



(11)

EP 3 000 539 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
16.11.2016 Patentblatt 2016/46

(51) Int Cl.:

B21B 1/46 (2006.01)

B21B 37/46 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14186114.6**

(22) Anmeldetag: **24.09.2014**

(54) **VERFAHREN ZUM GIEßEN UND WALZEN EINES ENDLOSEN STRANGGUTES**

METHOD FOR CASTING AND ROLLING AN ENDLESS STRAND

PROCÉDÉ DESTINÉS À COULER ET LAMINER UN PRODUIT EN COULÉE CONTINUE

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.03.2016 Patentblatt 2016/13

(73) Patentinhaber: **SMS group GmbH
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Breuer, Michael
57271 Hilchenbach (DE)**

• **Weyer, Axel
42349 Wuppertal (DE)**

(74) Vertreter: **Klüppel, Walter
Hemmerich & Kollegen
Patentanwälte
Hammerstraße 2
57072 Siegen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A2-2010/049280 DE-A1-102004 010 038
JP-A- S56 114 522 JP-A- S60 227 958**

EP 3 000 539 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Gieß-Walz-Anlage zum Gießen und Walzen eines endlosen Stranggutes aus Metall, insbesondere Stahl.

[0002] Eine bekannte Gieß-Walz-Anlage zum Gießen und Walzen eines endlosen Stranggutes ist beispielhaft in Figur 1 gezeigt. Die dort gezeigte Gieß-Walz-Anlage 100 umfasst eine Stranggießmaschine 110, eine der Stranggießmaschine nach-geschaltete Walzstraße 120, eine der Walzstraße nachgeschaltete Kühlstrecke 170, eine der Kühlstrecke nachgeschaltete Trenneinrichtung 180 sowie eine Haspeleinrichtung 190 zum Aufhaspeln des Stranggutes 200. Im Einzelnen umfasst die Stranggießmaschine 110 eine Kokille 111, eine der Kokille nachgeordnete Strangführung 112 sowie typischerweise eine Trenneinrichtung 180. Die Trenneinrichtung 180 dient zum Abtrennen eines sogenannten Kaltstranges. An den primär gekühlten Wänden der Kokille 111 erstarrt die Schmelze in der Kokille und auf diese Weise bildet sich die Strangschale eines Stranggutes aus. Das so gebildete, innen noch flüssige, Stranggut wird nach Austritt aus der Kokille 111 in der Strangführung 112 mit Hilfe von Strangführungsrollen 113 gestützt und aus der Vertikalen in die Horizontale umgelenkt. Zu diesem Zweck sind die Strangführungsrollen 113_i zumindest teilweise mit Hilfe von Antrieben 114_i aktiv angetrieben. Die Antriebe 114_i werden von einer Strangführungsrollen-antriebssteuerung 117 angesteuert. Die Walzstraße 120 umfasst typischerweise n=1 bis N Walzgerüste 122_n, denen typischerweise jeweils Antriebe 124_n zum Antreiben ihrer Walzen zugeordnet sind. Die ersten n=1 bis L mit L = 3 Walzgerüste 122_1 bis 3 bilden eine Gruppe von Vorgerüsten, denen jeweils die Antriebe 124_1 bis 3 zugeordnet sind. Den Vorgerüsten ist eine Heizung, vorzugsweise eine Induktivheizung 129 nachgeschaltet, um das vorgewalzte Stranggut 200 auf eine gewünschte Fertigwalztemperatur aufzuheizen, bevor es nachfolgend in eine Gruppe von (Fertig-) Walzgerüsten 122_4 bis N einläuft und dort auf eine gewünschte Endwalzdicke fertiggewalzt wird. Den einzelnen Walzgerüsten 122_n sind typischerweise individuelle Antriebe 124_n zugeordnet, welche von einer übergeordneten Antriebssteuerung 128 individuell angesteuert werden. Die Wegkoordinate, gleichbedeutend mit der Gießrichtung oder der Materialflussrichtung, ist in Figur 1 mit dem Bezugszeichen x bezeichnet.

[0003] Figur 2 zeigt eine Detailansicht der soeben unter Bezugnahme auf Figur 1 beschriebenen und im Stand der Technik bekannten Gieß-Walz-Anlage 100. Soweit in Figur 2 dieselben technischen Elemente gezeigt sind, sind diese durch dieselben Bezugszeichen wie in Figur 1 bezeichnet. Insoweit gilt für Figur 2 dieselbe Beschreibung wie für die Figur 1. Darüber hinaus sei lediglich erwähnt, dass die mit dem Bezugszeichen 113a bezeichnete Strangführungsrolle im Unterschied zu den Strangführungsrollen 113_i nicht angetrieben ist. Darüber hinaus ist in der Strangführung 112 die Sumpfspitze 160

und ihre Ist-Position entlang der Wegkoordinate x mit dem Bezugszeichen X_S_Ist bezeichnet. Schließlich ist zu erkennen, dass die Dicken des Stranggutes 200 am Ausgang der Stranggießmaschine 110 mit dem Bezugszeichen H0, am Ausgang des ersten Walzgerüstes mit dem Bezugszeichen H1 und am Ausgang des zweiten Walzgerüstes mit dem Bezugszeichen H2 bezeichnet sind.

[0004] Das wesentliche Charakteristikum bei der Herstellung von endlosem Stranggut 200 bzw. beim Endloswalzen besteht darin, dass das Stranggut 200 von seiner Erzeugung in der Kokille 111 über seine Durcherstarrung in Strangführung 112 bis zum Walzen bzw. Dickenreduzieren in der Walzstraße 120 nicht durchtrennt wird. Die oben erwähnte Abtrennung des Kaltstrangs am Ausgang der Strangführung 112 steht dazu nicht im Widerspruch, weil es sich bei dem Kaltstrang noch nicht um das eigentliche endlose Stranggut handelt. Eine Trennung des endlosen Stranggutes erfolgt erst mit Hilfe der Trenneinrichtung 180 in Figur 1 unmittelbar vor der Haspeleinrichtung 190, um dann das zuvor endlos gewalzte Stranggut 200 auf gewünschte Coillängen zurechtzuschneiden.

[0005] Aufgrund des Gesetzes des konstanten Massenflusses ist der Massenfluss bei einem gekoppelten Gieß-Walz-Prozess, wie er beim Endloswalzen vorliegt, grundsätzlich an jeder Stelle der Gieß-Walz-Anlage 100 konstant. Störungen dieser Konstanz können beispielsweise jedoch dann eintreten, wenn sich das Stranggut 200 staut (es bilden sich dann Schlingen) oder wenn es gedehnt wird (das Stranggut kann im Grenzfall auch zerreißen). Ursachen für solche Unstetigkeiten im Massenfluss liegen z. B. vor, wenn die Gießmaschine nicht kontinuierlich Material bzw. den Massenfluss nachfördert oder die Haspeleinrichtungen nicht für eine ausreichende Abfuhr des Massenflusses bzw. des Stranggutes sorgen.

[0006] Für die Stranggießmaschine - für sich alleine betrachtet - gibt es Überlegungen, wie der Massenfluss konstant gehalten bzw. geregelt werden kann; siehe beispielsweise die europäische Patentschrift EP 1 720 669 B1. Eine Massenflussregelung innerhalb der (Fertig-)Walzstraße ist in der deutschen Anmeldung DE 283 37 56 A1 beschrieben.

[0007] Eine andere Möglichkeit zur Regelung des Massenflusses, insbesondere innerhalb einer (Fertig-)Walzstraße besteht darin, eine Speichereinheit für das Walzgut in den Massenfluss einzubauen und den Massenfluss durch geeignete Variationen des gespeicherten Volumens des Stranggutes zu steuern bzw. zu regeln. Solche Speicher können z. B. in Form von Schlingenspeichern realisiert sein. Bei Materialdicken des Stranggutes größer 20 mm, je nach Material, bilden sich jedoch aufgrund hoher Steifigkeit keine Schlingen aus. Gerade im Bereich hinter der Gießmaschine kann diese Möglichkeit deshalb bei den besagten großen Materialdicken nicht genutzt werden.

[0008] Eine Schlingensteuerung ist beispielsweise bekannt aus der japanischen Patentanmeldung JP

2007185703 A.

[0009] Die technischen Lehren der beiden Dokumente aus dem Stand der Technik betreffen jedoch, wie gesagt, lediglich einzelne Anlagenteile, nicht jedoch eine ganzheitliche Lösung für die beiden Anlagenteile Stranggießmaschine und Walzstraße. Hinweise für eine ganzheitliche Lösung bzw. für eine Synchronisation zwischen Stranggießmaschine und Walzstraße sind in der europäischen Patentschrift EP 2 346 625 B1 offenbart. Konkret schlägt diese Patentschrift vor, während einer Dickenänderung des Stranggutes in der Walzstraße die Auslaufgeschwindigkeit des Walzgutes aus einem vorgeordneten Aggregat, zum Beispiel der Gießmaschine, zu verwenden. Über die genaue Ausführung dieser technischen Lehre schweigt sich die besagte Patentschrift jedoch aus. Bei einer genaueren Betrachtung dieser Lösung zeigt sich jedoch der Nachteil, dass die mit einigen Megawatt ausgestatteten leistungsstarken Hauptantriebe der Walzstraße den mit nur einigen kW ausgeführten Antrieben der Stranggießmaschine, welche die Austrittsgeschwindigkeit des Stranggutes aus der Stranggießmaschine vorgeben, folgen müssen. Dies ist regelungstechnisch nachteilig, weil das regelungstechnische Verhalten, d. h. die Dynamik eines Antriebs mit der Größe des Motors sinkt. Es ist deshalb immer vorteilhafter, einen kleinen Motor einem großen Motor folgen zu lassen, als umgekehrt.

[0010] Der Oberbegriff von Anspruch 1 basiert auf der EP 2 346 625 B1.

[0011] Lediglich zum technologischen Hintergrund wird weiterhin auf die japanischen Patentanmeldungen JP 55014133 A, JP 55014134 A, JP S60 227958 A und JP 60221103 A sowie auf die deutsche Patentanmeldung DE 20 2004 010038 A1 verwiesen.

[0012] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren und eine bekannte Gieß-Walz-Anlage zum Gießen und Walzen von Stranggut dahingehend weiterzubilden, dass die Antriebe von sowohl der Stranggießmaschine wie auch von der Walzstraße im Hinblick auf einen in den beiden genannten Anlagenteilen betraglich gleichen und konstanten Massenfluss übergeordnet synchronisiert werden.

[0013] Diese Aufgabe wird bezüglich des Verfahrens durch das im Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, dass das Stichplanmodell als Sollwertvorgabe eine Soll-Drehzahl für den Antrieb des ersten Walzgerüsts der Walzstraße vorgibt und dass das Stranggießmaschinenantriebsmodell als Sollwertvorgabe ein Soll-Drehmoment für den Antrieb der mindestens einen angetriebenen Strangführungsrolle vorgibt.

[0014] Diese beanspruchte Lösung, wonach der typischerweise sehr leistungsstarke Antrieb des ersten Walzgerüsts eine Soll-Drehzahl vorgegeben bekommt, während insbesondere sämtliche Antriebe der vorgelagerten angetriebenen Strangführungsrollen gleichzeitig keine Drehzahl, sondern stattdessen ein Soll-Drehmoment vorgegeben bekommen, bewirkt vorteilhafterwei-

se, dass das erste Walzgerüst die Geschwindigkeit und damit den Massenfluss nicht nur innerhalb der Walzstraße, sondern auch innerhalb der vorgelagerten Stranggießmaschine vorgibt. Insofern fungiert das erste Walzgerüst als "Speed-Master" bzw. als "Massenfluss-Master". Der Massenfluss ergibt sich dabei aus der Dicke des Stranggutes am Einlauf und am Auslauf des ersten Walzgerüsts sowie der Drehzahl der Arbeitswalzen des ersten Walzgerüsts. Die Drehzahl wird, wie später noch beschrieben werden wird, mittels eines Stichplanmodells ermittelt und vorgegeben. Eine Voreilung vor der Umfangsgeschwindigkeit der Walzen des ersten Walzgerüsts wird dabei berechnet und entsprechend berücksichtigt. Dass die Antriebe der Strangführungsrollen innerhalb der Stranggießmaschine lediglich ein Soll-Drehmoment, nicht jedoch eine Soll-Drehzahl vorgegeben bekommen, bietet den Vorteil, dass sich die Drehzahlen der Strangführungsrollen und insbesondere auch die Drehzahlen der angetriebenen Strangführungsrollen automatisch im Hinblick auf den von dem ersten Walzgerüst vorgegebenen Massenfluss einstellen. Anders ausgedrückt folgen die Antriebe bzw. die Drehzahlen der Strangführungsrollen in der Strangführung dem durch das erste Walzgerüst vorgegebenen Massenfluss bzw. der durch das erste Walzgerüst vorgegebenen Geschwindigkeit. Kleine Fehler in der von dem Stichplanmodell durchgeführten Berechnung des Massenflusses werden somit ausgeglichen. Ein weiterer Vorteil der beanspruchten Lösung besteht darin, dass eine Drehzahlerfassung sowohl bei den Strangführungsrollen wie auch bei den Walzen der Walzgerüste eingespart werden kann. Die beanspruchte Drehzahlvorgabe nur bei dem ersten Walzgerüst bei gleichzeitiger Momentenvorgabe für die Strangführungsrollen ermöglicht vorteilhafterweise automatisch die gewünschte Konstanz des Massenflusses in beiden Anlagenteilen, d. h. sowohl in der Stranggießmaschine wie auch in der Walzstraße.

[0015] Wenn gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel die Walzstraße mehr als ein Walzgerüst, typischerweise $n = 2$ bis N Walzgerüste, aufweist, sieht die Erfindung vor, dass das Stichplanmodell jeweils ein individuelles Soll-Drehmoment auch für die Antriebe der Walzen der dem ersten Walzgerüst nachfolgenden Walzgerüste $n = 2$ bis N vorgibt. Dadurch wird gewährleistet, dass das erste Walzgerüst nach wie vor alleiniger "Speed-Master" bzw. "Massenfluss-Master" bleibt, denn aufgrund der Soll-Drehmomentenvorgabe sind die Drehzahlen bzw. die Umdrehungsgeschwindigkeiten der Walzen der nachfolgenden Walzgerüste $n = 2$ bis N frei. Aufgrund der beanspruchten Vorgabe der Soll-Drehzahl bei lediglich einem einzigen Antrieb innerhalb der Stranggießanlage und der Walzstraße wird sichergestellt, dass es nicht zu Störungen in der Konstanz des Massenflusses, z. B. aufgrund von nicht genau synchronisierten Antrieben mit Drehzahlvorgabe kommt. Aufgrund der beanspruchten Lösung, wonach nur ein einzelner Antrieb eine Soll-Drehzahl vorgegeben bekommt, während alle anderen Antriebe sowohl in der Stranggießmaschine wie auch in der

Walzstraße folgen, stellen sich erfindungsgemäß vorteilhafterweise die Drehzahlen aller anderen Antriebe automatisch so ein, wie es der von dem ersten Walzgerüst vorgegebene Massenfluss nach dem Gesetz der Konstanz des Massenflusses erfordert, ohne dass es dazu einer gesteuerten Synchronisation bedürfen würde.

[0016] Die zuvor beschriebene Vorgabe von individuellen Soll-Drehmomenten für die nachfolgenden Walzgerüste $n = 2$ bis N in der Walzstraße ist für beliebige Dicken des Stranggutes realisierbar. Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, dass, wenn die Dicke des Stranggutes am Auslauf des k 'ten Walzgerüsts mit $2 \leq k < N$ einen vorgegebenen Dickenschwellenwert unterschreitet, nur den Antrieben der Walzgerüste $n = 2$ bis k jeweils ein individuelles Soll-Drehmoment vorzugeben. Den verbleibenden Walzgerüsten $n = k+1$ bis N wird dann bei dieser Alternative kein Soll-Drehmoment für die Antriebe der Walzgerüste vorgegeben, sondern stattdessen wird der Massenfluss hinter dem k -Walzgerüst - in Massenströmungsrichtung gesehen - dann mit Hilfe einer gesteuerten Schlingenbildung des Stranggutes konstant gehalten. Diese alternative Ausgestaltung der Erfindung ist jedoch nur unter der besagten Bedingung möglich, dass das Material des Stranggutes eine ausreichende Elastizität bzw. eine ausreichende Flexibilität für die Schlingenbildung aufweist; diese Elastizität bzw. Flexibilität wird maßgeblich durch den besagten Dickenschwellenwert des Stranggutes repräsentiert.

[0017] Zum Steuern der Schlingenbildung wird vorteilhafterweise die jeweils aktuelle Position der Schlinge des Stranggutes im Hinblick auf eine vorgegebene Soll-Position, d. h. ein vorgegebenes Soll-Volumen im Schlingenspeicher überwacht.

[0018] Bei Abweichungen werden die Drehzahlen des benachbarten Gerüsts entsprechend korrigiert, wobei die Korrektur wahlweise auf das davor angeordnete oder das nachfolgende Gerüst aufgeschaltet werden kann. Der Dickenschwellenwert beträgt beispielsweise 40 - 20 mm. Er ist abhängig von den Materialeigenschaften des Stranggutes beispielsweise von dem Elastizitätsmodul des Stranggutes.

[0019] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der Schlupf von zumindest einer der Strangführungsrollen überwacht wird und wenn erforderlichenfalls gegensteuert wird, wenn die Gefahr eines Durchdrehens der Schlupf-überwachten Strangführungsrolle erkannt wird.

[0020] Vorteilhafterweise wird die Lage der Sumpfspitze des Stranggutes innerhalb der Strangführung durch geeignete Variationen von Stellgrößen auf eine vorgegebene Soll-Lage geregelt. Zu diesem Zweck wird in einem entsprechenden Regelkreis die Regelstrecke, d. h. der Erstarrungsprozess in der Stranggießmaschine, mittels eines Erstarrungsmodells simuliert. Die Stellgrößen werden von einem Regler betragsmäßig berechnet und an das Erstarrungsmodell ausgegeben. Bei den Stellgrößen, welche die Lage der Sumpfspitze beeinflussen können, handelt es sich insbesondere um die Stärke der Kühlung des Stranggutes in der Gießmaschine, das

Querschnittsformat, insbesondere die Dicke des Stranggutes an bestimmten Stellen innerhalb und am Ausgang der Strangführung, die Gießgeschwindigkeit sowie die Geometrie der Gießmaschine.

[0021] Die Geometrie der Gießmaschine spiegelt deren mechanischen Aufbau wider, so zum Beispiel die Länge, die Position der Rolle, die Ausprägung der Kokille, die Anordnung der Kühlung usw.

[0022] Im eingeschwungenen Zustand der Gieß-Walz-Anlage schwanken die besagten Stellgrößen, wenn überhaupt, nur noch sehr wenig. Erfindungsgemäß dienen zwei der besagten Stellgrößen, konkret die Dicke des Stranggutes am Ausgang der Stranggießmaschine und die Gießgeschwindigkeit, jeweils im eingeschwungenen Zustand, als Eingabegrößen für das Stichplanmodell. Aus diesen Eingabegrößen, sowie vorzugsweise zusätzlich nach Maßgabe der gemessenen Dicken des Stranggutes am Ausgang des ersten und des zweiten Walzgerüsts der Walzstraße berechnet das Stichplanmodell die Solldrehzahl für den Antrieb des ersten Walzgerüsts $n = 1$ und die Soll-Drehmomente für die Antriebe der nachfolgenden Walzgerüste $n = 2$ bis N , bevor es diese an die Antriebssteuerung für die Antriebe des Walzgerüsts ausgibt.

[0023] Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Soll-Drehmoment für den Antrieb der mindestens einen angetriebenen Strangführungsrolle nach Maßgabe des Wertes für die Dicke des Stranggutes am Ausgang der Strangführung und des Wertes für die Gießgeschwindigkeit, jeweils im eingeschwungenen Zustand der Gieß-Walz-Anlage, sowie nach Maßgabe des Wertes für das Strangauszugs-Summenmoment und (der Verläufe) der Strangschalendicke und der Temperatur des Stranggutes innerhalb und am Ausgang der Strangführung von dem Stranggießmaschinen-Antriebsmodell berechnet und vorgegeben werden.

[0024] Vorteilhafterweise werden die Soll-Drehmomente für die Antriebe der Strangführungsrollen über der Länge der Strangführung von dem Stranggießmaschinen-Antriebsmodell geeignet verteilt vorgegeben, und zwar unter Berücksichtigung der Stranggießmaschinen-geometrie, des Strangauszugs-Summenmomentes sowie unter Berücksichtigung (der Verteilung) der Dicke der Strangschale und der Temperatur des Stranggutes über der Länge der Strangführung.

[0025] Das Strangauszugssummenmoment kann aus der Summe der einzelnen Strangrollenmomente beim Angießen des Stranges ermittelt werden oder durch das Erstarrungsmodell ermittelt werden.

[0026] Vorteilhafterweise werden die Soll-Drehmomente von dem Stranggießmaschinen-Antriebsmodell derart vorgegeben, dass sie in einem ersten Bereich vom Kokillenausgang bis zu der Ist-Lage der Sumpfspitze des Stranggutes innerhalb der Strangführung betragsmäßig ansteigen und in einem zweiten Bereich von der Lage der Sumpfspitze bis zur metallurgischen Länge der Stranggießmaschine betragsmäßig konstant bleiben.

[0027] Schließlich ist es vorteilhaft, dass eine Ände-

zung des Wertes für die Soll-Drehzahl und / oder der Soll-Werte für die Drehmomente nicht sprunghaft, sondern zeitlich langsam ansteigend oder abfallend, z. B. rampenförmig erfolgt. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die dynamische Belastung der Antriebe nicht zu groß wird.

[0028] Weiterhin ermöglicht das Verfahren auch die Anpassung der Walzdicken H0 bis HN im laufenden Betrieb, indem die Einstellung der Gießdicke dynamisch durch eine flexible Anstellung der Strangführungsrollen erfolgt und zeitgleich die Solldrehmomente angepasst werden. Diese werden durch die Verknüpfung von Erstarrungsmodell und Stranggießmaschinenantriebsmodell ermittelt. Die Steuerbefehle z. B. zur Anpassung der Walzdicken werden zeit- und ortgerecht an die entsprechenden Stützrollanstellungen und deren Antriebe weitergeleitet. Die Walzstraße erhält durch das Stichplanmodell, das dann mit den entsprechend geänderten Randbedingungen die Steuergrößen neu ermittelt, ebenfalls zeit- und ortgerecht neue Sollwerte für Drehzahl, Momente und die Walzdicken H1 bis HN. Somit kann eine Dickenänderung für das Fertigband erfolgen, ohne dass die Anlage neu angefahren werden muss.

[0029] Die oben genannte Aufgabe der Erfindung wird weiter vorrichtungstechnisch durch die gemäß Anspruch 14 beanspruchte Gieß-Walz-Anlage gelöst. Die Vorteile dieser Lösung entsprechen grundsätzlich den oben mit Bezug auf das beanspruchte Verfahren genannten Vorteilen. Wesentlich ist, dass die gesamte Gieß-Walz-Anlage, d. h. insbesondere die Stichplanmodelleinheit und die Stranggießmaschinen-Antriebsmodelleinheit ausgebildet ist / sind zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0030] Die erfindungsgemäße Gieß-Walz-Anlage umfasst vorzugsweise einen Sumpfspitzenregelkreis zur Regelung der Lage der Sumpfspitze des Stranggutes innerhalb der Strangführung, eine Schlupf-Erfassungseinheit und / oder einen Massenflussregelkreis zur Regelung des Massenflusses des Stranggutes zwischen zwei, vorzugsweise benachbarten Walzgerüsten der Walzstraße, wenn das Stranggut dort für eine Schlingenbildung geeignet elastisch bzw. flexibel ist, beispielsweise, wenn seine Dicke zwischen den Walzgerüsten einen vorgegebenen Dickenschwellenwert unterschreitet.

[0031] Die Walzstraße kann $n=1$ bis L Vorgerüste und $n = L + 1$ bis N Fertigwalzgerüste aufweisen. In diesem Fall handelt es sich bei dem ersten Walzgerüst der Walzstraße, dem erfindungsgemäß die Soll-Drehzahl vorgegeben wird, um ein Vorgerüst.

[0032] Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Gieß-Walz-Anlage sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0033] Der Erfindung sind insgesamt sechs Figuren beigelegt, wobei

Figur 1 eine Gieß-Walz-Anlage gemäß dem Stand der Technik;

Figur 2 eine Detailansicht der Gieß-Walz-Anlage aus dem Stand der Technik nach Figur 1;

5 Figur 3 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen übergeordneten Synchronisation der Antriebe von Stranggießmaschine und Walzstraße;

10 Figur 4 ein Erstarrungsmodell zur Berechnung der Lage der Sumpfspitze mit seinen Eingangs- und Ausgangsgrößen;

15 Figur 5 das Stranggießmaschinen-Antriebsmodell zur Berechnung der Momentenverteilung der Antriebe der einzelnen angetriebenen Strangführungsrollen innerhalb der Strangführung mit seinen Eingangs- und Ausgangsgrößen; und

20 Figur 6 ein Beispiel für eine Massenflussregelung mit Hilfe einer gesteuerten Schlingenbildung des Stranggutes

zeigt.

25 **[0034]** Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 3 bis 6 in Form von Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

[0035] Figur 3 zeigt das der Erfindung zugrunde liegende Schema zur Ansteuerung der Antriebe sowohl in der Stranggießmaschine 110 wie auch in der Walzstraße 120. Ausgangspunkt des erfindungsgemäßen Konzeptes ist ein Regelkreis 130 zur Regelung der Lage der Sumpfspitze auf eine vorgegebene Soll-Lage X_S_Soll innerhalb der Strangführung 112. Die Soll-Lage X_S_Soll entspricht einer vorbestimmten Position der Wegkomponenten x . Der Sumpfspitzen-Regelkreis 130 sieht vor, dass die jeweils aktuelle Ist-Lage der Sumpfspitze 160 mit Hilfe eines Erstarrungsmodells 134, welches die Regelstrecke des Sumpfspitzen-Regelkreises 130 bildet, simuliert bzw. theoretisch berechnet wird. Die so ermittelte Ist-Lage X_S_Ist wird mit der vorgegebenen Soll-Lage X_S_Soll verglichen und eine bei dem Vergleich eventuell festgestellte Abweichung wird als Regelgröße einem Regler 132 als Eingangsgröße zugeführt. Der Regler ermittelt dann nach Maßgabe der Regelabweichung sowie auf Basis einer vorgegebenen Regelstrategie geeignete Werte für bestimmte Stellgrößen 133, die geeignet sind, die Lage der Sumpfspitze zu beeinflussen. Bei diesen Stellgrößen handelt es sich insbesondere um die Stärke der Kühlung des Stranggutes innerhalb der Kokille und / oder innerhalb der Strangführung, d. h. insgesamt innerhalb der Gießmaschine, um das Querschnittsformat, insbesondere die Dicke $h(x)$ des Stranggutes an bestimmten Stellen innerhalb und außerhalb der Strangführung, um die Gießgeschwindigkeit V_G und um die Geometrie der Gießmaschine. Die von dem Regler ermittelten geeigneten Werte bzw. Veränderungen der Werte werden dem Erstarrungsmodell als

Eingangsgrößen 133 zugeführt. Im eingeschwungenen Zustand der Gieß-Walz-Anlage 100 und insbesondere der Stranggießmaschine 110 ändern sich die besagten Stellgrößen 133, wenn überhaupt, nur noch marginal. Es wird erwartet, dass die von dem Erstarrungsmodell auf Basis der zugeführten veränderten Eingangsgrößen neu berechnete Ist-Lage der Sumpfspitze 160 besser an die gewünschte Soll-Lage adaptiert ist; siehe Fig. 4.

[0036] Zwei dieser Stellgrößen, nämlich die Dicke H_0 des Stranggutes 200 am Ausgang der Strangführung 112 sowie der Wert für die Gießgeschwindigkeit V_G , werden, jeweils im eingeschwungenen Zustand der Stranggießmaschine 110, dem Stichplanmodell 126 für die Walzstraße 120 als Eingangsgrößen aufgeschaltet. Darüber hinaus werden dem Stichplanmodell vorzugsweise auch die Dicken H_1 , H_2 am Ausgang des ersten und des zweiten Walzgerüsts als Eingangsgrößen zugeführt. Die Dicken H_1 und H_2 können vom Stichplanmodell auch eigenständig ermittelt werden. Dies ist vorteilhaft z. B. möglich unter den Kriterien der Zieldicke H_N und der Belastungsgrenze der Walzgerüste. Das Stichplanmodell 126 berechnet dann nach Maßgabe der besagten Eingangsgrößen zunächst eine Soll-Drehzahl n_{1_Soll} für den Antrieb 124_1 des ersten Walzgerüsts n_1 sowie die Soll-Drehmomente M_{n_Soll} für die Antriebe 124_n der übrigen Walzgerüste 122 n_2 bis 122_N, sofern in der Walzstraße 120 vorhanden. Die so berechnete Soll-Drehzahl n_{1_Soll} für den Antrieb 124_1 des ersten Walzgerüsts 122_1 wird dann an die Antriebssteuerung 128 der Walzstraße ausgegeben, damit diese wiederum den Antrieb 124_1 entsprechend ansteuert. Eventuell erfolgt die Vorgabe der Soll-Drehzahl für das erste Walzgerüst an die Antriebssteuerung 128 unter Berücksichtigung eines Korrekturwertes d_n .

[0037] Die Aufschaltung der von dem Stichplanmodell 126 berechneten Soll-Drehmomente M_{n_Soll} an die Antriebe 124_n mit $2 < n \leq N$ erfolgt grundsätzlich über die Antriebssteuerung 128. Diese Momentenaufschaltung für die Antriebe ist grundsätzlich realisierbar für beliebig dünne Stranggüten, insbesondere für Stranggüten mit einer Dicke von $> 0,6$ mm. Diese erste Alternative ist in Figur 3 nicht dargestellt.

[0038] Figur 3 zeigt dagegen eine zweite Alternative für den Fall, dass die Dicke des Stranggutes hinter einem k-ten Walzgerüst 122_k mit $k \geq 1$ einen vorgegebenen dicken Schwellenwert H_{Lim} unterschreitet. In diesem Fall kann alternativ zu der ersten Alternative gemäß einer zweiten Alternative vorgesehen werden, dass die Antriebe 124_n mit $k+1 < n \leq N$ und mit $k \geq 1$ für die Walzgerüste 122_n mit $k+1 < n \leq N$ nicht mit einem von dem Stichplanmodell vorgegebenen Soll-Drehmoment beaufschlagt werden, um den Massenfluss auch im Bereich dieser Walzgerüste entsprechend dem von dem ersten Walzgerüst 122_1 vorgegebenen Massenfluss konstant zu halten. Stattdessen wird der Massenfluss im Bereich der nachfolgenden Gerüste dadurch konstant gehalten, dass zumindest zwischen einzelnen dieser Gerüste eine Schlingenregelung vorgesehen ist.

[0039] Ein Beispiel für einen an sich bekannten Massenflussregelkreis 140 ist in Figur 6 gezeigt, wobei der Massenfluss zwischen zwei Gerüsten mit Hilfe eines Massenflussbeobachters 142 beobachtet bzw. erfasst wird, damit nachfolgend ein Massenflussregler 144 geeignete Steuersignale an die Antriebssteuerung 128 bzw. den Antrieb des dem Schlingenspeicher vorgelagerten und / oder nachgelagerten Walzgerüsts 122_n ausgeben kann.

[0040] Wie in Figur 3 weiterhin zu erkennen ist, werden die besagten Stellparameter, das heißt die Dicke H_0 des Stranggutes 200 am Ausgang der Stranggießmaschine 110 sowie die Gießgeschwindigkeit V_G im eingeschwungenen Zustand nicht nur dem Stichplanmodell 126 für die Walzstraße, sondern auch dem Stranggießmaschinen-Antriebsmodell 115 als Eingangsgrößen zugeführt. Darüber hinaus empfängt es die von dem Erstarrungsmodell berechnete Verteilung der Schalendicke $f(x)$, solange das Stranggut noch nicht durcherstarrt ist entlang der Wegkomponente x , die ebenfalls von dem Erstarrungsmodell berechnete Dickenverteilung $h(x)$ des Stranggutes 200 entlang der Wegkomponente x sowie das vorgegebene Summenauszugsmoment M_G , welches der Summe aller Soll-Drehmomente der Einzelantriebe innerhalb der Strangführung entspricht. Aufgrund dieser Eingangsparameter berechnet das Stranggießmaschinen-Antriebsmodell 115 geeignete Soll-Drehmomente M_{i_Soll} für die einzelnen Antriebe 114_i innerhalb der Strangführung 112. Diese Soll-Werte werden über die Strangführungsrollen-Antriebssteuerung 117 an die Antriebe 114_i ausgegeben; siehe auch Figur 5.

[0041] Figur 5 zeigt das besagte Stranggießmaschinen-Antriebsmodell 115 mit seinen Eingangsgrößen, die es auswertet, um daraus eine geeignete Verteilung der vorzugebenen Soll-Drehmomente M_{i_Soll} für die einzelnen Antriebe 114_i innerhalb der Strangführung 112 entlang der Wegkomponente x zu berechnen. Wie in Figur 5 zu erkennen ist, steigt der Betrag der Soll-Drehmomente in x -Richtung zunächst beginnend ab dem Ausgang der Kokille an, bis auf Höhe der aktuellen Lage der Sumpfspitze X_{S_Ist} ein vorgegebener Maximalwert erreicht ist. Dieser maximale Wert für das Drehmoment der Antriebe wird dann innerhalb der Strangführung bis zum Erreichen von deren metallurgischen Länge L_G beibehalten.

Bezugszeichenliste

[0042]

100	Gieß-Walz-Anlage
110	Stranggießmaschine
111	Kokille
112	Strangführung
113_i	i'te angetriebene Strangführungsrollen
113a	nicht angetriebene Strangführungsrolle
114_i	Antrieb für i'te Strangführungsrolle

115	Stranggießmaschinenantriebsmodell	x	Wegkoordinate in Gießrichtung = Wegko-
117	Strangführungsrollen-antriebssteuerung		ordinate in Materialflussrichtung
118	Schlupferfassungseinheit	X_S_Ist	Ist-Position der Sumpfspitze
120	Walzstraße	X_S_Soll	Sollposition für Lage der Sumpfspitze
122_n	n'tes Walzgerüst	5	
124_n	Antrieb für Walze des n'ten Walzgerüsts		
126	Stichplanmodell		
128	Antriebssteuerung		
129	Induktivheizung		
130	Sumpfspitzen-Regelkreis	10	
132	Regler		
133	Stellgrößen (=Eingangsgrößen des Erstarrungsmodells)		
134	Regelstrecke = Erstarrungsmodell		
140	Massenflussregelkreis	15	
142	Massenflussbeobachter		
144	Massenflussegler		
160	Sumpfspitze		
170	Kühlstrecke		
180	Trenneinrichtung	20	
190	Haspeleinrichtung		
200	Stranggut		
d_n	Korrekturwert für Soll-Drehzahl des ersten Walzgerüsts		
f(x)	Dicke der Schale des Stranggutes an der Position x	25	
g(x)	Temperatur des Stranggutes an der Position x		
h(x)	Dicke des Stranggutes an der Position x		
H0	Dicke des Stranggutes am Ausgang der Stranggießmaschine	30	
H1	Dicke des Stranggutes am Ausgang des n=1 Walzgerüsts		
H2	Dicke des Stranggutes am Ausgang des n=2 Walzgerüsts	35	
Hk	Dicke des Stranggutes am Ausgang des k'ten Walzgerüsts		
HN	Dicke des Warmbandes beim Verlassen der Walzstraße		
H_Lim	vorgegebener Dickenschwellenwert für Stranggut	40	
i	Laufparameter der Strangführungsrollen bzw. Nummer eines Walzgerüsts		
k	Parameter		
L	Anzahl der Vorgerüste in der Walzstraße	45	
L_G	metallurgische Länge der Stranggießmaschine		
M_G	Summenauszugsmoment		
Mi_Soll	Soll-Drehmoment für i'te Strangführungsrolle	50	
Mn-Soll	Soll-Drehmoment für n'tes Walzgerüst		
n	Laufparameter der Walzgerüste bzw. Nummer eines Walzgerüsts		
N	Maximalanzahl der Walzgerüste bzw. letztes Walzgerüst in der Walzstraße	55	
nn_Soll	Soll-Drehzahl für n'tes Walzgerüst		
n1_Soll	Soll-Drehzahl für erstes Walzgerüst		
V_G	Gießgeschwindigkeit		

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Gieß-Walz-Anlage (100) zum Gießen und Walzen eines endlosen Stranggutes (200), wobei die Gieß-Walz-Anlage eine Stranggießmaschine (110) und eine der Stranggießmaschine nachgeordnete Walzstraße (120) umfasst,

wobei die Stranggießmaschine (110) eine Kokille (111), eine der Kokille nachgeordnete Strangführung (112) mit Strangführungsrollen (113_i), mit mindestens einem Antrieb (114) zum Antreiben von zumindest einer der Strangführungsrollen (113), ein Stranggießmaschinen-Antriebsmodell (115) und eine Strangführungsrollen-antriebssteuerung (117) aufweist;

wobei die Walzstraße (120) n Walzgerüste (122_n) mit n= 1 bis N aufweist mit jeweiligen Antrieben (124) für ihre Walzen, ein Stichplanmodell (126) und eine Antriebssteuerung (128) zum Ansteuern der Antriebe (124) der Walzen; und

wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Ansteuern des Antriebs (124) für die Walzen des ersten Walzgerüsts (122_1) durch die Antriebssteuerung (128) im Ansprechen auf eine Sollwertvorgabe des Stichplanmodells (126); und

Ansteuern des Antriebs (114) der mindestens einen Strangführungsrolle (113) durch die Strangführungsrollen-antriebssteuerung (117) im Ansprechen auf eine Sollwertvorgabe des Stranggießmaschinenantriebsmodells (115);

dadurch gekennzeichnet,

dass das Stichplanmodell (126) als Sollwertvorgabe eine Soll-Drehzahl (n1_Soll) für den Antrieb (124_1) des ersten Walzgerüsts (122_1) der Walzstraße (126) vorgibt; und

dass das Stranggießmaschinenantriebsmodell (115) als Sollwertvorgabe ein Soll-Drehmoment (Mi_Soll) für den Antrieb (114_i) der mindestens einen angetriebenen Strangführungsrolle (113_i) vorgibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass das Stichplanmodell (126) jeweils ein individuelles Soll-Drehmoment (Mn_Soll) für die Antriebe (124_n) der Walzen der Walzgerüste n=2 bis N vorgibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das Stichplanmodell (126) jeweils ein individuelles Soll-Drehmoment (M_{n_Soll}) für die Antriebe (124) der Walzen der Walzgerüste (122_n) $n=2$ bis k mit $2 \leq k < N$ vorgibt, wenn die Dicke (H_k) des Stranggutes (200) am Auslauf des k 'ten Walzgerüsts einen vorgegebenen Dickenschwellenwert (H_{Lim}) unterschreitet; und
dass der Massenfluss - in Materialflussrichtung (x) gesehen - hinter dem k 'ten Walzgerüst dann mit Hilfe einer gesteuerten oder geregelten Schlingenbildung des Stranggutes (200) konstant gehalten wird. 5
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**,
dass zum Steuern der Schlingenbildung die jeweils aktuelle Position der Schlinge des Stranggutes im Hinblick auf eine vorgegebene Soll-Position überwacht wird. 10
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet** der Dickenschwellenwert (H_{Lim}) am Auslauf des k 'ten Walzgerüsts in Abhängigkeit des Elastizitäts- E-Moduls des Materials des Stranggutes (200) vorgegeben wird. 15
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Schlupf von zumindest einzelnen der Strangführungsrollen (113_i) überwacht wird und dass erforderlichenfalls gegengesteuert wird, wenn die Gefahr eines Durchrutschens der Strangführungsrolle (113_i), an welcher der Schlupf erfasst wird, besteht. 20
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Lage (X_{S_Ist}) der Sumpfspitze (160) des Stranggutes (200) innerhalb der Strangführung (112) durch geeignete Variation von Stellgrößen eines Erstarrungsmodells (134) auf eine vorgegebene Soll-Lage (X_{S_Soll}) geregelt wird. 25
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**,
dass es sich bei den Stellgrößen insbesondere um die Stärke der Kühlung des Stranggutes (200) in der Gießmaschine (110), das Querschnittsformat, insbesondere die Dicke ($h(x)$) des Stranggutes (200) an bestimmten Stellen innerhalb und am Ausgang der Strangführung (112), die Gießgeschwindigkeit (V_G) und die Geometrie der Gießmaschine handelt. 30
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Soll-Drehzahl (n_{1_Soll}) für den Antrieb (124₁) der Arbeitswalzen des ersten Walzgerüsts (122₁) $n=1$ und die Soll-Drehmomente für die Antriebe der Arbeitswalzen der Walzgerüste (122_n) $n=2$ bis N nach Maßgabe der Werte für die Dicke (H_0) des Stranggutes am Ausgang der Stranggießmaschine und des Wertes für die Gießgeschwindigkeit (V_G), jeweils im eingeschwungenen Zustand der Gieß-Walzanlage, sowie vorzugsweise auch nach Maßgabe der gemessenen Dicken (H_1 , H_2) des Stranggutes (200) am Ausgang des ersten und des zweiten Walzgerüsts (122₁, 122₂) der Walzstraße (120) von dem Stichplanmodell (126) berechnet und vorgegeben werden. 35
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**,
dass das Soll-Drehmoment (M_{i_Soll}) für den Antrieb (114_i) der mindestens einen angetriebenen Strangführungsrolle (113_i) nach Maßgabe des Wertes für die Dicke (H_0) des Stranggutes (20) am Ausgang der Strangführung (112) und des Wertes für die Gießgeschwindigkeit (V_G), jeweils im eingeschwungenen Zustand der Gieß-Walzanlage, sowie nach Maßgabe des Wertes für das Strangauszugs-summenmoment (M_G) und der Verläufe der Schalendicke ($f(x)$) und der Temperatur ($g(x)$) innerhalb und am Ausgang der Strangführung von dem Stranggießmaschinenantriebsmodell (115) berechnet und vorgegeben werden. 40
11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Soll-Drehmomente (M_{i_Soll}) für die Antriebe (114_i) der Strangführungsrollen über der Länge (x) der Strangführung (112) von dem Stranggießmaschinenantriebsmodell (115) geeignet verteilt vorgegeben werden, unter Berücksichtigung der Stranggießmaschinengeometrie, des Strangauszugs-summenmomentes (M_G) sowie der Verteilung der Dicke der Strangschale ($f(x)$) und der Temperatur ($g(x)$) über der Länge (x) der Strangführung (112). 45
12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Soll-Drehmomente (M_{i_Soll}) von dem Stranggießmaschinenantriebsmodell (115) derart vorgegeben werden, dass sie in einem ersten Bereich vom Kokillenausgang bis zu der Ist-Lage (X_S) der Sumpfspitze (160) des Stranggutes (200) innerhalb der Strangführung (112) ansteigen und in einem zweiten Bereich von der Sumpfspitze (160) bis zur metallurgischen Länge (L_G) der Stranggießmaschine (110) konstant bleiben. 50
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet,**
dass eine Änderung des Wertes für die Soll-Drehzahl ($n1_Soll$) des ersten Walzgerüsts (122_1) und/oder der Soll-Werte (Mi_Soll , Mn_Soll) für die Drehmomente der Antriebe (114_i) der Strangführungsrollen und/oder der Antriebe (124_n) der Walzen der Walzgerüste (122_n) über zeitliche Rampen erfolgt.

Claims

1. Method of operating a casting-rolling plant (100) for casting and rolling an endless strip material (200), wherein the casting-rolling plant comprises a continuous casting machine (110) and a rolling train (120) downstream of the continuous casting machine, wherein the continuous casting machine (110) comprises a mould (111), a strip guide (112), which is downstream of the mould, with strip guide rollers (113_i), with at least one drive (114) for driving at least one of the strip guide rollers (113), a strip casting machine drive model (115) and a strip guide roller drive control (117);

wherein the rolling train (120) comprises n roll stands (122_n), wherein $n = 1$ to N , with respective drives (124) for the rolls thereof, a pass plan model (126) and a drive control (128) for controlling the drives (124) of the rolls; and

wherein the method comprises the following steps:

controlling the drive (124) for the rolls of the first roll stand (122_1) by the drive control (124) in response to a target value preset of the pass plan model (126); and

controlling the drive (114) of the at least one strip guide roller (113) by the strip guide roller drive control (117) in response to a target value preset of the continuous casting machine drive model (115);

characterised in that

the pass plan model (126) as target value preset predetermines a target rotational speed ($n1_Soll$) for the drive (124_1) of the first roll stand (122_1) of the rolling train (126); and

the continuous casting machine drive model (115) as target value preset predetermines a target torque (Mi_Soll) for the drive (114_i) of the at least one driven strip guide roller (113_i).

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the pass plan model (126) respectively presets an individual target torque (Mn_Soll) for the drives (124_n) of the rolls of the roll stands, wherein $n = 2$ to N .

3. Method according to claim 1, **characterised in that**

the pass plan model (126) respectively presets an individual target torque (Mn_Soll) for the drives (124) of the rolls of the roll stands (12_n), wherein $n = 2$ to k , wherein $2 \leq k < N$, when the thickness (Hk) of the strip material (200) at the outlet of the k th roll stand falls below a predetermined thickness threshold value (H_Lim); and

the mass flow, as seen in material flow direction (x), behind the k th roll stand is then kept constant with the help of a controlled or regulated loop formation of the strip material (200).

4. Method according to claim 3, **characterised in that** for controlling the loop formation the respective current position of the loop of the strip material is monitored with respect to a predetermined target position.

5. Method according to claim 3 or 4, **characterised in that** the thickness threshold value (H_Lim) at the outlet of the k th roll stand is predetermined in dependence on the elasticity E modulus of the material of the strip material (200).

6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the slip of at least individual ones of the strip guide rollers (113_i) is monitored and, if required, there is counteraction if there is a risk of slipping through of the strip guide roller (113_i) at which the slip is detected.

7. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the position (X_S_lst) of the end (160) of the liquid phase of the strip material (200) within the strip guide (112) is regulated, by suitable variable of setting variables of a hardening model (134), with respect to a predetermined target position (X_S_Soll).

8. Method according to claim 7, **characterised in that** the setting variables are, in particular, the degree of cooling of the strip material (200) in the casting machine (110), the cross-sectional format, particularly the thickness ($h(x)$), of the strip material (200) at specific points within and at the exit of the strip guide (112), the casting speed (V_G) and the geometry of the casting machine.

9. Method according to claim 8, **characterised in that** the target rotational speed ($n1_Soll$) for the drive (124_1) of the working rolls of the first roll stand (122_1), wherein $n = 1$, and the target torques for the drives of the working rolls of the roll stands (122_n), wherein $n = 2$ to N , are calculated and predetermined by the pass plan model (126) in dependence on the values for the thickness ($H0$) of the strip material at the exit of the continuous casting machine and the value for the casting speed (V_G), in each

instance in the transient state of the casting-rolling plant, as well as preferably also in dependence on the measured thicknesses (H1, H2) of the strip material (200) at the exit of the first and second roll stands (122_1, 122_2) of the rolling train (120).

10. Method according to claim 9, **characterised in that** the target torque (Mi_Soll) for the drive (114_i) of the at least one driven strip guide roller (113_i) are calculated and predetermined by the continuous casting machine drive model (115) in dependence on the value for the thickness (H0) of the strip material (20) at the exit of the strip guide (112) and the value for the casting speed (V-G), in each instance in the transient state of the casting-rolling plant, as well as independence on the value for the strip withdrawal summation moment (M_G) and the plots of the skin thickness (f(x)) and the temperature (g(x)) within and at the exit of the strip guide.

11. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the target torques (Mi_Soll) for the drives (114_i) of the strip guide rollers are predetermined by the continuous casting machine drive model (115) to be suitably distributed over the lengths (x) of the strip guide (112) with consideration of the continuous casting machine geometry, the strip withdrawal summation moment (M_G) as well as the distribution of the thickness of the strip skin (f(x)) and the temperature (g(x)) over the length (x) of the strip guide (112).

12. Method according to claim 11, **characterised in that** the target torques (Mi_Soll) are predetermined by the continuous casting machine drive model (115) in such a way that in a first region from the mould outlet to the actual position (X_S) of the end (160) of the liquid phase of the strip material (200) within the strip guide (112) they rise and in a second region from the end (160) of the liquid phase to the metallurgical length (L_G) of the continuous casting machine (110) they remain constant.

13. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a change in the value for the target rotational speed (n1_Soll) of the first roll stand (122_1) and/or the target values (Mi_Soll, Mn_Soll) for the torques of the drives (114_i) of the strip guide rollers and/or the drives (124_n) of the rolls of the roll stands (122_n) takes place over time gradients.

Revendications

1. Procédé pour l'exploitation d'une installation de coulée-laminage (100) pour la coulée et le laminage d'un produit sans fin sous la forme d'une barre de coulée

continue (200), l'installation de coulée-laminage comprenant une machine de coulée continue (110) et un train de laminoir (120) monté à la suite de la machine de coulée continue ;

dans lequel la machine de coulée continue (110) présente une lingotière (111), un guidage de barre de coulée continue monté à la suite de la lingotière (112), comprenant des rouleaux de guidage de barres de coulée continue (113_i), comprenant au moins un entraînement (114) pour l'entraînement d'au moins un des rouleaux de guidage de barres de coulée continue (113), un modèle d'entraînement des machines de coulée continue (115) et une commande d'entraînement des rouleaux de guidage de barres de coulée continue (117) ;

dans lequel le laminoir (120) présente n cages de laminoir (122_n), n possédant une valeur de 1 à N, avec des entraînements respectifs (124) pour ses cylindres, un modèle de planification de coulée (126) et une commande d'entraînement (128) pour la commande des entraînements (124) des cylindres ; et

dans lequel le procédé présente les étapes suivantes dans lesquelles :

on commande l'entraînement (124) pour les cylindres de la première cage de laminoir (122_1) via la commande d'entraînement (124) en réponse à une valeur de consigne par défaut du modèle de planification de coulée (126) ; et
on commande l'entraînement (114) dudit au moins un rouleau de guidage de barre de coulée continue (113) via la commande d'entraînement des rouleaux de guidage de barres de coulée continue (117) en réponse à une valeur de consigne par défaut du modèle d'entraînement des machines de coulée continue (115) ;

caractérisé

en ce que le modèle de planification de coulée (126) attribue, à titre de valeur de consigne par défaut, une vitesse de rotation de consigne (n1_soll) pour l'entraînement (124_1) de la première cage de laminoir (122_1) du train de laminoir (126) ; et

en ce que le modèle d'entraînement des machines de coulée continue (115) attribue, à titre de valeur de consigne par défaut, un couple de rotation de consigne (Mi_soll) pour l'entraînement (114_i) dudit au moins un rouleau entraîné de guidage de barre de coulée continue (113_i).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle de planification de coulée (126) attribue respectivement un couple de rotation de consigne individuel (Mn_soll) pour les entraînements (124_n) des cylindres des cages de laminoir n = 2 à N.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le modèle de planification de coulée (126) attribue respectivement un couple de rotation de consigne individuel (M_{n_soll}) pour les entraînements (124) des cylindres des cages de laminoir (122_n) $n = 2$ à k avec $2 \leq k \leq N$, lorsque l'épaisseur (H_k) du produit (200) sous la forme d'une barre de coulée continue à sa sortie de la k ème cage de laminoir dépasse vers le bas une valeur seuil d'épaisseur prédéfinie (H_{lim}) ; et
en ce que le flux massique - lorsqu'on regarde dans la direction du flux de matière (x) - derrière la k ème cage de laminoir est alors maintenu constant à l'aide d'une formation en boucle commandée ou réglée du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200). 5
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que**, pour la commande de la formation en boucle, on surveille la position actuelle respective de la boucle du produit sous la forme d'une barre de coulée continue en se référant à une position de consigne prédéfinie. 10
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'on** prédéfinit la valeur seuil de l'épaisseur (H_{lim}) à la sortie de la k ème cage de laminoir en fonction du module d'élasticité de la matière du produit (200) sous la forme d'une barre de coulée continue. 15
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** surveille le glissement d'au moins un certain nombre des rouleaux de guidage de barres de coulée continue (113_i) et **en ce qu'on** inverse la commande, en cas de nécessité, lorsqu'un risque de patinage du rouleau de guidage de la barre de coulée continue existe (113_i), pour lequel on enregistre le glissement. 20
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** règle la position (X_{S_Ist}) de la pointe du cône liquide (160) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200) à l'intérieur du guidage de barre de coulée continue (112) via une variation appropriée des grandeurs de commande d'un modèle de solidification (134) à une position de consigne prédéfinie (X_{S_soll}). 25
8. Procédé selon la revendication 7, **caractérisé en ce que**, en ce qui concerne les grandeurs de commande, il s'agit en particulier de l'ampleur du refroidissement du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200) dans la machine de coulée (110), du format en section transversale, en particulier de l'épaisseur ($h(x)$) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200) à des endroits déterminés au sein du guidage de barre de coulée continue (112) et à la sortie de ce dernier, de la vitesse de coulée (V_G) et de la géométrie de la machine de coulée. 30
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'on** calcule et on prédéfinit la vitesse de rotation de consigne ($n1_soll$) pour l'entraînement (124_1) des cylindres de travail de la première cage de laminoir (122_1) $n = 1$, et les couples de rotation de consigne pour les entraînements des cylindres de travail des cages de laminoir (122_n) $n = 2$ à N , en fonction des valeurs que l'on obtient pour l'épaisseur (H_0) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue à la sortie de la machine de coulée continue et de la valeur que l'on obtient pour la vitesse de coulée (V_G) respectivement à l'état de régime permanent de l'installation de coulée-laminage, et de préférence également en fonction des épaisseurs mesurées (H_1 , H_2) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200) à la sortie de la première et de la deuxième cage de laminoir (122_1, 122_2) du train de laminoir (120) à partir du modèle de planification de coulée (126). 35
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'on** calcule et on prédéfinit le couple de rotation de consigne (Mi_soll) pour l'entraînement (114_i) dudit au moins un rouleau entraîné de guidage de barre de coulée continue (113_i) en fonction de la valeur que l'on obtient pour l'épaisseur (H_0) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (20) à la sortie du guidage de barre de coulée continue (112) et de la valeur que l'on obtient pour la vitesse de coulée (V_G), respectivement à l'état de régime permanent de l'installation de coulée-laminage, et également en fonction de la valeur que l'on obtient pour le couple cumulé de sortie de la barre de coulée continue (M_G) et des allures de l'épaisseur des lingotières ($f(x)$) et de la température ($g(x)$) à l'intérieur et à la sortie du guidage de barre de coulée continue, à partir du modèle d'entraînement des machines de coulée continue (115). 40
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** prédéfinit les couples de rotation de consigne (Mi_soll) pour les entraînements (114_i) des rouleaux de guidage de barres de coulée continue, à l'état réparti de manière appropriée sur la longueur (x) du guidage de barre de coulée continue (112), à partir du modèle d'entraînement des machines de coulée continue (115), en prenant en compte la géométrie des machines de coulée continue, le couple cumulé de la sortie de la barre de coulée continue (M_G), ainsi que la répartition de l'épaisseur de la lingotière de coulée continue ($f(x)$) et la température ($g(x)$) sur la longueur du guidage de barre de coulée continue (112). 45

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'on** prédéfinit les couples de rotation de consigne (Mi_de soll) à partir du modèle d'entraînement des machines de coulée continue (115) d'une manière telle qu'ils s'élèvent dans une première zone s'étendant entre la sortie des lingotières et la position effective (X_S) de la pointe du cône liquide (160) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200) au sein du guidage de barre de coulée continue (112) et qu'ils restent constants dans une deuxième zone s'étendant entre la pointe du cône liquide (160) et la longueur métallurgique (L_G) de la machine de coulée continue (110)
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** procède à une modification de la valeur pour la vitesse de rotation de consigne (n1_soll) de la première cage de laminoir (122_1) et/ou des valeurs de consigne (Mi_soll, Mn_soll) pour les couples de rotation des entraînements (114_i) des rouleaux de guidage de barres de coulée continue et/ou des entraînements (124_n) des cylindres des cages de laminoir (122_n) via des rampes temporelles.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1 Stand der Technik

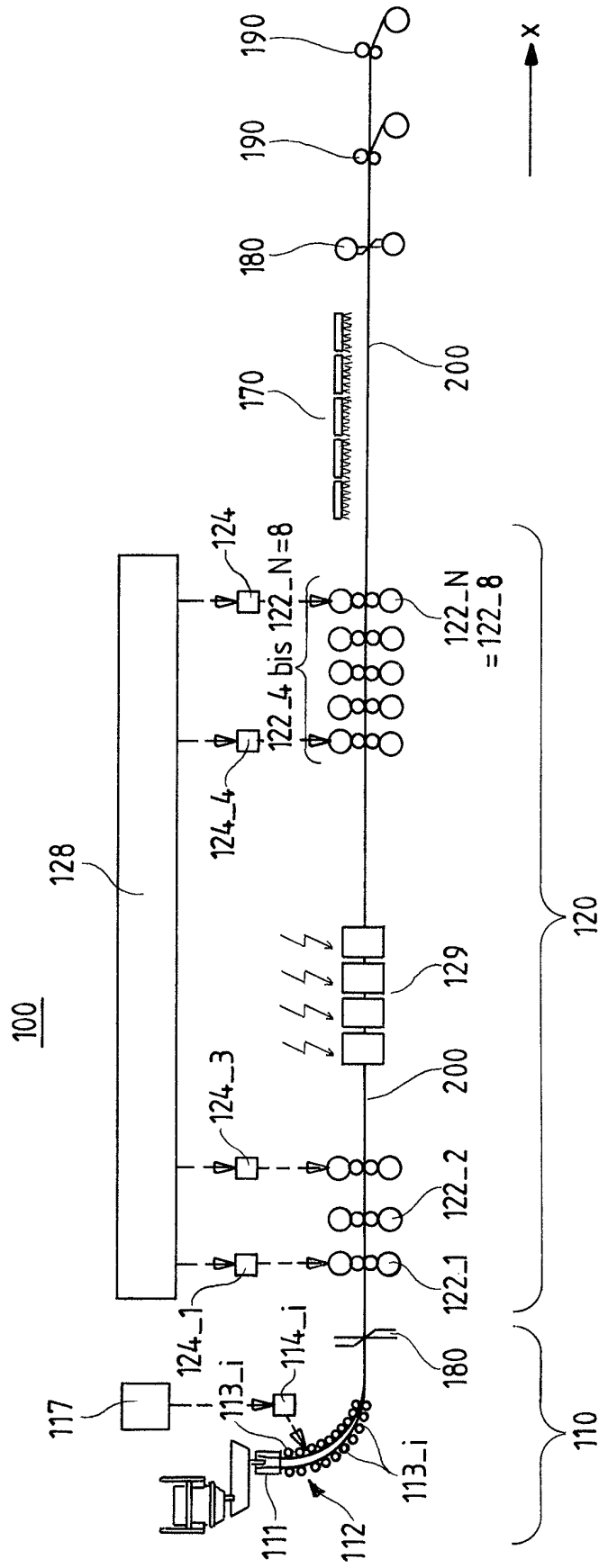


Fig. 2

Stand der Technik

100

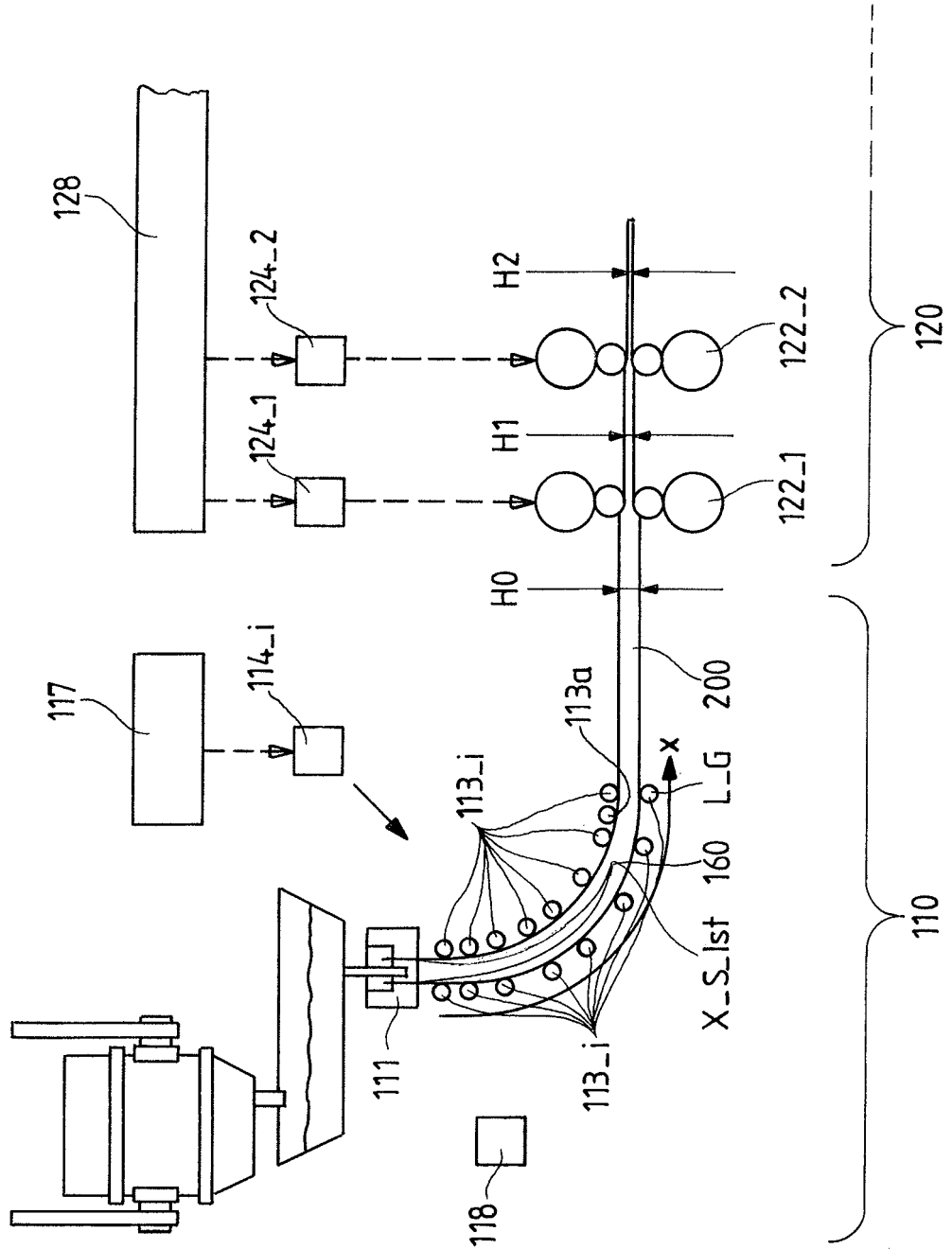


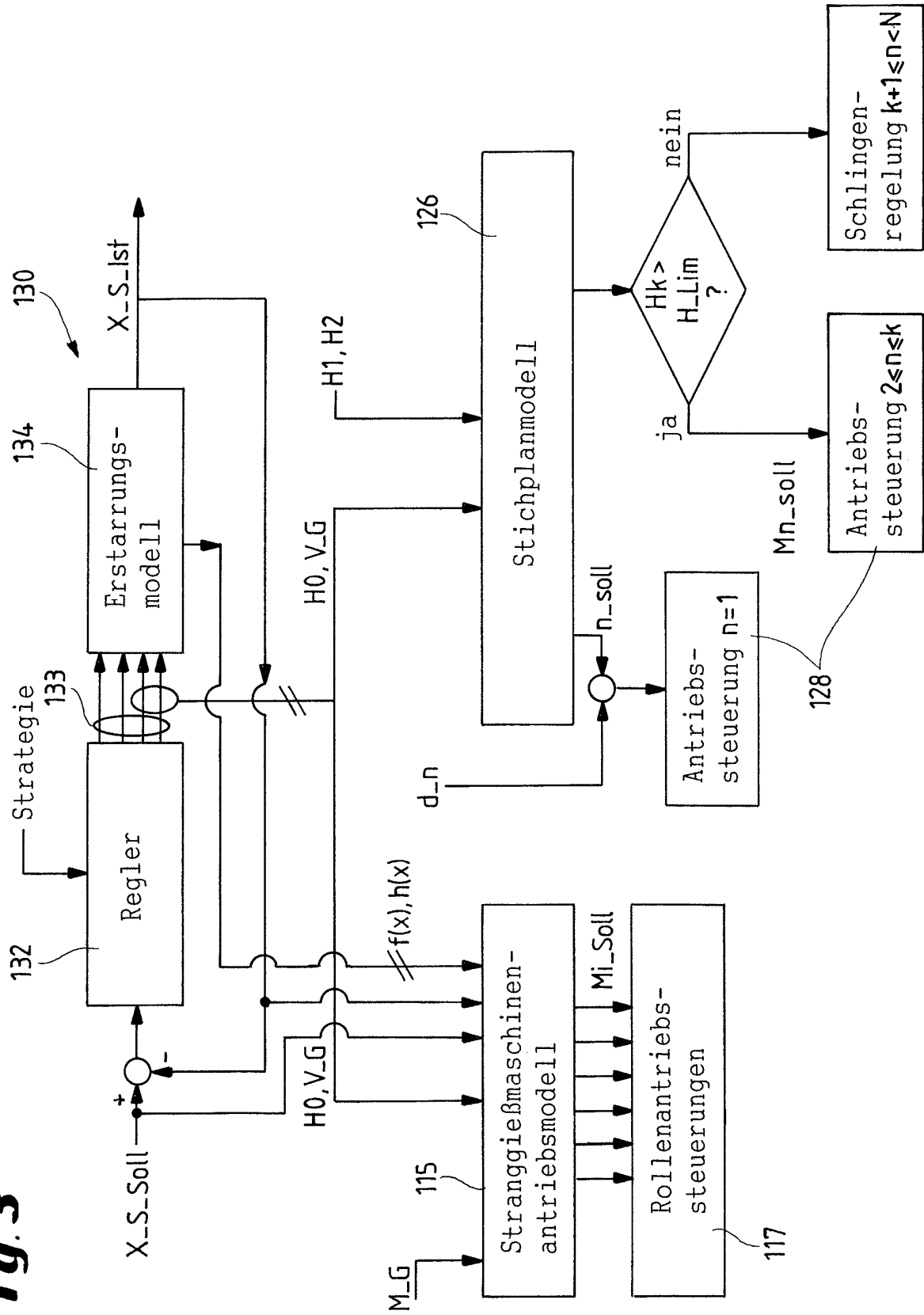
Fig.3

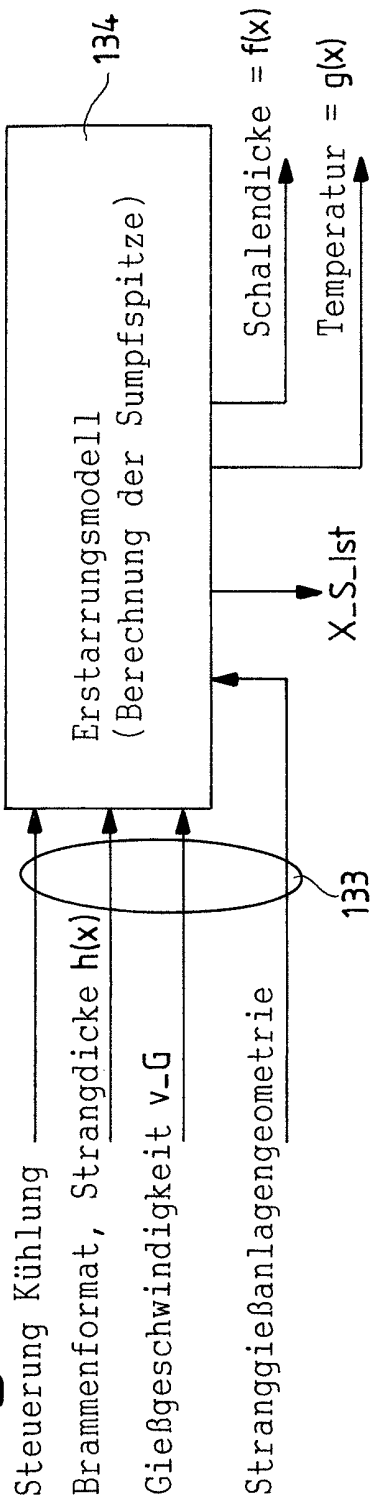
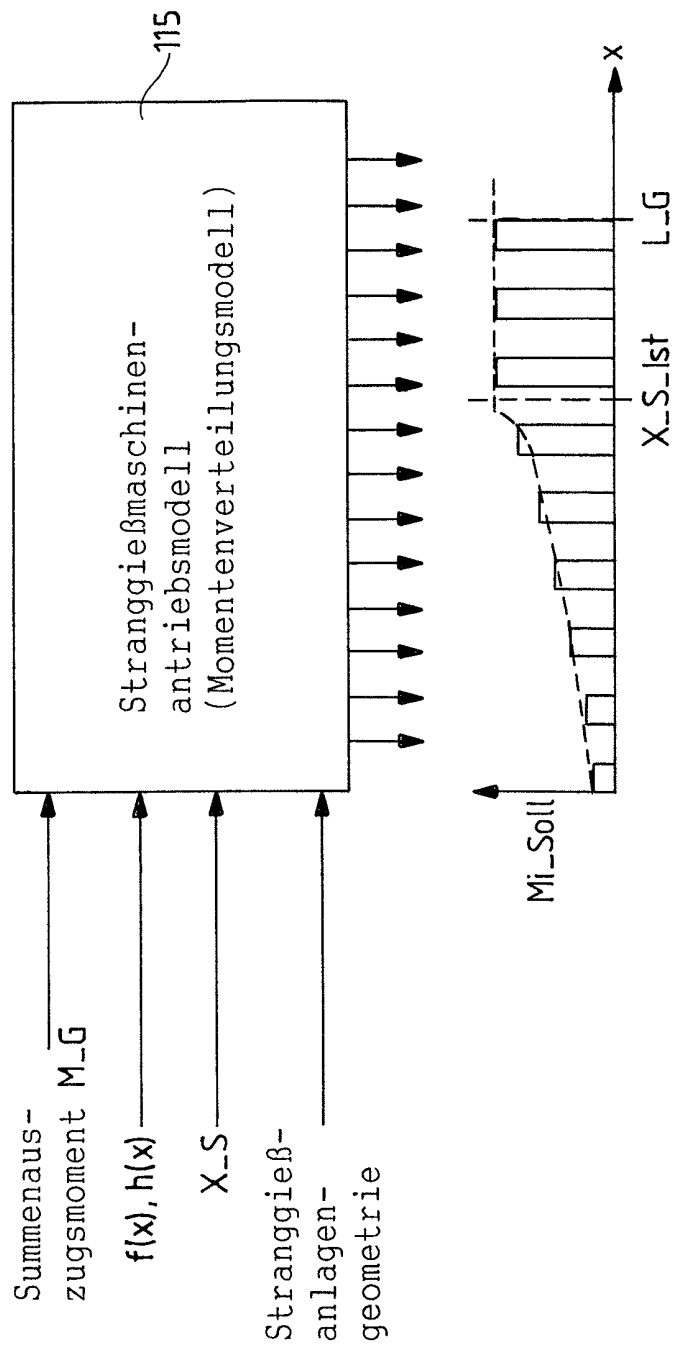
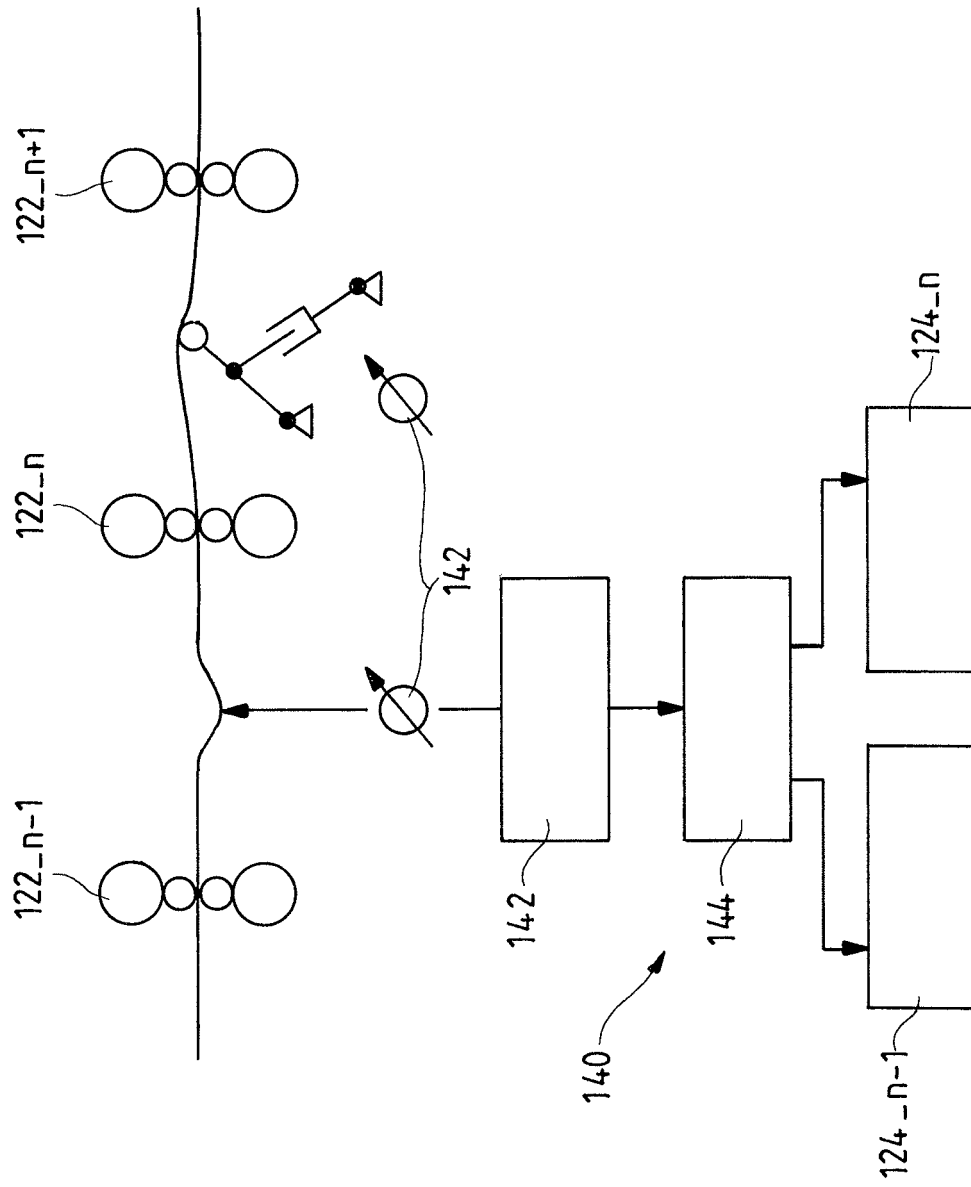
Fig. 4**Fig. 5**

Fig. 6



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 1720669 B1 [0006]
- DE 2833756 A1 [0006]
- JP 2007185703 A [0008]
- EP 2346625 B1 [0009] [0010]
- JP 55014133 A [0011]
- JP 55014134 A [0011]
- JP 60227958 A [0011]
- JP 60221103 A [0011]
- DE 202004010038 A1 [0011]