



(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**

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

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

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

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

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

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

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 Strangführungsrollenantriebssteuerung 117 angesteuert. Die Walzstraße 120 umfasst typischerweise n=1 bis N Walzgerüste 122_n, denen typischerweise jeweils Antriebe 124_n zum Antrieben 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 Bezugssymbole 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 Bezugssymbol 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 Bezugssymbol X_S_Ist bezeichnet. Schließlich ist zu erkennen, dass die Dicken des Stranggutes 200 am Ausgang der Stranggießmaschine 110 mit dem Bezugssymbol H0, am Ausgang des ersten Walzgerüsts mit dem Bezugssymbol H1 und am Ausgang des zweiten Walzgerüsts mit dem Bezugssymbol 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 gedeht 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 nachfordert 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. ausgeregelt 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 Schlingenssteuerung 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 beträchtlich 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 Umgangsgeschwindigkeit 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 Walzgerüstes 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 Massenflussrichtung 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 Schlingspeicher 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 Walzgerüstes der Walzstraße berechnet das Stichplanmodell die Soll-Drehzahl für den Antrieb des ersten Walzgerüstes $n = 1$ und die Soll-Drehmomente für die Antriebe der nachfolgenden Walzgerüste $n = 2$ bis N , bevor es diese an die Antriebssteuerung für die Antriebe des Walzgerüstes 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-

rung des Wertes für die Soll-Drehzahl und / oder der Soll-Werte für die Drehmomente nicht sprungartig, sondern zeitlich langsam ansteigend oder abfallend, z. B. ram-penförmig 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 Stützrollenanstellungen 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-Erfassungs-Einheit 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 beigefügt, 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.

35 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

40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 904

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 n2 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 vorgegebenen 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 = Wegkoordinate in Materialflussrichtung |
| 117 | Strangführungsrollenantriebssteuerung | | |
| 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 Walzgerüstes | | |
| 126 | Stichplanmodell | | |
| 128 | Antriebssteuerung | | |
| 129 | Induktivheizung | 10 | |
| 130 | Sumpfspitzen-Regelkreis | | |
| 132 | Regler | | |
| 133 | Stellgrößen (=Eingangsgrößen des Erstarrungsmodells) | | |
| 134 | Regelstrecke = Erstarrungsmodell | 15 | |
| 140 | Massenflussregelkreis | | |
| 142 | Massenflussbeobachter | | |
| 144 | Massenflussegler | | |
| 160 | Sumpfspitze | 20 | |
| 170 | Kühlstrecke | | |
| 180 | Trenneinrichtung | | |
| 190 | Haspeleinrichtung | | |
| 200 | Stranggut | | |
| d_n | Korrekturwert für Soll-Drehzahl des ersten Walzgerüstes | | |
| f(x) | Dicke der Schale des Stranggutes an der Position x | 25 | |
| g(x) | Temperatur des Stranggutes an der Position x | | wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: |
| h(x) | Dicke des Stranggutes an der Position x | | |
| H0 | Dicke des Stranggutes am Ausgang der Stranggießmaschine | 30 | Ansteuern des Antriebs (124) für die Walzen des ersten Walzgerüstes (122_1) durch die Antriebssteuerung (124) im Ansprechen auf eine Sollwertvorgabe des Stichplanmodells (126); und |
| H1 | Dicke des Stranggutes am Ausgang des n=1 Walzgerüstes | | |
| H2 | Dicke des Stranggutes am Ausgang des n=2 Walzgerüstes | 35 | Ansteuern des Antriebs (114) der mindestens einen Strangführungsrolle (113) durch die Strangführungsrollenantriebssteuerung (117) im Ansprechen auf eine Sollwertvorgabe des Stranggießmaschinenantriebsmodells (115); |
| Hk | Dicke des Stranggutes am Ausgang des k'ten Walzgerüstes | | |
| HN | Dicke des Warmbandes beim Verlassen der Walzstraße | | |
| H_Lim | vorgegebener Dickenschwellenwert für Stranggut | 40 | dadurch gekennzeichnet, |
| i | Laufparameter der Strangführungsrollen bzw. Nummer eines Walzgerüstes | | dass das Stichplanmodell (126) als Sollwertvorgabe eine Soll-Drehzahl (n1_Soll) für den Antrieb (124_1) des ersten Walzgerüstes (122_1) der Walzstraße (126) vorgibt; und |
| k | Parameter | | dass das Stranggießmaschinenantriebsmodell (115) als Sollwertvorgabe ein Soll-Drehmoment (Mi_Soll) für den Antrieb (114_i) der mindestens einen angetriebenen Strangführungsrolle (113_i) vorgibt. |
| 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 Walzgerüstes | | |
| 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 | | |

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. 10
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. 15
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. 20
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. 25
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. 30
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. 35
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Soll-Drehzahl ($n1$ _Soll) für den Antrieb (124_1) der Arbeitswalzen des ersten Walzgerüsts (122_1) $n=1$ 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 ($H1$, $H2$) des Stranggutes (200) am Ausgang des ersten und des zweiten Walzgerüsts (122_1, 122_2) der Walzstraße (120) von dem Stichplanmodell (126) berechnet und vorgegeben werden. 40
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 Strangauszugsmomentum (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. 45
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 Strangauszugsmomentes (M_G) sowie der Verteilung der Dicke der Strangschale ($f(x)$) und der Temperatur ($g(x)$) über der Länge (x) der Strangführung (112). 50
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. 55
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen An-

sprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
dass eine Änderung des Wertes für die Soll-Drehzahl (n_{1_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 (n_{1_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 (122_n), wherein $n = 2$ to k , wherein $2 \leq k < N$, when the thickness (H_k) of the strip material (200) at the outlet of the kth roll stand falls below a predetermined thickness threshold value ((H_Lim)); and

the mass flow, as seen in material flow direction (x), behind the kth 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 kth 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_Ist) 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 (n_{1_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 (H_0) 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).

5

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.

10

15. 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).

15

20. 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.

20

25. 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.

25

30

35

40

45

50

55

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.

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

55

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 lamoir (122_n) 5
 $n = 2 \leq k \leq N$, 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 lamoir dépasse vers le bas une valeur seuil d'épaisseur pré-définie (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 lamoir 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). 10
4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisée 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 pré-définie. 15
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce qu'on** pré définit la valeur seuil de l'épaisseur (H_{lim}) à la sortie de la k ème cage de lamoir en fonction du module d'élasticité de la matière du produit (200) sous la forme d'une barre de coulée continue. 20
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. 25
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** règle la position (X_S _lst) 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 pré-définie (X_S _soll). 30
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 détermi- 35
- nés 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. 40
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'on** calcule et on pré définit la vitesse de rotation de consigne ($n1$ _soll) pour l'entraînement (124_1) des cylindres de travail de la première cage de lamoir (122_1) $n = 1$, et les couples de rotation de consigne pour les entraînements des cylindres de travail des cages de lamoir (122_n) $n = 2 \leq N$, 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 ($H1, H2$) du produit sous la forme d'une barre de coulée continue (200) à la sortie de la première et de la deuxième cage de lamoir (122_1, 122_2) du train de lamoir (120) à partir du modèle de planification de coulée (126). 45
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'on** calcule et on pré définit le couple de rotation de consigne (M_i _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). 50
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** pré définit les couples de rotation de consigne (M_i _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). 55

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'on** prédefinit 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 5 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 10 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 15 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 20 barres de coulée continue et/ou des entraînements (124_n) des cylindres des cages de laminoir (122_n) via des rampes temporelles.

25

30

35

40

45

50

55

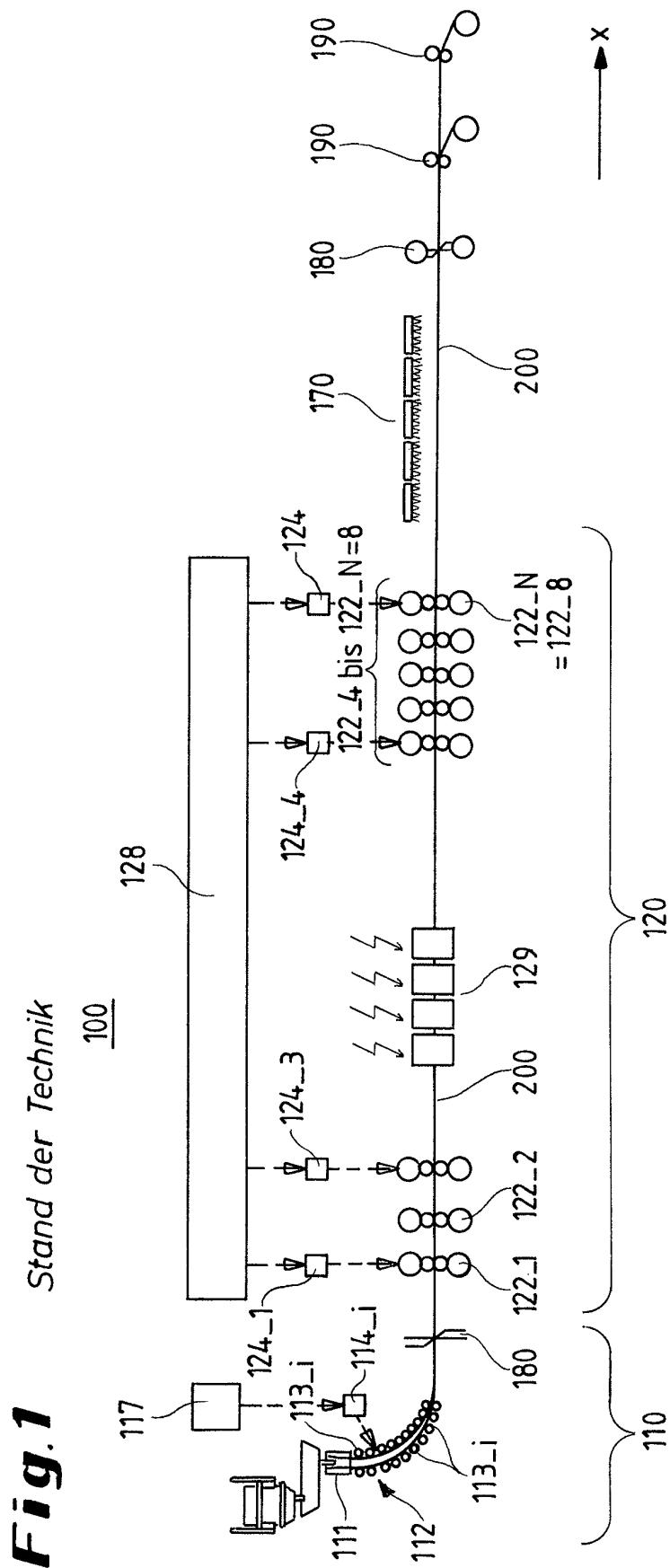
Fig. 1

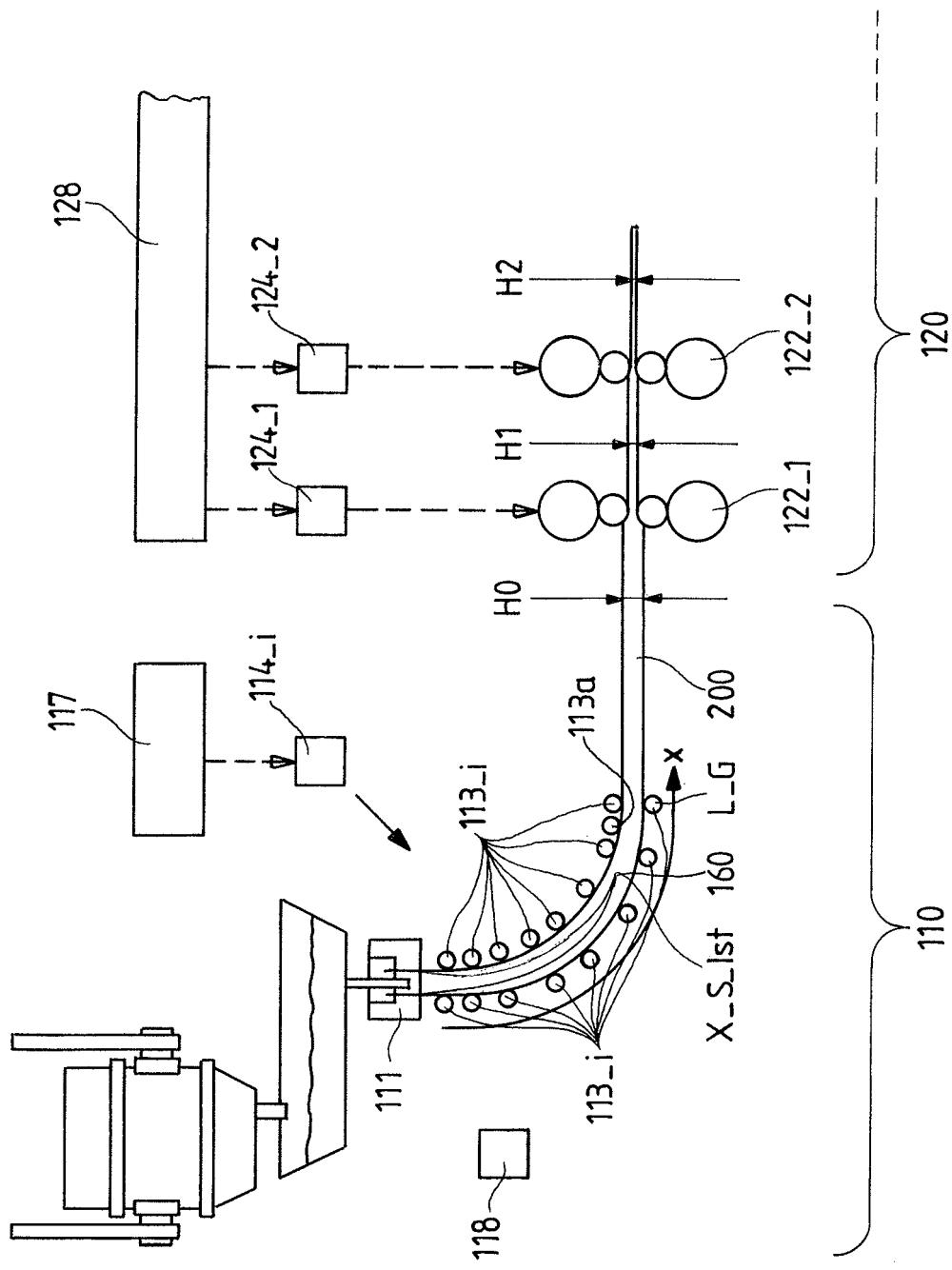
Fig. 2 Stand der Technik100

Fig. 3

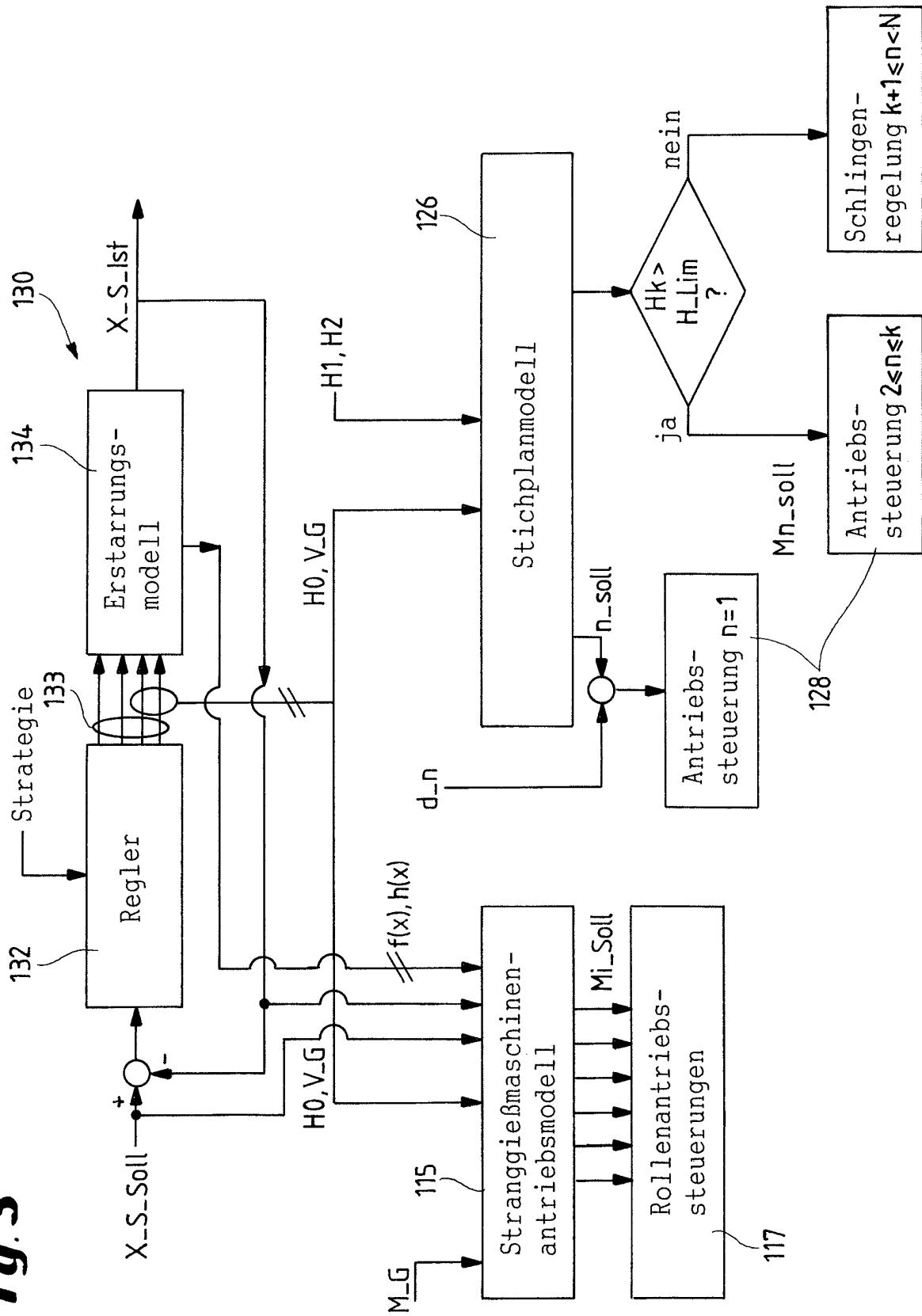
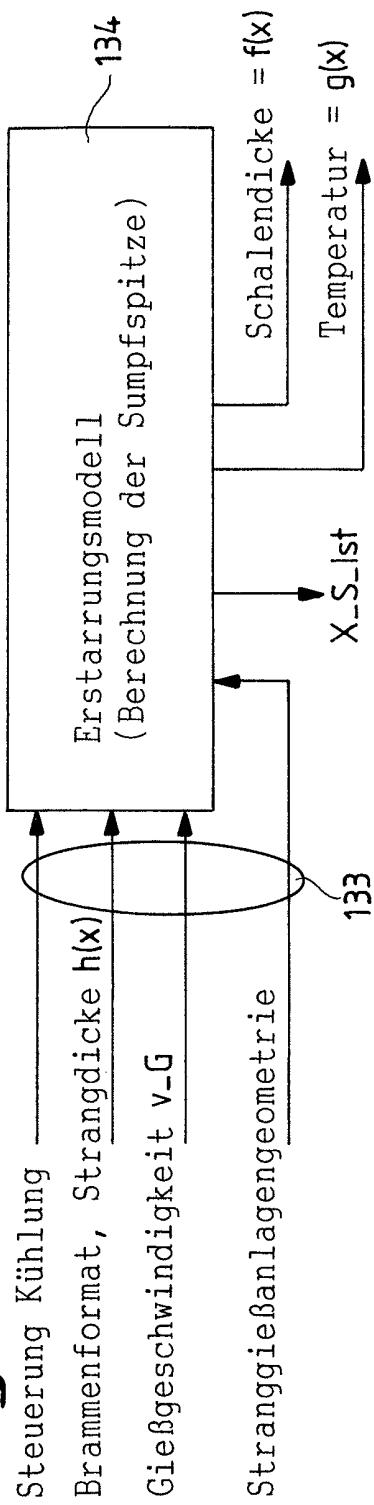


Fig. 4 Steuerung
Brammenform
Gießgeschw.
Fig. 5 Stranggieß-



The diagram illustrates the Stranggießmaschinen-antriebsmodell (Momentenverteilungsmodell) for casting machines. It features a horizontal coordinate system with the x-axis. A rectangular frame represents the casting machine. Inside the frame, a series of vertical arrows pointing downwards indicates the distribution of moments along the casting line. The text "Stranggießmaschinen-antriebsmodell (Momentenverteilungsmodell)" is written within the frame. To the left of the frame, four input parameters are listed: "Summenauszugsmoment M_G ", " $f(x), h(x)$ ", " X_S ", and "Stranggießanlagen-geometrie". A curved arrow points from the number 115 to the text "Stranggießmaschinen-antriebsmodell (Momentenverteilungsmodell)". To the right of the frame, a graph shows a stepped function labeled "Mi_Soll" (desired moment) and "Mi_S_ist" (actual moment), with the label "L_G" below the x-axis.

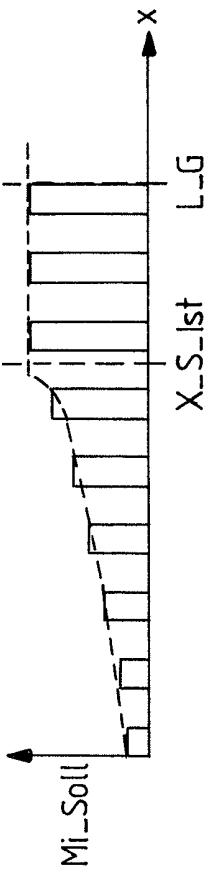
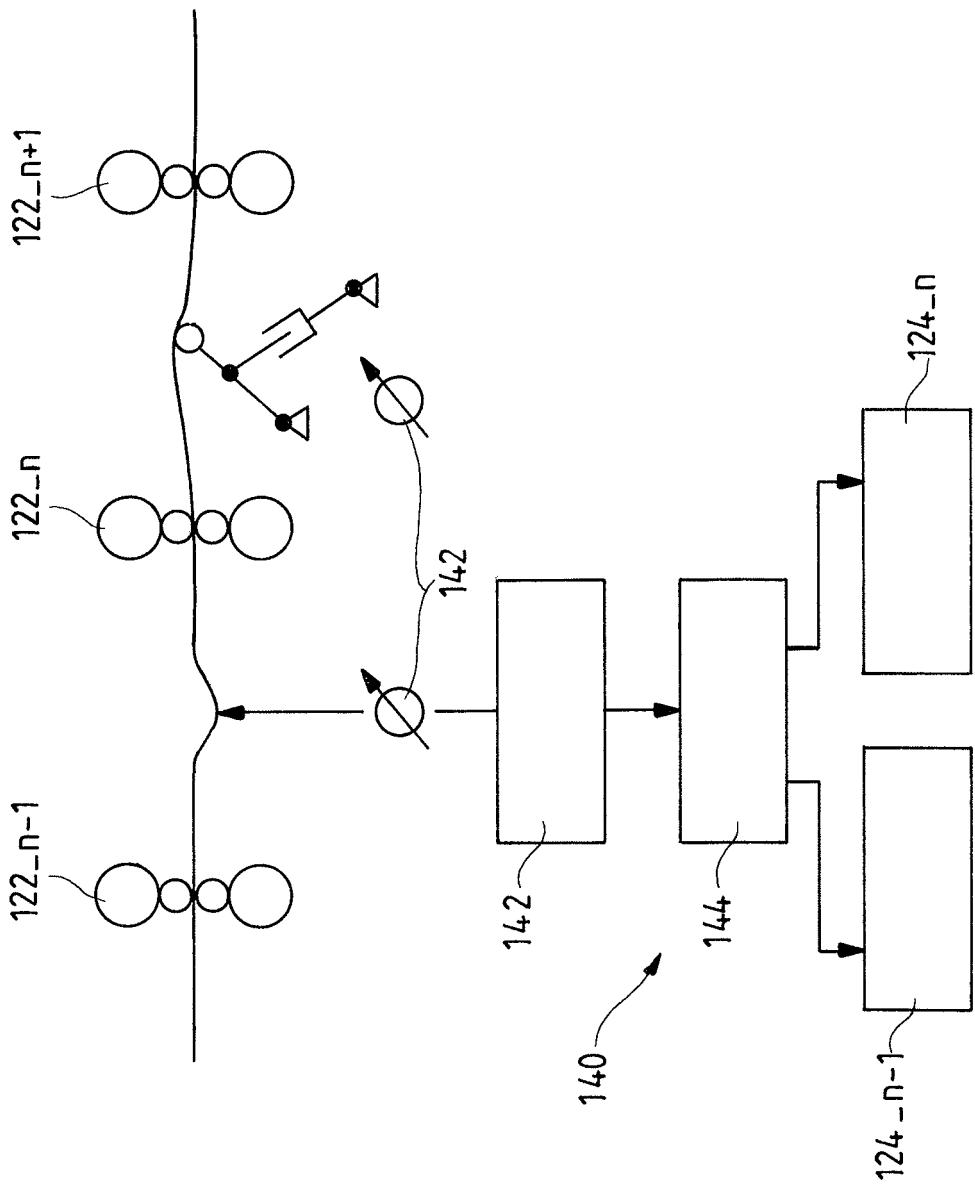


Fig. 6



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]**