700 bis 42950 liegt, wobei zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten v_c oder (Ziel-)Strangdicken d für Anlagen mit zwischen den Strangstützlängen $L=13$ m und $L=16,5$ m liegenden Strangstützlängen L eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen durchführbar ist.

[0068] Für weich zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von weniger als 2,2 Liter (vorzugsweise 1,0 bis 2,2 Liter) Kühlmittel pro kg Strangstahl, wird in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke d mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit v_c nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge L von 13 m in einem Korridorbereich von 26350 bis 32359, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 29350 bis 32359 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge $L=16,5$ m in einem Korridorbereich von 34850 bis 41200, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 38000 bis 41200 liegt, wobei zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten v_c oder (Ziel-)Strangdicken d für Anlagen mit zwischen den Strangstützlängen $L=13$ m und $L=16,5$ m liegenden Strangstützlängen L eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen durchführbar ist. Die detaillierte/verfeinerte Wahl des Geschwindigkeitsfaktors ist neben der Strangstützlänge insbesondere vom Kohlenstoffgehalt der vergossenen Stähle, deren Erstarrungs- oder Umwandlungseigenschaften, deren Festigkeits- bzw. Duktilitätseigenschaften etc. abhängig.

[0069] Eine Betriebsführung gemäß der erfindungsgemäß vorgeschlagenen Geschwindigkeitsfaktoren K ermöglicht ein optimales Ausnutzen der im Strang enthaltenen Gießhitze für den nachfolgenden Walzprozess sowie eine Optimierung des Materialdurchsatzes und somit einen Produktivitätsvorteil (bei betriebsbedingter Abnahme der Gießgeschwindigkeit kann die Strangdicke erhöht und dadurch der Materialdurchsatz erhöht werden).

[0070] Anspruch 21 richtet sich auf eine Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband, umfassend eine Gießanlage mit einer Kokille, eine dieser nachgeordnete Strangführungsvorrichtung, eine dieser nachgeordnete Vorwalzstraße, eine dieser nachgeordnete, induktive Heizeinrichtung und eine dieser nachgeordnete Fertigwalzstraße, wobei die Strangführungsvorrichtung eine untere Serie an Füh-

rungselementen und eine dazu parallel oder konvergierend angeordnete obere Serie an Führungselementen aufweist und zwischen den beiden Führungselemente-Serien ein zur Aufnahme des aus der Gießanlage austretenden Stranges vorgesehener Aufnahmeschacht ausgebildet ist, welcher durch Ausbildung unterschiedlicher Abstände gegenüberliegender Führungselemente zueinander in Transportrichtung des Stranges zumindest abschnittsweise verjüngt ist und dadurch der Strang dickenreduzierbar ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Aufnahmeschacht an seinem der Vorwalzstraße zuweisenden Ende eine der Dicke des Stranges entsprechende lichte Aufnahmebreite zwischen 60 und 95 mm, vorzugsweise zwischen 70 und 85 mm aufweist, wobei eine zwischen dem Badspiegel der Gießanlage und dem der Vorwalzstraße zugewandten Ende des Aufnahmeschachts der Strangführungsvorrichtung gemessene Strangstützlänge zwischen 12 m und 16,5 m ist und wobei eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, mittels welcher die Gießgeschwindigkeit des Stranges in einem Bereich

zwischen 3,8 - 7 m/min haltbar ist.

[0071] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die lichte Aufnahmebreite des Aufnahmeschachts an seinem der Gießanlage zuweisenden Eingangsbereich zwischen 95 und 110 mm, vorzugsweise zwischen 102 und 108 mm beträgt.

[0072] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die Strangstützlänge kleiner oder gleich 15,5 m ist, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 13 und 15 m, insbesondere zwischen 14,2 und 15 m, liegt.

[0073] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die Vorwalzstraße vier oder fünf Vorwalzgerüste umfasst.

[0074] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass zwischen dem Ende des Aufnahmeschachts bzw. der Strangführungsvorrichtung und einem Einlaufbereich der Vorwalzstraße keine Kühlvorrichtung, jedoch eine thermische Abdeckung vorgesehen ist, welche eine zum Transport des Stranges vorgesehene Fördervorrichtung zumindest abschnittsweise umgibt und somit ein Auskühlen des Stranges verzögert.

[0075] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass mittels in der Vorwalzstraße angeordneter Vorwalzgerüste eine Reduktion der Dicke des Stranges um jeweils 35-60 %, vorzugsweise um jeweils 40-55 % pro Vorwalzgerüst durchführbar ist, sodass ein Zwischenband mit einer Dicke von 3 bis 15 mm, vorzugsweise mit einer Strangdicke von 4 bis 10 mm erzeugbar ist.

[0076] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die Heizeinrichtung als induktiver Quer-

felderwärmungssofen ausgebildet ist, mittels welchem der Strang, beginnend bei einer Temperatur oberhalb von 725°C, vorzugsweise oberhalb von 850°C auf eine Temperatur von mindestens 1100°C, vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb von 1180°C aufheizbar ist.

[0077] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die Fertigwalzstraße vier oder fünf Fertigwalzgerüste umfasst, mittels welchen ein aus der Vorwalzstraße austretendes Zwischenband zu einem Endband mit einer Dicke < 1,5 mm, vorzugsweise < 1,2 mm reduzierbar ist.

[0078] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die Fertigwalzgerüste jeweils unter Abständen von < 7 m, vorzugsweise unter Abständen von < 5 m zueinander angeordnet sind, wobei die Abstände zwischen den Arbeitswalzachsen der Fertigwalzgerüste gemessen werden.

[0079] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass zur Dickenreduzierung des Stranges bestimmte Führungselemente (spalt-)verstellbar sind und dadurch eine lichte Aufnahmebreite des Aufnahmeschachts verkleinert oder vergrößert ist, wobei die Strangdicke bzw. die lichte Aufnahmebreite in Abhängigkeit des Materials des Stranges und/oder der Gießgeschwindigkeit einstellbar ist.

[0080] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass die verstellbaren Führungselemente in einer der der Kokille zugewandten vorderen Hälfte, vorzugsweise in einem der Kokille zugewandten vorderen Viertel der Längserstreckung der Strangführungsvorrichtung angeordnet sind.

[0081] Um zumindest während der ersten beiden Walzstiche in der Vorwalzstraße das Vorhandensein eines möglichst heißen Strangkerns des Stranges zu gewährleisten, ist es gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage vorgesehen, dass eine Arbeitswalzenachse eines zur Strangführungsvorrichtung nächst benachbarten ersten Vorwalzgerüsts der Vorwalzstraße maximal 7 m, vorzugsweise maximal 5 m nach dem Ende der Strangführungsvorrichtung angeordnet ist.

[0082] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsvariante der erfindungsgemäßen Anlage ist es vorgesehen, dass ein der Vorwalzstraße zugewandtes Einlaufende der Heizeinrichtung maximal 25 m vorzugsweise maximal 19 m nach der Arbeitswalzenachse des der Heizeinrichtung nächstgelegenen Vorwalzgerüsts angeordnet ist.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0083] Die Erfindung wird nun anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Dabei zeigt:

- Fig.1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Anlage zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband in Seitenansicht
- 5 Fig.2 eine Detaildarstellung einer Strangführungsvorrichtung der Anlage aus Fig.1 in vertikaler Schnittansicht
- Fig.3 ein Abschnitt der Strangführungsvorrichtung in geschnittener Detailansicht
- 10 Fig.4 ein Prozessdiagramm von Herstellungsverfahren gemäß dem Stand der Technik
- Fig.5 ein Prozessdiagramm eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens (Erstarrungsfaktor in Abhängigkeit von der Gießgeschwindigkeit)
- 15 Fig.6 ein Prozessdiagramm eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens (Gießgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Strangstützlänge)
- Fig.7 ein Prozessdiagramm eines erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens (Zusammenhang von Zielgießgeschwindigkeiten und Ziel-Strangdicken)

Ausführung der Erfindung

25 **[0084]** Fig.1 zeigt in schematischer Weise eine Anlage 1, mittels welcher ein erfindungsgemäßes Verfahren zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband durchführbar ist.

30 **[0085]** Ersichtlich ist eine vertikale Gießanlage mit einer Kokille 2, in der Stränge 3 gegossen werden, welche eine Strangdicke d zwischen 95 und 110 mm, vorzugsweise eine Strangdicke d zwischen 102 und 108 mm am Ende der Kokille 2 aufweisen.

35 **[0086]** Der Kokille 2 vorgelagert ist eine Pfanne 39, welche über eine keramische Zulaufdüse einen Verteiler 40 mit flüssigem Stahl beschickt. Der Verteiler 40 beschickt in weiterer Folge die Kokille 2, an welche eine Strangführungsvorrichtung 6 anschließt.

40 **[0087]** Dann erfolgt die Vorwalzung in einer Vorwalzstrasse 4, die aus einem - wie hier - oder aus mehreren Gerüsten bestehen kann und in der der Strang 3 auf eine Zwischendicke gewalzt wird. Beim Vorwalzen findet die Umwandlung von Gussgefüge in feinkörnigeres Walzgefüge statt.

45 **[0088]** Die Anlage 1 umfasst des Weiteren eine Reihe an Komponenten wie z.B. Entzunderungseinrichtungen 41, 42 und in Fig.1 nicht dargestellte Abtrenneinrichtungen, welche im Wesentlichen dem Stand der Technik entsprechen und auf welche daher an dieser Stelle nicht näher eingegangen sei. Die z.B. in Form von Schnellscheren ausgeführten Abtrenneinrichtungen können an beliebiger Position der Anlage 1, insbesondere zwischen der Vorwalzstraße 4 und der Fertigwalzstraße 5 und/oder in einem der Fertigwalzstraße 5 nachgeordneten Bereich 50 angeordnet sein.

55 **[0089]** Hinter der Vorwalzstrasse 4 ist eine Heizeinrichtung 7 für das Zwischenband 3' angeordnet. Die Heizeinrichtung 7 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als

Induktionsofen ausgeführt. Vorzugsweise findet ein Quersfelderwärmungs-Induktionsofen Einsatz, was die Anlage 1 besonders energieeffizient macht.

[0090] Alternativ könnte die Heizeinrichtung 7 auch als konventioneller Ofen, z.B. mit Flammenbeaufschlagung, oder als Mischofen, bestehend aus HC-Brennstoff-befeuerten und induktiven Segmenten ausgeführt sein.

[0091] In der Heizeinrichtung 7 wird das Zwischenband 3' relativ gleichmäßig über den Querschnitt auf eine gewünschte Einlauftemperatur für den Einlauf in die Fertigwalzstraße 5 gebracht, wobei die Einlauftemperatur in der Regel je nach Stahlsorte und nachfolgendem Walzvorgang in der Fertigwalzstraße 5 zwischen 1000°C und 1200°C liegt.

[0092] Hinter der Erwärmung in der Heizeinrichtung 7 erfolgt - nach einer zwischengeschalteten optionalen Entzunderung - die Fertigwalzung in der mehrgerüstigen Fertigwalzstraße 5 auf eine gewünschte Enddicke und Endwalztemperatur und anschließend eine Bandkühlung in einer Kühlstrecke 18 sowie letztlich ein Aufwickeln zu Bunden mittels Unterflurhaspeln 19. Unmittelbar vor den Unterflurhaspeln 19 wird das Endband 3" zwischen Treibrollen 20 geklemmt, die das Endband" auch führen und unter Bandzug halten.

[0093] Erfindungsgemäß werden folgende Verfahrensschritte durchgeführt:

Zunächst wird mit einer Gießanlage 2 (in den Figuren 1-3 ist eine Kokille der Gießanlage dargestellt) ein Strang 3 gegossen. Der Strang 3 wird im Liquid-Core-Reduction (LCR-) Verfahren mittels der Strangführungsvorrichtung 6 bei flüssigem Querschnittskern auf eine Strangdicke d zwischen 60 und 95 mm, vorzugsweise auf eine Strangdicke d zwischen 70 und 85 mm reduziert.

Eine zwischen dem Meniskus 13, d.i. der Badspiegel der Gießanlage 2 und einem der Vorwalzstraße 4 zugewandten Ende 14 der Strangführungsvorrichtung 6 gemessene Strangstützlänge L ist kleiner oder gleich 16,5 m und größer oder gleich 10 m.

[0094] Der in Fig.3 im Detail ersichtliche Meniskus 13 befindet sich i.d.R. wenige Zentimeter unterhalb der Oberkante 38 der üblicherweise aus Kupfer gefertigten Kokille 2.

[0095] Die Strangstützlänge L wird hierbei zwischen dem Meniskus 13 der Kokille bzw. der Gießanlage 2 und der Achse der letzten, einer Vorwalzstraße 4 zugewandten Stützrolle einer und unten noch näher beschriebenen oberen Führungselemente-Serie 10 gemessen (betrachtet in einer Seitenansicht der Anlage 1 bei zu den Achsen der Rollen paralleler Blickrichtung gemäß Fig. 1). Bei exakter Messung wird die Strangstützlänge L an einer gegenüber dem Mittelpunkt des Krümmungsradius des Stranges 3 bzw. der Strangführungsvorrichtung 6 äußeren Breitseite des Stranges 3 bzw. der Strangführungsvorrichtung 6 (sowie eines Abschnitts des Inneren der

Kokille 2) gemessen. Zur besseren Erkennbarkeit der von Stützrollen 10 tangierten äußeren Breitseite des Stranges 3 bzw. der Strangstützlänge L ist in Fig.2 eine zur Strangstützlänge L konzentrische Hilfsbemaßungslinie L' eingezeichnet.

[0096] Als weiterer erfindungsgemäßer Parameter ist vorgesehen, dass eine während eines stationär-kontinuierlichen Betriebs der Anlage gemessene Gießgeschwindigkeit des Stranges 3 (welche im Wesentlichen auch der Geschwindigkeit des Stranges 3 bei Durchlaufen der Strangführungsvorrichtung 6, also auch der Geschwindigkeit des Stranges 3 am Ende 14 der Strangführungsvorrichtung 6 entspricht), in einem Bereich von 3,8 - 7 m/min, vorzugsweise in einem Bereich von 4,2 - 6,6 m/min liegt.

[0097] Durch eine Kombination dieser Parameter wird gewährleistet, dass eine eingangs definierte Sumpfspitze des Stranges 3 unabhängig von jeweiligen materialgüteabhängigen Maximalgießgeschwindigkeiten immer bis relativ nahe an das Ende der Strangführungsvorrichtung heranreicht und dadurch der Strang 3 mit relativ geringem Energieaufwand und unter Gewährleistung hoher Fertigungsqualität auf eine gewünschte Zwischendicke vor- und darauffolgend auch fertiggewalzt werden kann.

[0098] In einer optimierten Auslegung der Anlage 1 ist die Strangstützlänge L kleiner oder gleich 15,5 m, vorzugsweise liegt die Strangstützlänge L in einem Bereich zwischen 13 und 15 m. Die Strangstützlänge L beträgt mindestens 12 m, vorzugsweise mindestens 13m.

[0099] In der Vorwalzstraße 4 erfolgt ein Vorwalzen des Stranges 3 zu einem Zwischenband 3' in mindestens vier Walzstichen, d.h. unter Einsatz von vier Vorwalzgerüsten 4₁, 4₂, 4₃, 4₄, vorzugsweise in fünf Walzstichen, d.h. unter Einsatz von fünf Vorwalzgerüsten 4₁, 4₂, 4₃, 4₄, 4₅ erfolgt.

[0100] Die in der Vorwalzstraße 4 erfolgenden vier oder fünf Walzstiche erfolgen innerhalb von längstens 80 Sekunden, vorzugsweise innerhalb von längstens 50 Sekunden.

[0101] Des Weiteren ist es vorgesehen, dass der erste Walzstich in der Vorwalzstraße 4 innerhalb von längstens 5,7 Minuten, vorzugsweise innerhalb von längstens 5,3 Minuten ab Erstarrungsbeginn des in der Gießanlage 2 befindlichen flüssigen Stranges erfolgt. Idealerweise erfolgt der erste Walzstich in der Vorwalzstraße 4 innerhalb von längstens 4,8 Minuten, dies auch bei einer niedrigen kontinuierlichen Gießgeschwindigkeit von 4 m/min.

[0102] Zwischen dem Ende 14 der Strangführungsvorrichtung 6 und einem Einlaufbereich der Vorwalzstraße 4 wird lediglich eine durch die relativ zur Strangoberfläche sehr niedrige Umgebungstemperatur bedingte Abkühlung des Stranges 3 zugelassen, d.h. es erfolgt keine artifizielle Kühlung des Stranges 3 mittels einer Kühlvorrichtung. Die Oberfläche des Stranges 3 weist in diesem Bereich im Mittel eine Temperatur > 1050°C, vorzugsweise > 1000°C auf. Zwischen dem Ende 14 der Strangführungsvorrichtung 6 und dem ersten Vorwalzgerüst 4₁

ist eine vorzugsweise klappbare thermische Abdeckung vorgesehen, um die Wärme möglichst im Strang 3 zu halten. Die thermische Abdeckung umgibt eine zum Transport des Stranges 3 vorgesehene, üblicherweise als Rollenband ausgeführte Fördervorrichtung zumindest abschnittsweise.

[0103] Hierbei kann die thermische Abdeckung die Fördervorrichtung von oben und/oder von unten und/oder seitlich umgeben.

[0104] In der Vorwalzstraße 4 erfolgt pro Walzstich eine Reduktion der Strangdicke d des Stranges 3 um 35-60 %, vorzugsweise um 40-55 %. Bei einer Vorsehung von genau vier Walzgerüsten ergibt sich somit, dass ein Zwischenband 3' mit einer Dicke von 3 bis 15 mm, vorzugsweise mit einer Dicke von 4 bis 10 mm aus der Vorwalzstraße 4 ausläuft.

[0105] Gemäß einer weiteren bevorzugten prozesstechnischen Variante ist es vorgesehen, dass eine Temperaturverlustrate des aus der Vorwalzstraße 4 austretenden Zwischenbandes 3' unterhalb von maximal 3 K/m, vorzugsweise unterhalb von maximal 2,5 K/m liegt. Denkbar wäre auch eine Realisierung von Temperaturverlusten < 2 K/m. Eine solche Temperaturverlustrate erfolgt durch Wärmeabstrahlung und/oder -konvektion vom Zwischenband und ist durch eine entsprechende Wahl der thermischen Randbedingungen (Abdeckungen, Tunnel, Kaltluft, Luftfeuchtigkeit, ...) und Transportgeschwindigkeit bzw. Massenstrom steuerbar.

[0106] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist es vorgesehen, dass eine Erwärmung des aus der Vorwalzstraße 4 ausgetretenen Zwischenbandes 3' mittels einer induktiven Heizeinrichtung 7, vorzugsweise im Querfelderwärmungsverfahren, beginnend bei einer Temperatur oberhalb von 725°C, vorzugsweise oberhalb von 850°C, besonders bevorzugt: oberhalb von 900°C, auf eine Temperatur von mindestens 1100°C, vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb von 1180°C erfolgt.

[0107] Die Erwärmung des Zwischenbandes 3' erfolgt innerhalb einer Zeitspanne von 4 bis 30 Sekunden, vorzugsweise innerhalb einer Zeitspanne von 5 bis 15 Sekunden.

[0108] Bei Vornahme von genau vier Walzstichen in der Vorwalzstraße 4 ist es vorgesehen, dass ein bei Austreten aus der Strangführungsvorrichtung 6 80 mm dicker Strang 3, welcher in der Vorwalzstraße 4 zu einem Zwischenband 3' mit einer Dicke von 5 mm reduziert wird, nach spätestens 260 Sekunden, vorzugsweise nach spätestens 245 Sekunden ab Austreten aus der Kokille 2 in die induktive Heizeinrichtung 7 eingeführt wird und dass ein bei Austreten aus der Strangführungsvorrichtung 6 95 mm dicker Strang 3, welcher in der Vorwalzstraße 4 zu einem Zwischenband 3' mit einer Dicke von 5,5 mm reduziert wird, spätestens nach 390 Sekunden, vorzugsweise nach spätestens 335 Sekunden ab Austreten aus der Kokille 2 in die induktive Heizeinrichtung 7 eingeführt wird.

[0109] Ein Fertigwalzen des erwärmten Zwischenbandes

des 3' in der Fertigwalzstraße 5 erfolgt vorzugsweise in vier Walzstichen, d.h. unter Einsatz von vier Fertigwalzgerüsten 5₁, 5₂, 5₃, 5₄ oder in fünf Walzstichen, d.h. unter Einsatz von fünf Fertigwalzgerüsten 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅ zu einem Endband 3" mit einer Enddicke $< 1,5$ mm, vorzugsweise $< 1,2$ mm. Mittels eines erfindungsgemäßen Verfahrens ist auch ein Walzen auf Enddicken von < 1 mm möglich.

[0110] Die Fertigwalzgerüste 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅ sind jeweils unter Abständen von < 7 m, vorzugsweise unter Abständen von < 5 m zueinander angeordnet (gemessen zwischen den Arbeitswalzachsen der Fertigwalzgerüste 5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅). Hierbei erfolgen die innerhalb der Fertigwalzstraße 5 durchgeführten Walzstiche innerhalb einer Zeitspanne von maximal 12 Sekunden, vorzugsweise innerhalb einer Zeitspanne von maximal 8 Sekunden.

[0111] Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Endband 3" in weiterer Folge auf eine Haspeltemperatur zwischen 500°C und 750°C, vorzugsweise auf 550°C und 650°C gekühlt und zu einem Bund aufgehaspelt. Schließlich erfolgt eine Durchtrennung des Endbandes 3' oder des Zwischenbandes 3' oder des Stranges 3 in einer quer zu deren Transportrichtung 15 verlaufenden Richtung und ein Fertighaspeln des walzstraßenseitig losen Endbandes 3'. Alternativ zum Aufhaspeln wäre auch eine Umlenkung und Stapelung des Endbandes 3" möglich.

[0112] Wie in Fig.2 ersichtlich, umfasst die Strangführungsvorrichtung 6 mehrere zum Durchlauf des Stranges 3 vorbestimmte Führungssegmente 16 gemäß Fig.3, welche jeweils von einer (in Fig.3 nicht dargestellten) unteren Serie an Führungselementen 9 und einer dazu parallel oder konvergierend angeordneten oberen Serie an Führungselementen 10 konstituiert werden.

[0113] Jedes Führungselement der unteren Führungselemente-Serie 9 ist einem gegenüberliegenden Führungselement der oberen Führungselemente-Serie 10 zugeordnet. Die Führungselemente sind somit beiderseits der Breitseiten des Stranges 3 paarweise angeordnet.

[0114] Zwischen den beiden Führungselemente-Serien 9, 10 ist ein zur Aufnahme eines aus der Kokille 2 austretenden Stranges 3 vorgesehener Aufnahmeschacht 11 ausgebildet, welcher durch Ausbildung unterschiedlicher Abstände gegenüberliegender Führungselemente 9, 10 zueinander in Transportrichtung des Stranges 3 zumindest abschnittsweise verjüngt ist und dadurch der Strang 3 dickenreduzierbar ist. Die Führungselemente 9, 10 sind als drehbar gelagerte Stützrollen ausgeführt.

[0115] Die oberen und unteren Führungselemente- bzw. Stützrollen-Serien 9, 10 können jeweils wiederum in (Sub-)Serien spezifischer Stützrollen mit unterschiedlichen Durchmessern und/oder Achsabständen gegliedert sein.

[0116] Die Führungselemente der oberen Führungselemente-Serie 10 sind selektiv tiefenverstellbar bzw.

können an die Führungselemente der unteren Führungselemente-Serie 9 angenähert werden. Eine Verstellung der Führungselemente der oberen Führungselemente-Serie 10 und somit eine Veränderung des lichten Aufnahmequerschnitts 12 der Strangführungsvorrichtung 6 kann z.B. mittels eines hydraulischen Antriebs erfolgen. Eine der gewünschten Strangdicke d entsprechende und zwischen einander gegenüberliegenden oberen und unteren Führungselementen gemessene lichte Aufnahmebreite 12 des Aufnahmeschachts 11 der Strangführungsvorrichtung 6 könnte z.B. von 100 mm auf einen Bereich zwischen 70 und 90 mm verkleinert werden.

[0117] Da ein in einem schmälere Aufnahmeschacht 11 geführter Strang 3 schneller erstarrt und auskühlt, müsste die Gießgeschwindigkeit sowie äquivalent dazu der die Walzstraßen 4, 5 durchlaufende Volumenstrom erhöht werden, wenn man die Sumpfspitze des Stranges weiterhin möglichst nahe an das Ende der Strangführungsvorrichtung 6 heranführen möchte.

[0118] Zur Dickenreduzierung des Stranges 3 sind z.B. drei bis acht Führungselemente(-Paare) eines der Kokille 2 zugewandten - aber nicht zwingend an die Kokille 2 anschließenden - ersten Führungssegmentes 16 verstellbar. Alternativ können auch mehrere aneinander gereihte Führungssegmente 16 zur LCR-Dickenreduzierung angewendet werden, die unmittelbar oder mittelbar an die Kokille anschließen.

[0119] Die Strangdicke d bzw. die lichte Aufnahmebreite 12 ist in Abhängigkeit des Materials des Stranges 3 und/oder in Abhängigkeit der Gießgeschwindigkeit einstellbar. Die Verstellung der jeweiligen Führungselemente 9, 10 erfolgt in einer im Wesentlichen orthogonal zur Transportrichtung des Stranges verlaufenden Richtung, wobei sowohl die oberen Führungselemente 10 als auch die unteren Führungselemente 9 verstellbar sein können. Wie in Fig.3 ersichtlich, sind obere Führungselemente 10 an korrespondierenden Stützelementen 17 angelenkt, welche vorzugsweise hydraulisch verstellbar sind.

[0120] Die (hydraulisch) verstellbaren LCR-Führungselemente 9, 10 sind vorzugsweise in einer der Kokille 2 zugewandten vorderen Hälfte, vorzugsweise in einem der Kokille 2 zugewandten vorderen Viertel der Längserstreckung der Strangführungsvorrichtung 6 angeordnet.

[0121] Die Einstellung der Strangdicke d bzw. der lichten Aufnahmebreite 12 kann quasi-statisch erfolgen, d.h. einmalig, kurz nach Gießbeginn, sobald einer der Vorwalzstraße 4 zugewandter Kopfbereich des gegossenen Stranges 3 das Ende der Strangführungsvorrichtung 6 erreicht bzw. die LCR-Führungselemente passiert hat, oder auch dynamisch, d.h. während des Gießprozesses bzw. während des kontinuierlich-quasistationären Durchgangs des Stranges 3 durch die Strangführungsvorrichtung 6. Bei der dynamischen Einstellung der Strangdicke d wird diese während des Durchgangs eines Stranges 3 durch die Strangführungsvorrichtung 6 beliebig oft, unter Verwen-

dung eines unten anhand von Fig.7 erläuterten Zusammenhanges als Leitlinie, verändert.

[0122] Fig.4 zeigt ein Diagramm für Anlagen gemäß dem Stand der Technik, anhand welchem maximal zulässige

Gießgeschwindigkeiten für Stränge mit unterschiedlichen Dicken ablesbar sind.

[0123] Auf der Abszisse dieses Diagramms ist die Gießgeschwindigkeit in der Einheit [m/min] aufgetragen, auf der Ordinate ein materialspezifischer Erstarrungsfaktor k , welcher die Einheit [mm/ $\sqrt{\text{min}}$] trägt. Der Erstarrungsfaktor k liegt zwischen 24-27 mm/ $\sqrt{\text{min}}$, vorzugsweise zwischen 25 und 26 mm/ $\sqrt{\text{min}}$. Im Beispiel gemäß Fig.4 ist ein Erstarrungsfaktor k von 25,5 mm/ $\sqrt{\text{min}}$ als horizontale Linie eingezeichnet, welche drei Linien 21, 22, 23 schneidet.

[0124] Linie 21 bezeichnet einen Strang mit 80 mm Strangdicke, Linie 22 einen Strang mit 55 mm Strangdicke und Linie 23 einen Strang mit 70 mm Strangdicke. Es ist anzumerken, dass diese Linienverläufe jeweils nur für Stränge gelten, welche in einer Strangstützvorrichtung 6 mit spezifischer Strangstützlänge L gegossen werden. So bezeichnen die Linien 21 und 23 Stränge, welche in einer Strangstützvorrichtung 6 mit einer Strangstützlänge $L=17\text{m}$ gegossen werden, während die Linie 22 einen Strang bezeichnet, welche in einer Strangstützvorrichtung 6 mit einer Strangstützlänge $L=9\text{m}$ gegossen wird.

[0125] Ein Schnitt der dem Erstarrungsfaktor $k=25,5$ mm/ $\sqrt{\text{min}}$ entsprechenden horizontalen Linie mit Linie 21 ergibt weiters, dass man bei Strangdicken von 80 mm eine maximale Gießgeschwindigkeit von 6,8 m/min wählen kann. Die real angewendete Gießgeschwindigkeit darf zur Gewährleistung eines einwandfreien fertigungstechnischen Prozesses zwar unterhalb, nicht jedoch oberhalb dieses Wertes liegen, da ansonsten die Sumpfspitze des Stranges in Transportrichtung 15 über das Ende 14 der Strangstützvorrichtung 6 bzw. des Aufnahmeschachtes 11 hinauswandern würde und ein Aufplatzen des Stranges zu befürchten wäre.

[0126] Für Strangdicken von 55 mm (Linie 22) ist eine maximale Gießgeschwindigkeit von 7,6 m/min zulässig, für Strangdicken von 70 mm (Linie 23) eine maximale Gießgeschwindigkeit von ca. 8,9 m/min. Solch hohe Gießgeschwindigkeiten bei verhältnismäßig geringen Strangdicken lassen keine Gewährleistung einwandfreier Fertigungsgüte zu.

[0127] Fig.5 zeigt ein Diagramm mit zu Fig.4 korrespondierenden Abszissen- und Ordinatenachsen, allerdings für Stränge, welche in einer Strangstützvorrichtung 6 mit erfindungsgemäß vorgeschlagenen, in metallurgischer Hinsicht besonders vorteilhaften Strangstützlänge L von 15,25 m gegossen werden.

[0128] Die im Folgenden beschriebenen erfindungsgemäßen Gießcharakteristiken sind rein exemplarisch gewählt und nicht einschränkend zu verstehen. Grundsätzlich ergibt sich für jede Strangdicke kein fixer Geschwindigkeitswert, sondern stets ein korrespondierender Geschwindigkeitsbereich, unter dem der Gießpro-

zess sinnvoll führbar ist. Ebenso ist die Strangstützlänge L nicht auf einen bestimmten Wert wie z.B. 15,25 m gemäß Fig.4 zu reduzieren, sondern die Berechnungen und Überlegungen der Erfinder haben ergeben, dass Strangstützlängen L im Bereich zwischen 12 und 16,5 m bereits wesentliche Vorteile gegenüber bekannten Anlagen ermöglichen.

[0129] Analog zur Schnittführung gemäß Fig.4 ergibt sich gemäß Fig.5 bei einem Erstarrungsfaktor $k=25,5 \text{ mm}/\sqrt{\text{min}}$ für eine durch Linie 24 indizierte Strangdicke von 100 mm eine auf der Abszisse ablesbare maximale Gießgeschwindigkeit von 4 m/min. Für eine Strangdicke von 95 mm (Linie 25) ist eine maximale Gießgeschwindigkeit von 4,4 m/min zulässig, für eine Strangdicke von 90 mm (Linie 26) eine maximale Gießgeschwindigkeit von ca. 4,9 m/min, für eine Strangdicke von 85 mm (Linie 27) eine maximale Gießgeschwindigkeit von 5,6 m/min und für eine Strangdicke von 80 mm (Linie 28) eine maximale Gießgeschwindigkeit von 6,25 m/min.

[0130] Fig.6 zeigt ein Diagramm, auf dessen Ordinate die maximale Gießgeschwindigkeit in der Einheit [m/min] aufgetragen ist, während auf der Abszisse die Strangstützlänge L bzw. die "metallurgische Länge" mit der Einheit [m] aufgetragen ist. Es sind drei Linien 29, 30, 31 eingezeichnet, wobei Linie 29 eine Strangdicke von 70 mm indiziert, Linie 30 eine Strangdicke von 80 mm und Linie 31 eine Strangdicke von 90 mm.

[0131] Eine in Fig.6 rein beispielhaft eingezeichnete horizontale Schnittlinie entspricht einer maximalen Gießgeschwindigkeit von 6,25 m/min. Ein Schnitt dieser horizontalen Schnittlinie mit Linie 30 ergibt einen Schnittpunkt 30', welcher bei vertikaler Projektion auf die Abszisse ergibt, dass bei Gießgeschwindigkeiten von 6,25 m/min eine Strangstützlänge L von ca. 15,3 m optimal wäre, um die Sumpfspitze des Stranges nahe am Ende 14 der Strangführungsvorrichtung zu halten. Umgekehrt könnte gesagt werden, dass bei einer Strangstützlänge L von 15,3 m maximale Gießgeschwindigkeiten von 6,25 m/min realisierbar sind.

[0132] Mittels des Diagramms gemäß Fig.6 ist weiters im Wesentlichen die erfindungsgemäß beanspruchte Idee veranschaulicht, dass für Stränge mit Strangdicken zwischen 60 bzw. 70 und 90 mm Gießgeschwindigkeiten zwischen 3,8 und 7 m/min bei Strangstützlängen L zwischen 12 und 16,5 m zwecks Prozessoptimierung sinnvoll sind.

[0133] Fig.7 veranschaulicht den Zusammenhang der Strangdicke d mit der Gießgeschwindigkeit v_c , wobei eine Einstellung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten v_c oder (Ziel-)Strangdicken d anhand erfindungsgemäß vorgeschlagener Geschwindigkeitsfaktoren K ermittelbar ist. Der Zusammenhang der Einstellung der Strangdicke d in Zusammenhang mit der Gießgeschwindigkeit v_c wird nach der in einer Einrichtung hinterlegten Formel: $v_c = [K_{\text{lowerLimit}} \dots K_{\text{upperLimit}}]/d^2$ hergestellt.

[0134] Die folgenden Angaben beziehen sich auf einen stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage, worunter im vorliegenden Zusammenhang Betriebsphasen

mit einer Zeitdauer >10 Minuten verstanden werden, während welcher die Gießgeschwindigkeit v_c (im Unterschied zu z.B. zu einer Angießphase) im Wesentlichen konstant bleibt.

[0135] Die Wahl des Geschwindigkeitsfaktors K ist neben der Strangstützlänge L insbesondere vom C-Gehalt der vergossenen Stähle bzw. von deren Abkühlcharakteristik abhängig. Schnell erstarrende Stahlgüten erlauben einen Betrieb der Anlage mit relativ hohen Gießgeschwindigkeiten v_c , während für langsamer erstarrende Stahlgüten geringere Gießgeschwindigkeiten v_c zu wählen sind, um ein Ausbauchen und Aufplatzen des Stranges im Bereich der Sumpfspitze zu verhindern. Die folgenden Tabellen beziehen sich auf zu Strängen vergossene Stahlgüten, die "hart" zu kühlen sind, d.h. schnell erstarren und die "mittelhart" zu kühlen sind, d.h. etwas langsamer erstarren.

[0136] Für den Geschwindigkeitsfaktor K sind jeweils Korridorbereiche angegeben, innerhalb welcher ein gießtechnischer Betrieb effizient und sinnvoll durchführbar ist. Ein strangstützlängenspezifischer Korridorbereich wird gemäß folgender Tabellen jeweils von einem Geschwindigkeitsfaktor $K_{\text{upperLimit}}$ und einem Geschwindigkeitsfaktor $K_{\text{lowerLimit}}$ begrenzt.

[0137] Die Wahl des Geschwindigkeitsfaktors K ist abhängig von der Strangstützlänge L und von der Stahlgüte, insbesondere vom Kohlenstoff-Gehalt der vergossenen Stähle deren Erstarrungs- oder Umwandlungsscharakteristik, deren Festigkeits- bzw. Duktilitätseigenschaften und weiteren Werkstoffcharakteristiken abhängig.

[0138] Zur Kühlung des Stranges 3 wird auf diesen im Bereich der Strangführungsvorrichtung 6 (zwischen dem unteren Ende der Kokille 2 und dem der Vorwalzstraße 4 zugewandten Ende 14 der Strangführungsvorrichtung 6) ein Kühlmittel, vorzugsweise Wasser, aufgebracht. Das Aufbringen des Kühlmittels auf den Strang 3 erfolgt mittels einer nicht dargestellten Spritzeinrichtung, welche eine beliebige Anzahl in beliebigen Konfigurationen (z.B. hinter und/oder neben und/oder zwischen den Führungselementen 9, 10) angeordneten Spritzdüsen umfaßt.

[0139] Für eine harte Kühlung werden 3 bis 4 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl aufgewendet, für eine mittelharte Kühlung 2 bis 3,5 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl und für eine weiche Kühlung < 2,2 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl. Die für eine harte, mittelharte und weiche Kühlung genannten Kühlmittelmengen überschneiden sich aufgrund bereits oben angeführter konstruktiver Ausführungsmerkmale der Spritzeinrichtung und der Strangführungsvorrichtung 6.

[0140] Unter exemplarisch gewählten, im Wesentlichen gleichen Konstruktions- und Randbedingungen der Spritzeinrichtung und der Strangführungsvorrichtung 6 könnten etwa zur Realisierung einer harten Kühlung 3 bis 4 Liter, zur Realisierung einer mittelharten Kühlung 2 bis 3 Liter und zur Realisierung einer weichen Kühlung 1 bis 2 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl aufgebracht

werden.

Tabelle 1: Geschwindigkeitsfaktor K für Stahlgüten mit geringem C-Gehalt (< 0,16%) und relativ harter Kühlung (3 - 4 l Kühlmittel / kg Strangstahl) :

	L = 13 m	L = 16.5 m
K_upperLimit	35200	44650
K_lowerLimit	30000	38000

Tabelle 2: Geschwindigkeitsfaktor K für Stahlgüten mit C-Gehalt > 0,16% und mittelharter Kühlung (2 - 3,5 l Kühlmittel / kg Strangstahl) :

	L = 13 m	L = 16.5 m
K_upperLimit	33800	42950
K_lowerLimit	28700	36450

Tabelle 3: Geschwindigkeitsfaktor K für spezielle Stahlgüten und weicher Kühlung (1,0 - 2,2 l Kühlmittel / kg Strangstahl):

	L = 13 m	L = 16.5 m
K_upperLimit	32350	41200
K_lowerLimit	26350	34850

[0141] So ist es gemäß einer bevorzugten Betriebsführung (siehe Tabelle 1) vorgesehen, dass für hart zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 3 bis 4 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke d mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit v_c nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten wird, wobei der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer vorzugsweise minimalen Strangstützlänge $L_{\min}$ von 13 m in einem Korridorbereich von 30000 bis 35200, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 32500 bis 35200 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer vorzugsweise maximalen Strangstützlänge $L_{\max}$ von 16,5 m in einem Korridorbereich von 38000 bis 44650, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 41000 bis 44650 liegt. Zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten v_c oder (Ziel-)Strangdicken d für Anlagen mit zwischen den vorzugsweisen Strangstützlängen $L_{\min}$ und $L_{\max}$ liegenden Strangstützlängen L ist eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen (unter Erhalt eines weiteren, nicht in den Tabellen angeführten Korridorbereichs) durchführbar. Eine Interpolation zwischen den Korridorbereichen erfolgt auf eine im Wesentlichen lineare Weise.

[0142] Im Falle von Strangstützlängen < $L_{\min}$ ist auch eine Extrapolation zu den vorangehend angeführten Korridorbereichen möglich.

[0143] Gemäß Tabelle 2 wird für mittelhart zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 2 bis 3,5 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke d mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit v_c nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge L von 13 m in einem Korridorbereich von 28700 bis 33800, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 31250 bis 33800 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge L=16,5 m in einem Korridorbereich von 36450 bis 42950, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 39700 bis 42950 liegt.

[0144] Gemäß Tabelle 3 wird für weich zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 1,0 bis 2,2 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke d mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit v_c nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge L von 13 m in einem Korridorbereich von 26350 bis 32359, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 29350 bis 32359 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor K bei einer Strangstützlänge L=16,5 m in einem Korridorbereich von 34850 bis 41200, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 38000 bis 41200 liegt.

[0145] Fig.7 zeigt ein Diagramm mit zu den vorangehend angeführten Geschwindigkeitsfaktoren K korrespondierenden Kennlinien 32-37. Auf der Abszisse des Diagramms ist die (am Ende der Strangführungsvorrichtung 6 bzw. beim Einlauf in die Vorwalzstraße 4 gemessene) Strangdicke d in der Einheit [mm] aufgetragen, auf der Ordinate die Gießgeschwindigkeit in der Einheit [m/min].

[0146] Die Kennlinien 32, 33 und 34 gelten für Strangstützlängen L=13 m, die Kennlinien 35, 36 und 37 für Strangstützlängen L=16,5 m.

[0147] Maßgeblich für eine effiziente Betriebsführung der Anlage sind jeweils die obersten, für eine spezifische

[0148] Strangstützlänge L geltenden Kennlinien, somit gemäß Fig. 7 für Strangstützlängen L=13 m die Kennlinie 32 und für Strangstützlängen L=16,5 m die Kennlinie 35.

[0149] Die obersten, für eine spezifische Strangstützlänge L geltenden Kennlinien korrespondieren mit den vorangehend tabellarisch angeführten Geschwindigkeitsfaktoren $K_{\text{upperLimit}}$. Konkret entspricht Kennlinie 32 einem Geschwindigkeitsfaktor K von 35200 und Kennlinie 35 einem Geschwindigkeitsfaktor K von 44650. Die Kennlinien 32 und 35 entsprechen somit rasch erstarrenden Stahlgüten, welche unter Einhaltung standardisierter Qualitätskriterien eine hohe Gießgeschwindigkeit und Wärmeabfuhr erlauben.

[0150] Die gemäß Fig.7 untersten, für eine spezifische Strangstützlänge L geltenden Kennlinien (für Strangstützlängen L=13 m: Kennlinie 34; für Strangstützlängen L=16,5 m: Kennlinie 37) entsprechen

den tabellarisch angeführten Geschwindigkeitsfaktoren $K_{\text{lowerLimit}}$.

[0151] Die den Kennlinien 36 und 37 entsprechenden Stahlgüten sind aufgrund ihrer langsameren Erstarrung nicht so "hart", d.h. nicht so schnell kühlbar wie eine der Kennlinie 35 entsprechende Stahlgüte. Ebenso sind die den Kennlinien 33 und 34 entsprechenden Stahlgüten nicht so schnell kühlbar wie eine der Kennlinie 32 entsprechende Stahlgüte.

[0152] Die Kühlgeschwindigkeit bestimmt maßgeblich die Position der Sumpfspitze innerhalb des Stranges 3. Oberhalb der stahlgütenspezifischen Kennlinien 32-37 liegende Gießgeschwindigkeits-Bereiche sind zu vermeiden, um ein Ausbauchen und Aufplatzen des Stranges 3 im Bereich der Sumpfspitze zu vermeiden. Mit anderen Worten stellen die Kennlinien 32-37 Grenz-Gießgeschwindigkeitskurven für verschiedene Stahlsorten dar.

[0153] Bei einer in Fig.7 mit dem Ausgangspunkt eines Pfeiles 35' identische Betriebsführung mit einer Gießgeschwindigkeit $v_c = 6$ m/min und einer Strangdicke $d = 86$ mm läge z.B. die Sumpfspitze des Stranges 3 am Ende der Strangführungsvorrichtung 6, d.h. möglichst nahe am Eintritt in die Vorwalzstraße 4, wodurch ein optimales Ausnutzen der Gießhitze für den nachfolgenden Walzprozess gewährleistet ist. Wenn nun, wie durch Pfeil 35' exemplarisch dargestellt, die Gießgeschwindigkeit v_c aus betriebstechnischen Gründen auf 5,5 m/min verringert wird, müsste gemäß Pfeil 35" ein Anheben der Strangdicke d auf annähernd 90 mm erfolgen, um die Sumpfspitze des Stranges 3 weiterhin am Ende der Strangführungsvorrichtung 6 zu halten und ein optimales Ausnutzen der Gießhitze für im nachfolgenden Walzprozess zu gewährleisten. Analog dazu ist im Falle einer Verringerung der Gießgeschwindigkeit v_c auf 5,2 m/min gemäß Pfeil 35''' ein Anheben der Strangdicke d auf annähernd 93 mm angezeigt, um die Sumpfspitze des Stranges 3 weiterhin am Ende der Strangführungsvorrichtung 6 zu halten.

[0154] Umgekehrt muss bei einer Erhöhung der Gießgeschwindigkeit v_c (z.B. nachdem betriebstechnische Probleme, welche eine temporäre Drosselung der Gießgeschwindigkeit v_c erforderlich machten, behoben wurden) die Strangdicke d entsprechend reduziert werden, um die Gefahr eines Ausbauchens des Stranges 3 im Bereich der Sumpfspitze auszuschließen.

[0155] Bei den betriebstechnischen Gründen, welche eine Reduzierung der Gießgeschwindigkeit v_c erforderlich machen, kann es sich z.B. um über Sensoren erfasste Unregelmäßigkeiten im Bereich des Schiebers oder der Kokille, insbesondere am Badspiegel der Kokille oder um Abweichungen der Strangtemperatur von vorgegebenen Werten handeln.

[0156] Eine Änderung der Strangdicke d kann durch eine vorangehend beschriebene dynamische LCR-Dickenreduzierung mittels des LCR-Führungssegmentes 16' erfolgen.

[0157] Fällt die Gießgeschwindigkeit v_c aus den vor-

angehend angeführten Zusammenhängen nach unten, wird die Betriebsmannschaft durch eine Ausgabereinrichtung darauf hingewiesen, um die Liquid Core Reduction (LCR) so zu verringern, dass die Strangdicke d ansteigt, und um so den erfindungsgemäßen Zusammenhang bzw. einen jeweiligen Korridorbereich wieder zu erreichen. Erfindungsgemäß ist dabei bevorzugt ein oberer Bereich des Korridors anzustreben.

[0158] Je nachdem, was von den Betreibern als Hauptparameter der Anlage angesehen wird (die Strangdicke d oder die Gießgeschwindigkeit v_c), kann ausgehend von einer gewünschten Strangdicke d eine korrespondierende Ziel-Gießgeschwindigkeit v_c gewählt werden oder es kann ausgehend von einer gewünschten Gießgeschwindigkeit v_c die Strangdicke d entsprechend variiert werden.

[0159] Es sei angemerkt, dass im Sinne einer hohen Betriebsstabilität vorangehend beschriebene Änderungen der Strangdicke d nur bei relevanten Änderungen der Gießgeschwindigkeit v_c (z.B. bei Änderungen von v_c um ca. 0,25 m/min) durchgeführt werden und nicht bei jeder geringfügigen Abweichung der Gießgeschwindigkeit v_c von einer jeweils gewünschten Ziel-Gießgeschwindigkeit.

[0160] In Anlehnung an die erfindungsgemäßen Kennlinien bzw. an die korrespondierenden Geschwindigkeitsfaktoren K kann bei abnehmender Gießgeschwindigkeit v_c die Strangdicke d erhöht und dadurch der Materialdurchsatz erhöht und somit optimiert werden.

[0161] Da eine Gießgeschwindigkeit v_c oberhalb von etwa 7m/min für ein stabiles Gießen kaum zugänglich sind, wurde dieser Bereich aus dem Diagramm gemäß Fig.7 ausgeblendet.

Patentansprüche

1. Verfahren zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband, welches ausgehend von einem durch eine Strangführungsvorrichtung (6) geführten Strang (3) in einer Vorwalzstraße (4) zu einem Zwischenband (3') und in weiterer Folge in einer Fertigwalzstraße (5) zu einem Endband (3'') gewalzt wird, umfassend folgende Verfahrensschritte:

- Gießen eines Stranges (3) in einer Kokille (2) einer Gießanlage, wobei der Strang (3) im Liquid-Core-Reduction (LCR-) Verfahren mittels der anschließenden Strangführungsvorrichtung (6) bei flüssigem Querschnittskern des Stranges (3) auf eine Strangdicke (d) zwischen 60 und 95 mm, vorzugsweise auf eine Strangdicke (d) zwischen 70 und 85 mm reduziert wird,
- wobei eine zwischen dem Meniskus (13), d.i. der Badspiegel der Kokille (2) und einem der Vorwalzstraße (4) zugewandten Ende (14) der Strangführungsvorrichtung (6) gemessene

Strangstützlänge (L) zwischen 12 m und 16,5 m, bevorzugt zwischen 14,2 m und 16,5 m ist, - und wobei eine Gießgeschwindigkeit (v_G) in einem Bereich von 3,8 - 7 m/min liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strangstützlänge (L) kleiner oder gleich 15,5 m beträgt, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 13 und 15 m, insbesondere zwischen 14,2 und 15 m, liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Vorwalzstraße (4) ein Vorwalzen des Stranges (3) zu einem Zwischenband (3') in mindestens vier Walzstichen, d.h. unter Einsatz von vier Vorwalzgerüsten ($4_1, 4_2, 4_3, 4_4$), vorzugsweise in fünf Walzstichen, d.h. unter Einsatz von fünf Vorwalzgerüsten ($4_1, 4_2, 4_3, 4_4, 4_5$) erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in der Vorwalzstraße (4) erfolgenden Walzstiche innerhalb von längstens 80 Sekunden, vorzugsweise innerhalb von längstens 50 Sekunden erfolgen.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Walzstich in der Vorwalzstraße (4) innerhalb von längstens 5,7 Minuten, vorzugsweise innerhalb von längstens 5,3 Minuten ab Erstarrungsbeginn des in der Kokille (2) befindlichen flüssigen Stranges erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Ende (14) der Strangführungsvorrichtung (6) und einem Einlaufbereich der Vorwalzstraße (4) lediglich eine durch die Umgebungstemperatur bedingte Abkühlung des Stranges (3) zugelassen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Vorwalzstraße (4) pro Walzstich eine Reduktion der Strangdicke (d) des Stranges (3) um 35-60 %, vorzugsweise um 40-55 % erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Temperaturverlustrate des aus der Vorwalzstraße (4) austretenden Zwischenbandes (3') unterhalb von maximal 3 K/m, vorzugsweise unterhalb von maximal 2,5 K/m liegt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Erwärmung des aus der Vorwalzstraße (4) ausgetretenen Zwischenbandes (3') mittels einer induktiven Heizeinrichtung (7), vorzugsweise im Querfelderwärmungsverfahren, beginnend bei einer Temperatur oberhalb von 725°C, vorzugsweise oberhalb von 850°C auf eine

Temperatur von mindestens 1100°C, vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb von 1180°C erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Erwärmung des Zwischenbandes (3') innerhalb einer Zeitspanne von 4 bis 30 Sekunden, vorzugsweise innerhalb einer Zeitspanne von 5 bis 15 Sekunden erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 3 und 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Vornahme von genau vier Walzstichen in der Vorwalzstraße (4) vorgesehen ist, dass der Zeitverlauf zwischen dem ersten Walzstich und dem Einlauf in die Heizeinrichtung (7) bei Zwischenbanddicken von 5-10 mm nicht länger als 110 Sekunden, vorzugsweise nicht länger als 70 Sekunden beträgt.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fertigwalzen des erwärmten Zwischenbandes (3') in der Fertigwalzstraße (5) in vier Walzstichen, d.h. unter Einsatz von vier Fertigwalzgerüsten ($5_1, 5_2, 5_3, 5_4$) oder in fünf Walzstichen, d.h. unter Einsatz von fünf Fertigwalzgerüsten ($5_1, 5_2, 5_3, 5_4, 5_5$) zu einem Endband (3'') mit einer Dicke < 1,5 mm, vorzugsweise < 1,2 mm erfolgt.
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die innerhalb der Fertigwalzstraße (5) durchgeführten Walzstiche innerhalb einer Zeitspanne von maximal 12 Sekunden, vorzugsweise innerhalb einer Zeitspanne von maximal 8 Sekunden erfolgen.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aus der Kokille (2) austretende und in die Strangführungsvorrichtung (6) eintretende Strang (3) eine Strangdicke (d) zwischen 95 und 110 mm, vorzugsweise eine Strangdicke (d) zwischen 102 und 108 mm aufweist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur LCR-Dickenreduzierung des Stranges (3) zu dessen Kontaktierung vorbestimmte Führungselemente (9, 10) der Strangführungsvorrichtung (6) relativ zu einer Längsachse des Stranges (3) verstellbar sind, wobei eine Verstellung der Führungselemente (9, 10) in Abhängigkeit des Materials des Stranges (3) und/oder der Gießgeschwindigkeit vorgenommen wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strangdicke (d) quasi-statisch nach dem Beginn einer Gießsequenz, d.h. kurz nach Austritt des Stranges (3) aus der Kokille (2) einstellbar ist.

17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strangdicke dynamisch einstellbar, d.h. während des Gießprozesses bzw. während des Durchgangs des Stranges (3) durch die Strangführungsvorrichtung (6) beliebig variierbar ist.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mittels einer Spritzeinrichtung im Bereich der Strangführungsvorrichtung (6) hart zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 3 bis 4 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke (d) mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit (v_c) nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten wird, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge (L) von 13 m in einem Korridorbereich von 30000 bis 35200, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 32500 bis 35200 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge (L)=16,5 m in einem Korridorbereich von 38000 bis 44650, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 41000 bis 44650 liegt, wobei zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten (v_c) oder (Ziel-)Strangdicken (d) für Anlagen mit zwischen den Strangstützlängen L=13 m und L=16,5 m liegenden Strangstützlängen (L) eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen durchführbar ist.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mittels einer Spritzeinrichtung im Bereich der Strangführungsvorrichtung (6) mittelhart zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von 2 bis 3,5 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke (d) mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit (v_c) nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten wird, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge (L) von 13 m in einem Korridorbereich von 28700 bis 33800, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 31250 bis 33800 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge (L)=16,5 m in einem Korridorbereich von 36450 bis 42950, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 39700 bis 42950 liegt, wobei zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten (v_c) oder (Ziel-)Strangdicken (d) für Anlagen mit zwischen den Strangstützlängen L=13 m und L=16,5 m liegenden Strangstützlängen (L) eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen durchführbar ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mittels einer

Spritzeinrichtung im Bereich der Strangführungsvorrichtung (6) weich zu kühlende Strangstähle, d.h. unter Aufbringung von weniger als 2,2 Liter Kühlmittel pro kg Strangstahl, in einem stationär-kontinuierlichen Betrieb der Anlage der Zusammenhang einer in [mm] gemessenen Strangdicke (d) mit der in [m/min] gemessenen Gießgeschwindigkeit (v_c) nach der Formel $v_c = K / d^2$ eingehalten wird, wobei ein in der Formel enthaltener Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge (L) von 13 m in einem Korridorbereich von 26350 bis 32359, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 29350 bis 32359 liegt, während der Geschwindigkeitsfaktor (K) bei einer Strangstützlänge (L)=16,5 m in einem Korridorbereich von 34850 bis 41200, vorzugsweise in einem Korridorbereich von 38000 bis 41200 liegt, wobei zur Ermittlung von (Ziel-)Gießgeschwindigkeiten (v_c) oder (Ziel-)Strangdicken (d) für Anlagen mit zwischen den Strangstützlängen L=13 m und L=16,5 m liegenden Strangstützlängen (L) eine Interpolation zwischen den vorangehend angeführten Korridorbereichen durchführbar ist.

21. Anlage zur Durchführung eines Verfahrens zur kontinuierlichen oder semikontinuierlichen Herstellung von Stahlwarmband nach einem der Ansprüche 1 bis 20, umfassend eine Kokille (2), eine dieser nachgeordnete Strangführungsvorrichtung (6), eine dieser nachgeordnete Vorwalzstraße (4), eine dieser nachgeordnete, vorzugsweise induktive Heizeinrichtung (7) und eine dieser nachgeordnete Fertigwalzstraße (5), wobei die Strangführungsvorrichtung (6) eine Serie an unteren Führungselementen (9) und eine dazu parallel oder konvergierend angeordnete Serie an oberen Führungselementen (10) aufweist und zwischen den beiden Führungselemente-Serien (9, 10) ein zur Aufnahme eines aus der Kokille (2) austretenden Stranges (3) vorgesehener Aufnahmeschacht (11) ausgebildet ist, welcher durch Ausbildung unterschiedlicher Abstände gegenüberliegender Führungselemente (9, 10) zueinander in Transportrichtung des Stranges (3) zumindest abschnittsweise verjüngt ist und dadurch der Strang (3) dickenreduzierbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aufnahmeschacht (11) an seinem der Vorwalzstraße (4) zuweisenden Ende (14) eine der Strangdicke (d) des Stranges (3) entsprechende lichte Aufnahmebreite (12) zwischen 60 und 95 mm, vorzugsweise zwischen 70 und 85 mm aufweist, wobei eine zwischen dem Meniskus (13), d.i. der Badspiegel der Kokille (2) und dem der Vorwalzstraße (4) zugewandten Ende (14) des Aufnahmeschachts (11) der Strangführungsvorrichtung (6) gemessene Strangstützlänge (L) zwischen 12 m und 16,5 m ist und wobei eine Steuereinrichtung vorgesehen ist, mittels welcher die Gießgeschwindigkeit (v_c) des Stranges (3) in einem Bereich zwischen 3,8 - 7 m/min haltbar ist.

22. Anlage nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die lichte Aufnahmebreite (12) des Aufnahmeschachts (11) an seinem der Kokille (2) zuweisenden Eingangsbereich zwischen 95 und 110 mm, vorzugsweise zwischen 102 und 108 mm beträgt. 5
23. Anlage nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strangstützlänge (L) kleiner oder gleich 15,5 m ist, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 13 und 15 m, insbesondere zwischen 14,2 und 15 m, liegt. 10
24. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorwalzstraße (4) vier oder fünf Vorwalzgerüste (4₁, 4₂, 4₃, 4₄, 4₅) umfasst. 15
25. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Ende (14) des Aufnahmeschachts (11) bzw. der Strangführungsvorrichtung (6) und einem Einlaufbereich der Vorwalzstraße (4) keine Kühlvorrichtung, jedoch eine thermische Abdeckung vorgesehen ist. 20
26. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels in der Vorwalzstraße (4) angeordneter Vorwalzgerüste (4₁, 4₂, 4₃, 4₄, 4₅) eine Reduktion der Strangdicke (d) des Stranges (3) um jeweils 35-60 %, vorzugsweise um jeweils 40-55 % pro Vorwalzgerüst (4₁, 4₂, 4₃, 4₄, 4₅) durchführbar ist, sodass ein Zwischenband (3') mit einer Dicke von 3 bis 15 mm, vorzugsweise mit einer Dicke von 4 bis 10 mm erzeugbar ist. 25
27. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizeinrichtung (7) als induktiver Querfelderwärmungssofen ausgebildet ist, mittels welchem der Strang (3), beginnend bei einer Temperatur oberhalb von 725°C, vorzugsweise oberhalb von 850°C auf eine Temperatur von mindestens 1100°C, vorzugsweise auf eine Temperatur oberhalb von 1180°C aufheizbar ist. 30
28. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 27, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fertigwalzstraße (5) vier Fertigwalzgerüste (5₁, 5₂, 5₃, 5₄) oder fünf Fertigwalzgerüste (5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅) umfasst, mittels welchen ein aus der Vorwalzstraße (4) austretendes Zwischenband (3') zu einem Endband (3'') mit einer Dicke < 1,5 mm, vorzugsweise < 1,2 mm reduzierbar ist. 35
29. Anlage nach Anspruch 28, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fertigwalzgerüste (5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅) jeweils unter Abständen von < 7 m, vorzugsweise unter Abständen von < 5 m zueinander angeordnet sind, wobei die Abstände zwischen den Arbeitswalz- 40
- achsen der Fertigwalzgerüste (5₁, 5₂, 5₃, 5₄, 5₅) gemessen werden.
30. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 29, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Dickenreduzierung des Stranges (3) bestimmte Führungselemente (9, 10) verstellbar und dadurch eine lichte Aufnahmebreite (12) des Aufnahmeschachts (11) verkleiner- oder vergrößerbar ist, wobei die Strangdicke (d) bzw. die lichte Aufnahmebreite (12) in Abhängigkeit des Materials des Stranges (3) und/oder der Gießgeschwindigkeit (v_G) einstellbar ist. 45
31. Anlage nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verstellbaren Führungselemente (9, 10) in einer der Kokille (2) zugewandten vorderen Hälfte, vorzugsweise in einem der Kokille (2) zugewandten vorderen Viertel der Längserstreckung der Strangführungsvorrichtung (6) angeordnet sind. 50
32. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 31, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Arbeitswalzenachse des zur Strangführungsvorrichtung (6) nächst benachbarten ersten Vorwalzgerüsts (4₁) der Vorwalzstraße (4) maximal 7 m, vorzugsweise maximal 5 m nach dem Ende (14) der Strangführungsvorrichtung (6) angeordnet ist. 55
33. Anlage nach einem der Ansprüche 21 bis 32, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein der Vorwalzstraße (4) zugewandtes Einlaufende (7a) der Heizeinrichtung (7) maximal 25 m [bitte ergänzen], vorzugsweise maximal 19 m nach der Arbeitswalzenachse des der Heizeinrichtung (7) nächstgelegenen Vorwalzgerüsts angeordnet ist.

FIG 1

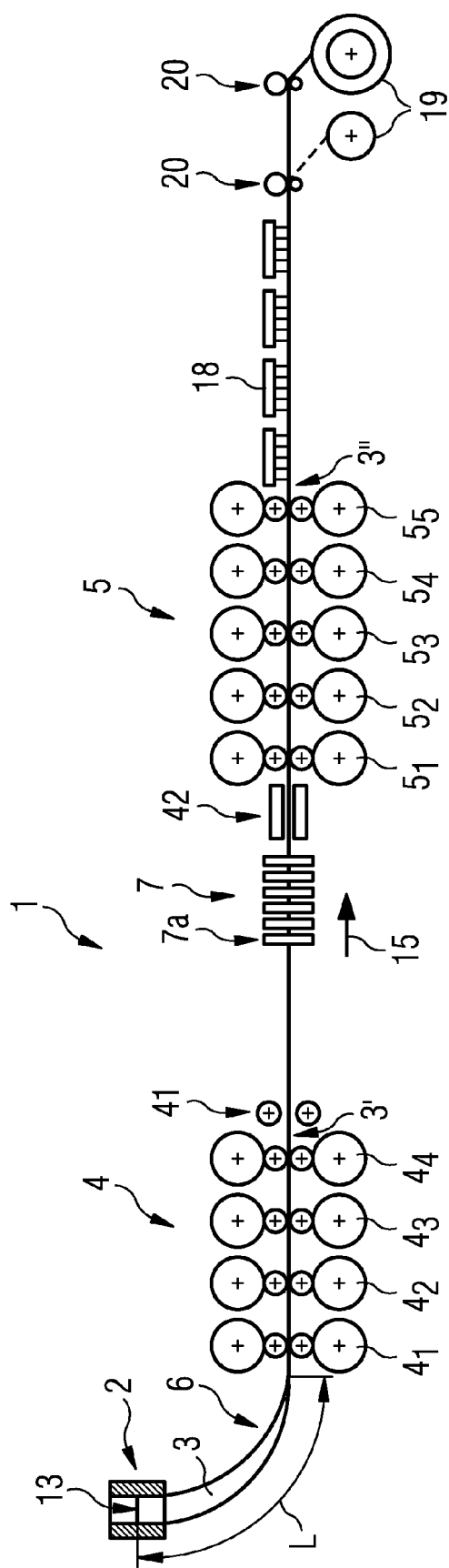


FIG 2

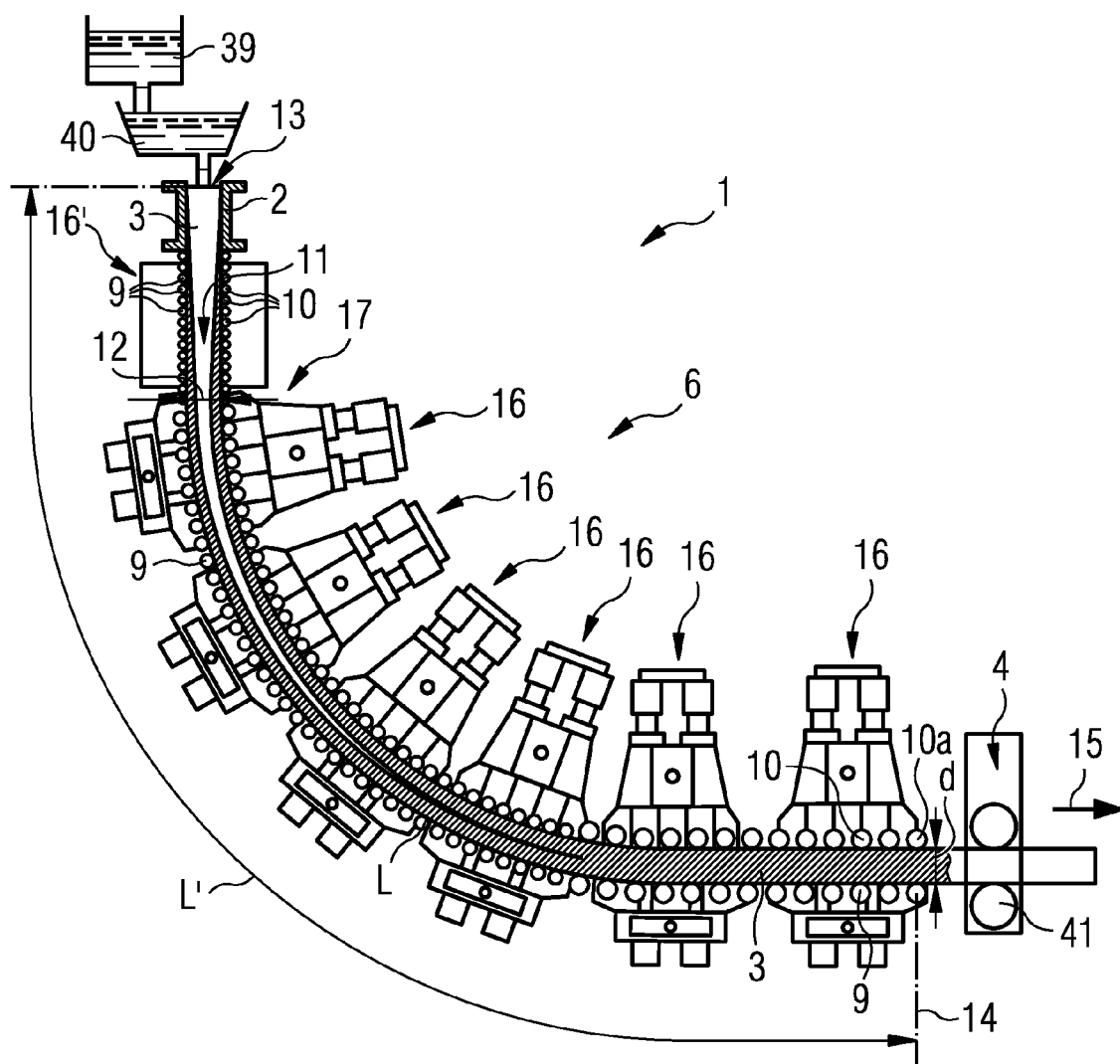


FIG 3

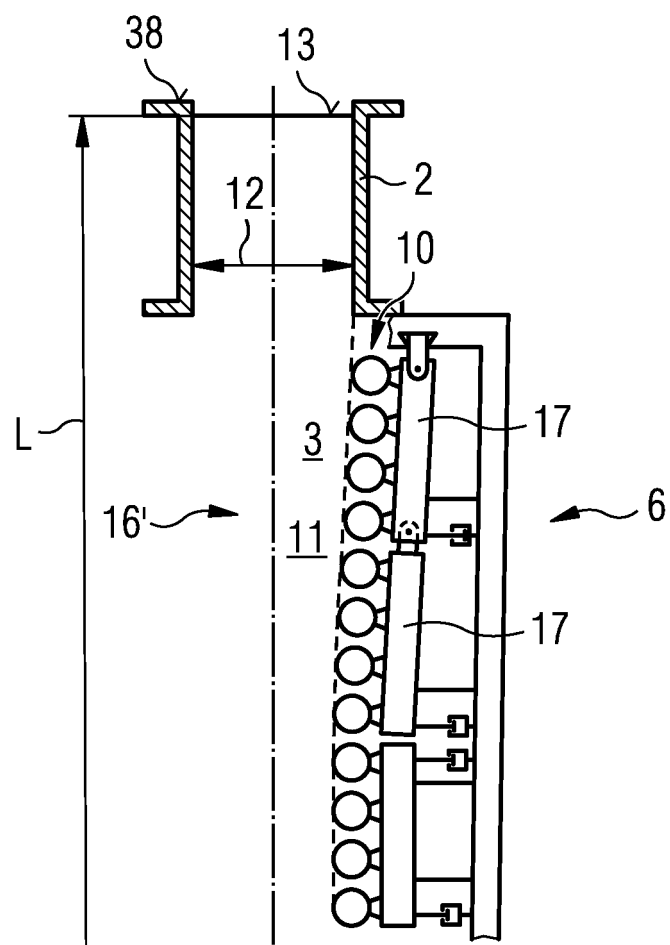


FIG 4

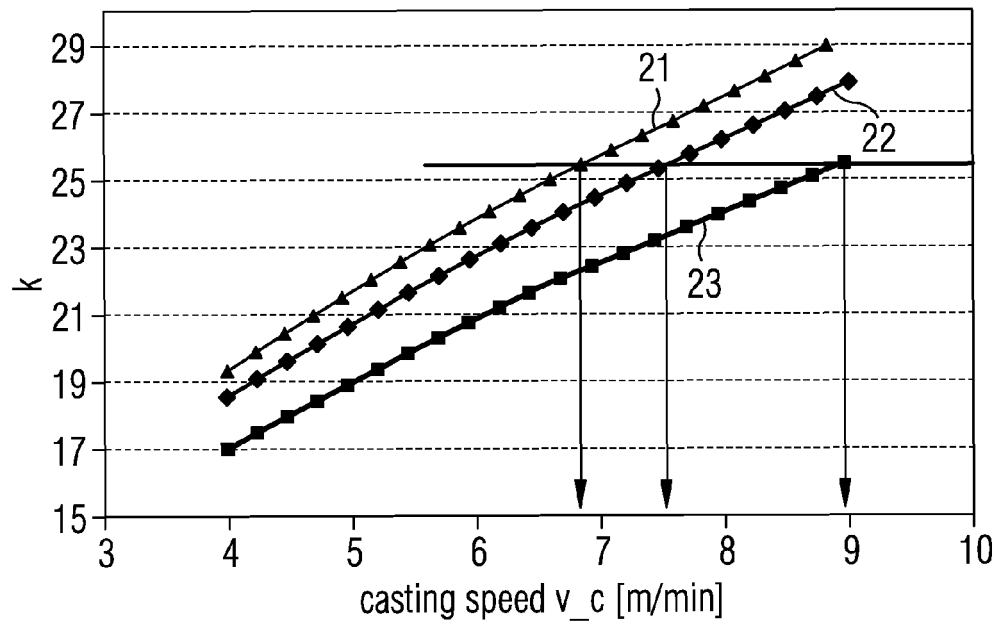


FIG 5

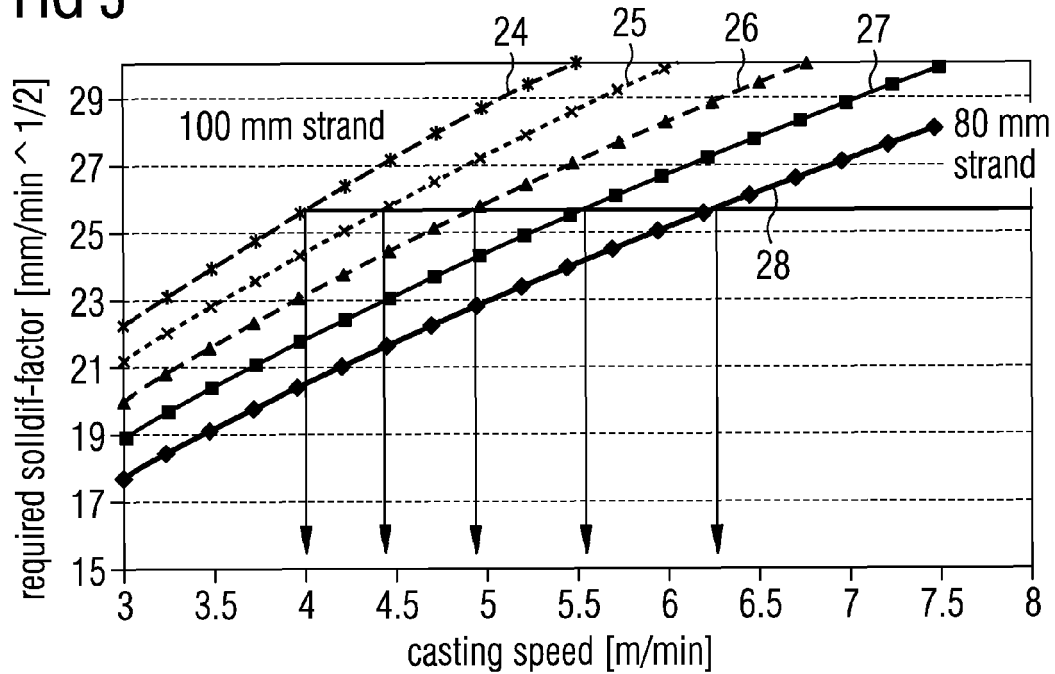


FIG 6

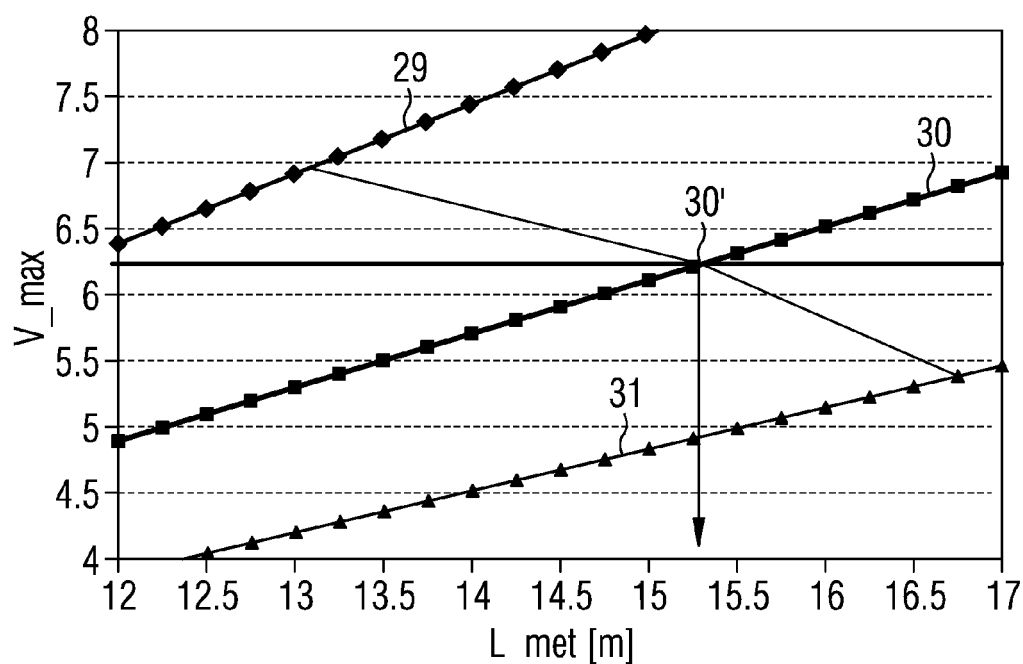
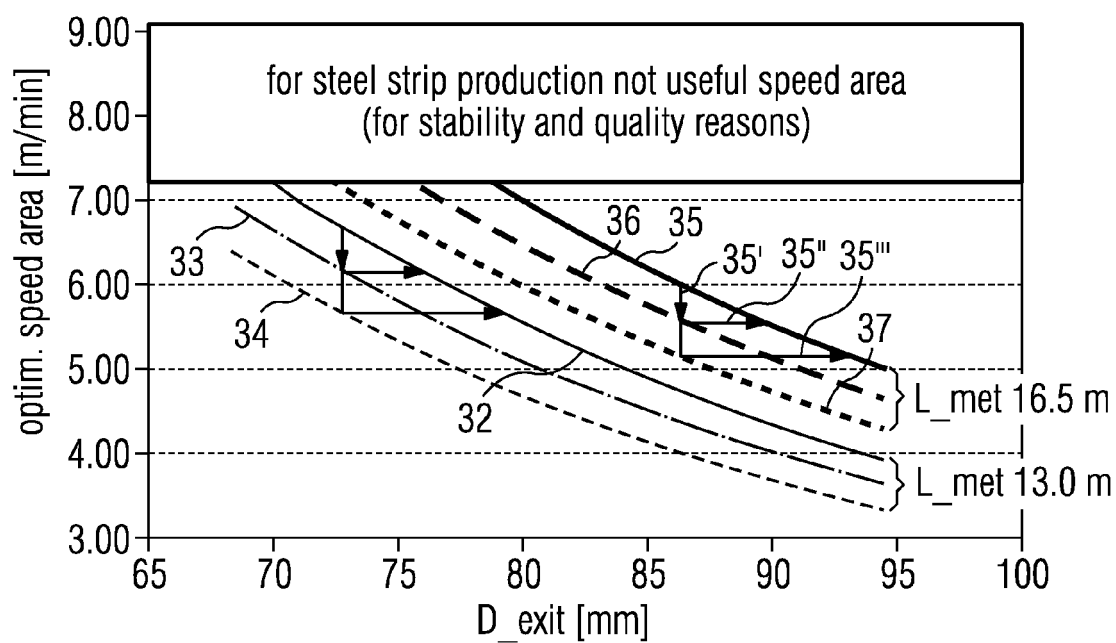


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 18 7232

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	HOHENBICHLER ET AL: "Arvedi ESP - technology and plant design" MILLENNIUM STEEL 2010, [Online] 1. März 2010 (2010-03-01), Seiten 82-88, XP002624158 London Gefunden im Internet: URL: http://www.millennium-steel.com/articles/pdf/2010/pp82-88%20MS10.pdf [gefunden am 2011-02-22] * das ganze Dokument *	1-33	INV. B22D11/041 B22D11/043 B22D11/12 B22D11/124 B22D11/128 B22D11/14 B22D11/22 B21B1/46
Y	Siegl et al: "Arvedi ESP - First Thin Slab Endless Casting and Rolling Results" [Online] 23. Juni 2009 (2009-06-23), XP002624159 5th European Rolling Conference, London Gefunden im Internet: URL: http://www.industry.siemens.com/industry_solutions/metals-mining/en/arvedi-esp/news_information/Documents/Presentation_at_ERC_London.pdf [gefunden am 2011-02-22] * das ganze Dokument *	1-33	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) B22D B21B
Y	Shore et al: "Casting technology and machine design solutions for ESP plants" [Online] 16. September 2008 (2008-09-16), XP002624182 Rolling & Processing Conference 2008, Linz Gefunden im Internet: URL: http://www.industry.siemens.com/industry_solutions/metals-mining/en/arvedi-esp/news_information/Documents/Casting_technology_and_machine_design_solutions_for_ESP_plants.pdf [gefunden am 2011-02-22] * das ganze Dokument *	1-33	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. März 2011	Prüfer Baumgartner, Robin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 5
EPO FORM 1503 03.82 (P44003)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 18 7232

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y	ARVEDI G ET AL: "Arvedi ESP first thin slab endless casting and rolling results" IRONMAKING AND STEELMAKING, Bd. 37, Nr. 4, 1. Mai 2010 (2010-05-01), Seiten 271-275, XP002624183 ISSN: 1743-2812 * das ganze Dokument *	1-33	RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (IPC)
Y	ARVEDI G ET AL: "Achievements of ISP steelmaking technology" IRONMAKING AND STEELMAKING, Bd. 37, Nr. 4, 1. Mai 2010 (2010-05-01), Seiten 251-256, XP002624184 ISSN: 1743-2812 * das ganze Dokument *	1-33	
Y	US 2008/035301 A1 (ARVEDI GIOVANNI [IT]) 14. Februar 2008 (2008-02-14) * das ganze Dokument *	1-33	
Y	DE 100 25 080 A1 (SMS DEMAG AG [DE]) 17. Mai 2001 (2001-05-17) * das ganze Dokument *	1-33	
Y	DE 196 39 302 A1 (SCHLOEMANN SIEMAG AG [DE]) 26. März 1998 (1998-03-26) * das ganze Dokument *	1-33	
Y,D	EP 0 889 762 B1 (MANNESMANN AG [DE]) 27. Oktober 1999 (1999-10-27) * das ganze Dokument *	1-33	
Y,D	DE 10 2007 058709 A1 (SMS DEMAG AG [DE]) 5. Februar 2009 (2009-02-05) * das ganze Dokument *	1-33	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. März 2011	
		Prüfer Baumgartner, Robin	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

5

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 10 18 7232

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y,D	WO 2007/086088 A1 (ARVEDI GIOVANNI [IT]) 2. August 2007 (2007-08-02) * das ganze Dokument *	1-33	
Y,D	EP 0 415 897 B1 (ERICSSON TELEFON AB L M [SE]) 23. Februar 1994 (1994-02-23) * das ganze Dokument *	1-33	
Y,D	EP 1 469 954 B1 (SMS DEMAG AG [DE]) 22. März 2006 (2006-03-22) * das ganze Dokument *	1-33	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. März 2011	Prüfer Baumgartner, Robin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 5
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 18 7232

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-03-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2008035301 A1	A1	14-02-2008	AR 053045 A1	18-04-2007
			AT 411120 T	15-10-2008
			AU 2005330323 A1	12-10-2006
			BR PI0513754 A	13-05-2008
			CA 2569841 A1	12-10-2006
			CN 1972764 A	30-05-2007
			DK 1868748 T3	19-01-2009
			EG 24541 A	09-09-2009
			EP 1868748 A1	26-12-2007
			ES 2314642 T3	16-03-2009
			HR 20080586 T3	31-01-2009
			WO 2006106376 A1	12-10-2006
			JP 2008534289 T	28-08-2008
			PT 1868748 E	12-12-2008
			US 2011042034 A1	24-02-2011

DE 10025080	A1	17-05-2001	KEINE	

DE 19639302	A1	26-03-1998	KEINE	

EP 0889762	B1	27-10-1999	AT 185987 T	15-11-1999
			CN 1214642 A	21-04-1999
			WO 9736699 A1	09-10-1997
			DE 19613718 C1	23-10-1997
			EP 0889762 A1	13-01-1999
			ID 16509 A	02-10-1997
			JP 2000507503 T	20-06-2000
			KR 20000004992 A	25-01-2000
			RU 2163934 C2	10-03-2001
			US 6092586 A	25-07-2000
			ZA 9701618 A	29-08-1997

DE 102007058709 A1	A1	05-02-2009	AR 067806 A1	21-10-2009
			AU 2008285980 A1	12-02-2009
			CA 2689457 A1	12-02-2009
			EP 2176010 A1	21-04-2010
			WO 2009018957 A1	12-02-2009
			JP 2010529907 T	02-09-2010
			KR 20100009649 A	28-01-2010
			US 2010163205 A1	01-07-2010
			ZA 200908074 A	28-07-2010

WO 2007086088 A1	A1	02-08-2007	AU 2006336818 A1	02-08-2007
			CA 2636652 A1	02-08-2007
			CN 101336307 A	31-12-2008
			JP 2009524743 T	02-07-2009

EPO FORM P0481

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 18 7232

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-03-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007086088 A1		US 2010252149 A1	07-10-2010
EP 0415897 B1	23-02-1994	AU 629387 B2	01-10-1992
		AU 6131690 A	28-02-1991
		DE 69006804 D1	31-03-1994
		DE 69006804 T2	01-06-1994
		EP 0415897 A1	06-03-1991
		HK 66994 A	22-07-1994
		JP 2889670 B2	10-05-1999
		JP 3091328 A	16-04-1991
		NZ 234618 A	25-11-1992
		SE 464437 B	22-04-1991
		SE 8902844 A	26-02-1991
		US 5230077 A	20-07-1993
EP 1469954 B1	22-03-2006	AT 320866 T	15-04-2006
		CA 2471481 A1	07-08-2003
		CN 1625447 A	08-06-2005
		DE 10203711 A1	14-08-2003
		WO 03064069 A1	07-08-2003
		EP 1469954 A1	27-10-2004
		ES 2261914 T3	16-11-2006
		JP 2005525239 T	25-08-2005
		RU 2302304 C2	10-07-2007
		TW 1283613 B	11-07-2007
		UA 78281 C2	15-03-2007
		US 2009260728 A1	22-10-2009
		US 2005072499 A1	07-04-2005
		US 2008000559 A1	03-01-2008
		ZA 200404829 A	04-01-2005

EPO FORM P0451

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 0415987 B1 **[0016]**
- EP 1469954 B1 **[0016]**
- DE 102007058709 A1 **[0016]**
- WO 2007086088 A1 **[0016]**
- EP 0889762 B1 **[0029]**