



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.05.2017 Patentblatt 2017/22

(51) Int Cl.:
B22D 11/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16200278.6**

(22) Anmeldetag: **23.11.2016**

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

(72) Erfinder:
• **Plociennik, Uwe**
40882 Ratingen (DE)
• **Heimann, Thomas**
58644 Iserlohn (DE)

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

(30) Priorität: **26.11.2015 DE 102015223496**

(71) Anmelder: **SMS group GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM EINSTELLEN DER BREITE EINES STRANGGEGOSSENEN METALLSTRANGS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Einstellen der Breite (B) eines durch eine Kokille (130) stranggegossenen Metallstrangs (10) in einer Stranggießanlage (20), wobei eine Breitenkorrektur für den Metallstrang berechnet und als Stellgröße zum Verstellen mindestens einer Schmalseite (134) der Kokille (130) ausgegeben wird. Eine Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme wird an zumindest einer Messstelle (102) gemessen, wobei unter Berücksichtigung der Veränderung der Breite des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme an der Messstelle (102) im Vergleich zu der Breite (B) des Metallstrangs (10) an der Austrittsöffnung (132) der Kokille (130) und auf Grundlage eines Breitenmodells die Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme am Ende (21) der Stranggießanlage (20) berechnet wird, wobei zumindest eine Schmalseite (134) der Kokille (130) in Abhängigkeit der für das Ende (21) der Stranggießanlage (20) berechneten Breite (B) des Metallstrangs (10) bzw. der daraus gebildeten Bramme eingestellt wird.

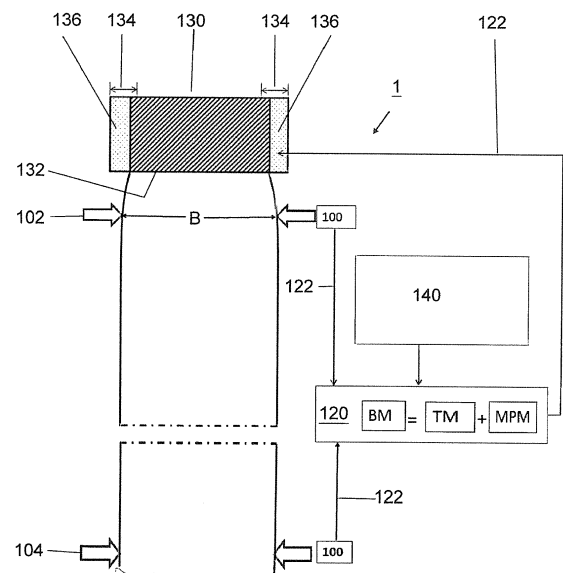


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen der Breite eines durch eine Kokille stranggegossenen Metallstrangs in einer Stranggießanlage nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, und eine entsprechende Vorrichtung.

[0002] Beim Stranggießen von Metallen in einer Stranggießanlage kann die Breite B eines Metallstrangs mit verstellbaren Schmalseiten der Kokille eingestellt werden. Im Bereich der Sekundärkühlung, also unterhalb bzw. stromabwärts der Kokille, wird der Metallstrang mit Hilfe parallel zur Breitseite des Strangs angeordneten Rollen geführt. Dadurch wird die Dicke d des Metallstrangs gewährleistet. Die Schmalseiten des Metallstrangs haben im Bereich unterhalb der Kokille in der Regel eine kurze Stützung, bestehend aus nur wenigen Rollenpaaren im Anschluss an diese Stützung beginnt die Breitung des Metallstrangs. Infolge des ferrostatischen Druckes breitet und baucht sich der Metallstrang somit im Bereich unterhalb der Kokille in Breitenrichtung, also quer zur Gießrichtung, aus. Die Breitung des Metallstrangs kann mehrere Prozent der nominellen Breite erreichen.

[0003] In den Fachartikeln "Numerical Simulation of Slab Broadening in Continuous Casting of Steel", Intech, Chapter 23, 2012 und "Effect of Casting Speed on Slab Broadening in Continuous Casting", steel research int. 82, No. 11, 2011 von Jian-Xun Fu und Wenig-Sing Hwang werden Numerische Simulationen durchgeführt, die den Stranggießprozeß in Bezug auf die unerwünschte Breitung des Metallstrangs simulieren.

[0004] Die japanische Patentanmeldung JP S 61232049 offenbart ein Verfahren zum Einstellen der Breite einer Stranggießkokille. Konkret werden die Sollbreite der Kokille, die Veränderungen der Kokillenbreite zu Beginn und am Ende eines Stranggießvorgangs sowie die Gießgeschwindigkeit als Parameter in eine Recheneinheit eingegeben, welche aus diesen Eingangsparametern geeignete Stellgrößen für Stellglieder zum Einstellen der Kokillenbreite errechnet. Dadurch wird ein Hochgeschwindigkeitsgießen ermöglicht, bei dem die Schwankungen der Kokillenbreite reduziert werden, auch wenn ansonsten die Kokillenbreite beim Stranggießen stark schwankt.

[0005] EP 2 762 251 B1 offenbart ein gattungsgemäßes Verfahren zum Gießen eines Metallstrangs mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Hierbei wird eine Breitenkorrektur für den Metallstrang in Abhängigkeit einer ermittelten Volumenstromregeldifferenz aus dem gemessenen Istwert und dem gemessenen Sollwert des Volumenstroms eines flüssigen Metalls in einem Regler berechnet, unter Berücksichtigung der Dicke des zu gießenden Metallstrangs und der Gießgeschwindigkeit. Anschließend wird die berechnete Breitenkorrektur als Stellgröße an ein Stellglied zum Verstellen mindestens einer Schmalseite der Stranggießkokille ausgegeben, so dass eine Änderung der Breite B des zu

gießenden Metallstrangs erfolgt. Nachteilig bei dem Verfahren gemäß EP 2 762 251 B1 ist, dass hierzu die Kenntnis des Volumenstroms des flüssigen Metalls notwendig ist, was einen entsprechenden Durchflusssensor oder dergleichen an einer Austrittsöffnung der Stranggießkokille erforderlich macht.

[0006] Entsprechend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, das Stranggießen eines Metallstrangs dahingehend zu optimieren, dass durch eine geeignete Einstellung der Schmalseiten der Stranggießkokille eine möglichst genaue Breitentoleranz für den Metallstrang, insbesondere am Ende der Stranggießanlage gewährleistet ist.

[0007] Die obige Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen von Anspruch 1, und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen von Anspruch 15, gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0008] Ein Verfahren nach der vorliegenden Erfindung dient zum Einstellen der Breite eines durch eine Kokille stranggegossenen Metallstrangs in einer Stranggießanlage. Bei diesem Verfahren wird eine Breitenkorrektur für den Metallstrang berechnet und als Stellgröße zum Verstellen mindestens einer Schmalseite der Kokille ausgegeben. Auf Grundlage eines Breitenmodells wird durch eine Recheneinrichtung die Breite des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme am Ende der Stranggießanlage unter Berücksichtigung zumindest eines Berechnungsparameters berechnet und mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen, wobei zumindest eine Schmalseite der Kokille in Abhängigkeit der für das Ende der Stranggießanlage berechneten Breite des Metallstrangs eingestellt wird. Vorzugsweise werden hierbei beide Schmalseiten der Kokille eingestellt. Hierbei kann die Einstellung der zumindest einen Schmalseite der Kokille geregelt vorgenommen werden, wobei zu diesem Zweck in der Recheneinrichtung ein entsprechender Regelkreis eingerichtet ist.

[0009] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist zu verstehen, dass sich die Breite eines stranggegossenen Metallstrangs, bzw. die Breite von hieraus gebildeten Brammen, sich bestimmt durch eine Ausbauchung der Schmalseite und durch die Breitung des Metallstrangs innerhalb der Strangführung, sowie durch den thermischen Schrumpf des Metallstrangs vom Gießspiegel bis zum Erreichen der Raumtemperatur. Die Ursache für die Breitenänderung des stranggegossenen Metallstrangs liegt in der ferrostatischen Last der flüssigen Schmelze im Innern des Metallstrangs. Hierbei ist die Tendenz der Zunahme einer Breite in Folge der ferrostatischen Last wesentlich größer als der entgegenwirkende Schrumpf, der sich durch die Dichteänderung des Metallstrangs in Folge von dessen Temperaturabnahme bzw. -abkühlung ergibt.

[0010] Im allgemeinen ist die Breitung eines stranggegossenen Metallstrangs oder einer hieraus gebildeten Bramme, d.h. deren resultierende Breite im vollständig erstarrten Zustand im Vergleich zu der Breite, mit der der

Metallstrang die Austrittsöffnung der Kokille verlässt, vom verwendeten Stahltyp abhängig. Bei den meisten Stählen ist die Breitung größer als der Schrumpf, mit Ausnahme von sehr harten Stählen (z.B. C100), bei denen dies umgekehrt ist. Des weiteren ist die Breitung stark von der Geometrie des Metallstrangs abhängig. Dies äußert sich darin, dass dicke Metallstränge eine wesentlich stärkere Breitung aufweisen als dünne Metallstränge.

[0011] Der Erfindung liegt die wesentliche Erkenntnis zugrunde, dass es mit der Berechnung auf Grundlage des Brei-
 5 tungsmodells möglich ist, die tatsächliche Breite des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme, die sich am Ende der Stranggießanlage einstellt, exakt zu bestimmen. Die Berechnung in dem Brei-
 10 tungsmodell erfolgt in Abhängigkeit von zumindest einem Berechnungsparameter, bei dem es sich um einen Prozessparameter des Gießprozesses und/oder um eine werk-
 15 stoffspezifische Größe handeln kann. Durch einen Vergleich der hiermit berechneten Breite mit einem Sollwert für die Breite, der für den Metallstrang bzw. eine daraus gebildete Bramme am Ende des Stranggießprozesses vorgegeben ist, wird dann von der Recheneinrichtung ein Stellsignal erzeugt, mit dem ein Stellglied angesteuert wird, das mit der zumindest einen Schmalseite der Ko-
 20 kille in Wirkverbindung steht. Hierdurch erfolgt dann die besagte Einstellung der Kokillen-Schmalseite.

[0012] An dieser Stelle darf darauf hingewiesen werden, dass "Ende der Stranggießanlage" auch in zeitlicher Hinsicht zu verstehen ist. Anders ausgedrückt, handelt es sich hierbei um einen Zeitpunkt, zu dem der Metall-
 25 strang oder eine daraus gebildete Bramme vollständig erkaltet ist, wobei dann keine weitere Änderung der Breite des Gießproduktes eintritt. In dieser Hinsicht ist es unbeachtlich, ob der Metallstrang bereits zu einer Bramme vereinzelt ist. Jedenfalls wird mit dem Brei-
 30 tungsmodell nach der vorliegenden Erfindung eine resultierende Breite des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme berechnet, nämlich für einen Zeitpunkt, wenn der Metallstrang bzw. die Bramme soweit abgekühlt sind, dass deren Breite einen konstanten Wert annimmt.

[0013] Wie erläutert, kann nach der vorliegenden Erfindung auf Grundlage des Brei-
 35 tungsmodells die Breite des Metallstrangs oder einer hieraus gebildeten Bramme am Ende der Stranggießanlage exakt berechnet werden. Ein Vermessen der Breite des Metallstrangs bzw. einer Bramme durch eine Messeinrichtung ist hierbei nicht notwendig. Die ggf. veränderlichen Randbedingungen wäh-
 40 rend des Stranggießprozesses, die z.B. in Folge von Verwendung einer anderen Stahlsorte, Veränderung der Geometrie des Metallstrangs oder Veränderung der Kühlbedingungen oder dergleichen eintreten, können allein durch den zumindest einen Berechnungsparameter erfasst werden, in Abhängigkeit dessen mit dem Brei-
 45 tungsmodell die Breite des Metallstrangs bzw. einer Bramme berechnet wird.

[0014] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung wird in dem Brei-
 50 tungsmodell die Breitung des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme in Abhängigkeit

zumindest eines Berechnungsparameters berechnet, wobei dieser Berechnungsparameter wenigstens die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs des Metallstrangs, die Temperatur des Metalls in der Kokille, die
 5 Gießgeschwindigkeit des Metallstrangs, die Überhitzung und/oder die Geometrie des Metallstrangs umfasst. Zweckmäßigerweise kann dieser eine Berechnungsparameter während des Stranggießprozesses in Echtzeit ("online") ermittelt werden, wodurch schnelle Reaktionen auf mögliche Prozessänderungen sichergestellt sind. Die Anstellung der Kokillen-Schmalseite wird somit auf Grundlage des Brei-
 10 tungsmodells, für das u. a. die Temperaturmessungen in den Schmalseiten der Kokille und die abgeführten Wärmeströme über das Kokillenkühlwasser für alle Kokillenseiten berücksichtigt werden können. Des Weiteren kann für die Sekundärkühlung die Wasserbeaufschlagung der Kokillen-Schmalseiten vorgegeben sein.

[0015] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann die Breite des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme an zumindest einer Messstelle be-
 20 stimmt werden, unter Verwendung einer hierzu geeigneten Messeinrichtung. Die Messstelle befindet sich dabei in einem vorbestimmten und vorzugsweise geringen Abstand zur Austrittsöffnung der Kokille. Dies bedeutet, dass sich die Messstelle entweder innerhalb der Strangführung einer Stranggießanlage in deren oberen Teil befindet, vorzugsweise in einer Entfernung von 4 - 12 Me-
 25 tern zur Austrittsöffnung der Kokille. Weiter bevorzugt kann diese Entfernung auch 5-8 Meter betragen. Ergänzend oder alternativ ist es auch möglich, die Messstelle am Ende der Stranggießanlage oder außerhalb davon anzuordnen.

[0016] Durch die Messung der Breite an der Messstelle kann somit die Breitung des Metallstrangs bzw. einer hieraus gebildeten Bramme, d.h. die Veränderung der Breite des Metallstrangs bzw. einer Bramme an dieser Messstelle im Vergleich zu der Breite, die der Metall-
 35 strangs an der Austrittsöffnung der Kokille aufweist, bestimmt werden. Der resultierende Messwert, der an der zumindest einen Messstelle aufgenommen wird, wird dann an die Recheneinrichtung geleitet, und anschließend für die Berechnung mit dem Brei-
 40 tungsmodell berücksichtigt. Anders ausgedrückt, dient dann der Messwert, der durch die Messeinrichtung an der Messstelle für die Breite des Metallstrangs bzw. einer hieraus gebildeten Bramme aufgenommen wird, als weiterer Berechnungsparameter für die Berechnung in dem Brei-
 45 tungsmodell.

[0017] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung umfasst das Brei-
 50 tungsmodell ein thermodynamisches Modell und ein mathematisch-physikalisches Modell, wobei diese Modelle miteinander gekoppelt sind. Im Einzelnen werden mittels des thermodynamischen Modells Temperaturen und Strangschalendicken des Metallstrangs an jeder Position des Metallstrangs in der Stranggießanlage bestimmt. Mittels des mathematisch - physikalischen Modells wird ein Kriechen des Metallstrangs be-

stimmt. Vorzugsweise werden hierbei die mittels des thermodynamischen Modells berechneten Werte für die anschließende Berechnung durch das mathematisch - physikalische Modell berücksichtigt. Durch die Kopplung des thermodynamischen Modells mit dem mathematisch-physikalischen Modell ist es somit möglich, die Breitung für den Metallstrang bzw. einer hieraus gebildeten Bramme zu berechnen, um auf Grundlage dessen und, wie erläutert, unter Berücksichtigung mit einem vorbestimmten Sollwert für die Breite zumindest eine Schmalseite der Kokille einzustellen.

[0018] Es darf darauf hingewiesen werden, dass unter Einstellung einer Schmalseite der Kokille verstanden wird, dass entweder ein Abstand dieser Schmalseite über ihrer gesamten Länge bezüglich der gegenüberliegenden Schmalseite der Kokille verändert wird, d. h. vergrößert oder vermindert wird, wobei ein Winkel der Oberfläche dieser Schmalseite bezüglich der Vertikalen unverändert bleibt. Ergänzend oder alternativ hierzu kann eine Oberfläche dieser zumindest einen Schmalseite der Kokille im Zuge der besagten Einstellung auch bezüglich einer Vertikalen verändert werden, wodurch der Winkel der Oberfläche diese Schmalseite bezüglich der Vertikalen verändert wird. Anders ausgedrückt, wird die Schmalseite bezüglich der Vertikalen "gekippt". Dies wird auf dem Gebiet des Stranggießens auch als "Tapern" bezeichnet. Diese beiden Einstellmöglichkeiten können im Rahmen der vorliegenden Erfindung auch überlagert werden. Dies bedeutet, dass bei einer Breitenänderung der Kokille, wenn also zumindest eine Schmalseite der Kokille in ihrem Abstand bezüglich der gegenüberliegenden Schmalseite verändert wird, gegebenenfalls auch der Taper, d. h. der Winkel dieser Schmalseite bezüglich der Vertikalen an der Austrittsöffnung der Kokille, geändert wird, um ein stetes Anliegen der Metallschmelze an der Kokillenwand und damit eine gute Kühlung zu gewährleisten und ein Ablösen der Schmelze von der Kokillenwand zu verhindern.

[0019] Durch die vorliegende Erfindung ist es möglich, die beim Stranggießen eines Metallstrangs im Verlauf der Stranggießanlage stets auftretende Breitung durch eine Berechnung der Breite, die am Ende der Stranggießanlage zu erwarten ist, und eine entsprechende Einstellung der Breite der Kokille, d. h. durch eine Veränderung des Abstands der Schmalseiten der Kokille, geeignet zu kompensieren, so dass insbesondere am Ende der Stranggießanlage, wenn dort der Metallstrang bereits abgekühlt ist, ein genaues Maß für die Breite des abgekühlten Metallstrangs zu gewährleisten. Neben einer verbesserten Genauigkeit für die resultierende Breite des Metallstrangs am Ende der Stranggießanlage ergibt sich durch die Erfindung der weitere Vorteil, dass die Einstellung der zumindest einen Schmalseite der Kokille auch während des Produktionsprozesses z. B. an geänderte Prozessparameter und/oder andere Werkstoffe, aus denen der Metallstrang gegossen wird, angepasst werden kann. Dies führt dann zu beträchtlichen Materialeinsparungen und zu einer verkürzten Produktionszeit.

[0020] Für die Berechnung der Breite des Metallstrangs am Ende der Stranggießanlage ist eine Recheneinrichtung vorgesehen, die mit dem Breitungsmodell versehen ist, wobei die Breite, die für den Metallstrang am Ende der Stranggießanlage berechnet worden ist, anschließend mittels der Recheneinrichtung mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen wird. Auf Grundlage dessen und in Abhängigkeit der für das Ende der Stranggießanlage berechneten Breite des Metallstrangs wird dann wie oben erläutert die zumindest eine Schmalseite der Kokille eingestellt. Von Vorteil ist hierbei, wenn die Recheneinrichtung derart betrieben wird, dass die Einstellung der zumindest einen Schmalseite der Kokille in Abhängigkeit der berechneten Breite für das Ende der Stranggießanlage geregelt wird, d. h. durch Vorsehen eines entsprechenden Regelkreises in der Recheneinrichtung. Durch eine solche Regelung der Anstellung der zumindest einen Schmalseite kann sehr schnell auf Änderungen während des Produktionsprozesses beim Stranggießen eines Metallstrangs reagiert werden, zum Beispiel auf geänderte Temperaturen der Metallschmelze und/oder auf veränderte Gießgeschwindigkeiten.

[0021] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung werden in dem thermodynamischen Modell Zustandsänderungen des gesamten Metallstrangs in einem mathematischen Simulationsmodell, beinhaltend eine Wärmeleitungsgleichung, berechnet. Auf Grundlage dessen ist dann ein Rückschluss auf die Temperatur des Metallstrangs entlang der Stranggießanlage, und somit in Gießrichtung des Metallstrangs, möglich.

[0022] An dieser Stelle darf nochmals darauf hingewiesen werden, dass nach der vorliegenden Erfindung mit dem Breitungsmodell, vorzugsweise gebildet durch eine Kopplung eines thermodynamischen Modells mit einem mathematisch-physikalischen Modell, und den Informationen zum Gießprozess der Verlauf der Breitung des Metallstrangs innerhalb der Strangführung und insbesondere für das Ende einer Stranggießanlage mit großer Genauigkeit berechnet werden kann. Somit wird es möglich, auf Prozess-Änderungen wie die Gießtemperatur oder Gießgeschwindigkeit oder der Sekundärkühlung schnell zu reagieren und sofort eine Breitenanstellung der Kokille einzuleiten. Dies ist dadurch gewährleistet, dass in dem Breitungsmodell die differentiellen Änderungen für die auftretenden Prozess-Variationen berechnet werden. Treten solche Prozess-Änderungen auf, kann nun sehr schnell die Änderung der zu erwartenden Breite an die Breitenanstellung als "Vorsteuerung" geleitet werden. Wie oben bereits erläutert, erfolgt zur Regelung der Breitenanstellung der zumindest einen Schmalseite eine Messung an der vorbestimmten Messstelle unterhalb der Kokille. Durch den Vergleich zwischen dieser Messung und der Breitungsberechnung kann auf die zu erwartende Breite des Metallstrangs am Ende der Stranggießanlage geschlossen werden.

[0023] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann die Einstellung der zumindest einen Schmalseite der Kokille auch in Abhängigkeit der Temperatur der Me-

tallschmelze innerhalb der Kokille erfolgen. Zu diesem Zweck wird die Temperatur des Metalls innerhalb der Kokille durch die Temperatur zumindest einer Seitenwand der Kokille erfasst, vorzugsweise dadurch, dass durch die abgeführten Wärmeströme über das Kokillenkühlwasser an zumindest einer Kokillenseite ein Rückschluss auf die Temperatur des flüssigen Metalls innerhalb der Kokille gezogen wird.

[0024] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann anhand des Breiungsmodells die Breite des Metallstrangs in einzelnen Querschnittssegmenten entlang von dessen Gießrichtung berechnet werden. Hierbei werden die Dehnungen, die sich für die einzelnen Querschnittssegmente des Metallstrangs quer zur Gießrichtung, d. h. in einer Breite des Metallstrangs einstellen, aufaddiert, und auf Grundlage dessen dann die Breitung des Metallstrangs bzw. dessen Breite für das Ende der Stranggießanlage berechnet bzw. bestimmt.

[0025] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann das Breiungsmodell, bzw. dessen mathematisch-physikalisches Modell, einen Kriechansatz berücksichtigen. Diesbezüglich darf darauf verwiesen werden, dass hierfür der sogenannte vereinfachte Garofalo-Kriechansatz geeignet bzw. bewährt ist. Jedenfalls ist für das Breiungsmodell allgemein ein Kriechansatz für das sekundäre Kriechen im erstarrten Teil des Metallstrangs geeignet.

[0026] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung werden bei Anwendung des Breiungsmodells und des Kriechansatzes für sekundäres Kriechen werkstoffspezifische Parameter des Metallstrangs und/oder die Prozesstemperatur des Metallstrangs während des Stranggießens berücksichtigt. Dies erfolgt vorzugsweise "online" und somit in Echtzeit während des Stranggießprozesses, um schnelle Anpassungen an eventuelle Prozessänderungen zu ermöglichen.

[0027] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann in dem Breiungsmodell auch ein Schrumpf des Metallstrangs entlang von dessen Gießrichtung berücksichtigt werden. In gleicher Weise wie bei der Bestimmung der Breitung des Metallstrangs kann dessen Schrumpf vorzugsweise in einzelnen Querschnittssegmenten entlang der Gießrichtung berechnet werden, was zu einer hohen Berechnungsgenauigkeit führt.

[0028] In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung können auf Grundlage des Breiungsmodells auch eine Anstellung und/oder Anstellgeschwindigkeit für die zumindest eine Kokillen-Schmalseite bestimmt werden. Dies ist insbesondere bei einer geplanten Änderung der Gießgeschwindigkeit, mit der der Metallstrang vergossen wird, von Vorteil. In gleicher Weise kann auch die Anstellung der zumindest einen Kokillen-Schmalseite, und ggf. auch die hierzu gewählte Anstellungsgeschwindigkeit, in Abhängigkeit einer Überhitzung des flüssigen Metalls, einer Sekundärkühlung und/oder einem Analysenwechsel berechnet werden. Hierbei ist die Temperatur der Schmelze bzw. des flüssigen Metalls innerhalb der Kokille oder im vorgelagerten Thundish permanent

zu bestimmen oder mittels eines Pfannen- und Verteilermodells zu berechnen. Durch temporäre Temperaturmessungen der Schmelze in der Pfanne bzw. in einem Verteiler wird das Pfannen- und Verteilermodell adaptiert.

[0029] Zur Lösung der obigen Aufgabe ist nach der vorliegenden Erfindung auch eine Vorrichtung zum Einstellen der Breite eines durch eine Kokille stranggegossenen Metallstrangs in einer Stranggießanlage vorgesehen, umfassend eine Recheneinrichtung, in der ein Breiungsmodell eingerichtet ist und auf Grundlage dessen in Abhängigkeit von zumindest einem Berechnungsparameter die Breite des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme am Ende der Stranggießanlage berechnet und mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen wird, wobei die Recheneinrichtung im Anschluss hieran ein Stellsignal erzeugt. Die Vorrichtung umfasst weiter ein mit zumindest einer Schmalseite der Kokille in Wirkverbindung stehendes Stellglied, das durch das Stellsignal angesteuert werden kann, um zumindest eine Schmalseite der Kokille einzustellen.

[0030] In vorteilhafter Weiterbildung einer Vorrichtung nach der vorliegenden Erfindung kann zumindest eine Messeinrichtung vorgesehen sein, mit der eine Breite des Metallstrangs oder einer daraus gebildeten Bramme an einer Messstelle, die in einem vorbestimmten Abstand zur Austrittsöffnung der Kokille angeordnet ist, gemessen werden kann. Die Messeinrichtung kann entweder innerhalb der Strangführung der Stranggießanlage in deren oberen Teil und vorzugsweise in geringer Entfernung zur Kokillenunterkante, oder am Ende der Stranggießanlage oder außerhalb davon angeordnet sein. Es können auch zwei Messeinrichtungen vorgesehen sein, von denen die eine wie erläutert innerhalb der Strangführung, und die andere am Ende der Stranggießanlage oder außerhalb davon angeordnet sind. Jedenfalls führt das Vorsehen von zumindest einer Messeinrichtung zu einer nochmals verbesserten Genauigkeit in Bezug auf die Bestimmung der Breitung des Metallstrangs oder einer hieraus gebildeten Bramme. Ein weiterer Vorteil einer solchen Messeinrichtung ergibt sich für den Fall, wenn entlang der Stranggießanlage unvorhergesehene Störungen wie z.B. mit der Kühlwasserzufuhr o.ä. auftreten sollten - durch die Messeinrichtung, insbesondere bei einer Anordnung am Ende der Stranggießanlage oder außerhalb davon, ist es dann in solch einem Störfall möglich, die tatsächliche Breite des Metallstrangs oder einer hieraus gebildeten Bramme am Ende des Stranggießprozesses zu messen, um dann wie erläutert zumindest eine Schmalseite in der Kokille entsprechend einzustellen. Hierdurch können dann die Störungen zumindest vorübergehend kompensiert werden, um z.B. einen Produktionszyklus geordnet zu beenden.

[0031] Bezüglich der Einstellung der zumindest einen Schmalseite der Kokille, die mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich ist, darf zur Vermeidung von Wiederholungen auf die obigen Erläuterungen bezüglich der Einstellmöglichkeiten für die zumindest eine Schmalseite

nach dem erfindungsgemäßen Verfahren verwiesen werden.

[0032] Nachstehend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer schematisch vereinfachten Zeichnung im Detail beschrieben.

[0033] Es zeigen:

- Fig. 1 ein Diagramm für den Verlauf der Temperatur in einem stranggegossenen Metallstrang in Abhängigkeit des Abstands vom Gießspiegel, errechnet auf Basis der vorliegenden Erfindung und zu deren Durchführung,
- Fig. 2 eine schematisch vereinfachte Darstellung einer zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichteten Stranggießanlage,
- Fig. 3 eine prinzipiell vereinfachte Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, die bei der Stranggießanlage von Fig. 2 zur Durchführung der Erfindung vorgesehen ist,
- Fig. 4 eine prinzipiell vereinfachte Darstellung von Schmalseiten einer Kokille von Fig. 2, zur Veranschaulichung der Veränderung eines Abstands der Stranggießanlage 20 zwischen diesen Schmalseiten,
- Fig. 5 eine prinzipiell vereinfachte Darstellung einer Schmalseite einer Kokille der Stranggießanlage 20 von Fig. 2, zur Veranschaulichung der Veränderung einer Neigung dieser Kokille,
- Fig. 6 vereinfachte Querschnittsansichten eines stranggegossenen Metallstrangs, zur Veranschaulichung der Breite des Metallstrangs,
- Fig. 7 ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Breitenanteils an der Position einer Messstelle, an welcher die Breite eines Metallstrangs erfindungsgemäß gemessen wird,
- Fig. 8 ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Verlaufs der Breite eines Metallstrangs innerhalb der Strangführung einer Stranggießanlage von Fig. 2,
- Fig. 9 ein Diagramm zur Veranschaulichung einer Berechnung der Breite eines Metallstrangs auf Grundlage des Breitenmodells nach der vorliegenden Erfindung, für eine Variation der Gießgeschwindigkeit,
- Fig. 10 ein Diagramm zur Veranschaulichung einer Berechnung der Breite eines Metallstrangs auf Grundlage des Breitenmodells nach der vorliegenden Erfindung, für eine Variation der Überhitzung der Metallschmelze, und
- Fig. 11 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0034] Beim Erstarren eines stranggegossenen Metallstrangs 10 in einer Stranggießanlage 20 (vgl. Fig. 2) nimmt die Durchschnittstemperatur des Metallstrangs nach

[0035] Verlassen der Kokille stetig ab. In Folge einer

Verringerung des spezifischen Volumens des Metalls bei sinkender Temperatur schrumpft der Metallstrang zusammen. Gleichzeitig nimmt die Breite des stranggegossenen Metallstrangs während des Gießprozesses innerhalb der Strangführung einer Stranggießanlage zu, nämlich wegen der ferrostatischen Last innerhalb des Metallstrangs und als Folge eines Kriechens des Materials bzw. eines Kriechprozesses innerhalb des Metallstrangs. Hierbei kann, in Abhängigkeit der verwendeten Stahlsorte, die Breitung um einige Faktoren größer sein als der Schrumpf. Der Breitungseffekt ist auch abhängig vom Werkstoff bzw. des zu vergießenden flüssigen Metalls und seines Erstarrungsgefüges, der ferrostatischen Last, sowie von Prozessparametern, wie Gießgeschwindigkeit, Überhitzung Sekundärkühlung und der Strangdicke

[0036] Die vorliegende Erfindung stellt darauf ab, die resultierende Breitung eines stranggegossenen Metallstrangs, ggf. auch unter Berücksichtigung von dessen Schrumpf, insbesondere für das Ende einer Stranggießanlage zu berechnen, um in Abhängigkeit hiervon zumindest eine Schmalseite einer Kokille der Stranggießanlage entsprechend einzustellen. Dies ist insbesondere für den Fall von Bedeutung, wenn die Breite des Metallstrangs bzw. von hieraus gebildeten Brammen nach der Abkühlung in einer vom Kunden vorgegebenen engen Toleranz liegen muss.

[0037] Die Temperaturverteilung für einen stranggegossenen Metallstrang hängt u.a. vom Enthalpieverlauf ab, welcher z.B. auf Grundlage von Gibbs-Energien berechnet werden kann. Diese Temperaturverteilung ist im Diagramm von Fig. 1 dargestellt, nämlich über der Stranglänge und in Abhängigkeit des Abstands vom Gießspiegel. Es sind jeweils die Temperaturen in der Strangmitte an dessen Oberfläche und im Kern gezeigt. Außerdem ist die mittlere Temperatur dargestellt. Die Solidus- und Liquidus-Linien geben an, an welcher Stelle es zu einer Durcherstarrung des Metallstrangs kommt. Die Berechnung der Temperaturverteilung, wie in dem Diagramm von Fig. 1 dargestellt, mit Hilfe der Gibbs-Energie kann mit einem Verfahren erfolgen, welches aus DE 10 2011 082 158 A1 bekannt ist. Hierbei wird die Temperaturverteilung, die im Inneren eines stranggegossenen Metallstrangs herrscht, mittels eines auf einer dynamischen Temperatur-Regelung beruhenden Temperaturberechnungsmodells, wie z.B. das DSC (*Dynamic Solidification Control*), berechnet. Hierbei kann die Gesamtenthalpie aus der Summe der freien molaren Enthalpien (Gibbs'schen Energien) aller im Material des Metallstrangs aktuellen vorhandenen Phasen und/oder Phasenanteile berechnet werden. An dieser Stelle wird zur Vermeidung von Wiederholungen ausdrücklich auf den gesamten Inhalt von DE 10 2011 082 158 A1 Bezug genommen.

[0038] Fig. 2 zeigt in schematisch vereinfachter Darstellung eine Stranggießanlage 20 zum Stranggießen eines Metallstrangs 10, wobei mit dieser Stranggießanlage 20 ein erfindungsgemäßes Verfahren durchgeführt werden kann. Zu diesem Zweck ist die Stranggießanlage 20

mit einer Rechneinrichtung 120 bzw. Recheneinrichtung ausgestattet, wobei diese Recheneinrichtung 120 mit einem als metallurgisches Prozessmodell ausgebildeten Temperaturberechnungsmodell ausgestattet ist, das eine Temperaturregelung aufweist oder darauf beruht. Mit dem Temperaturberechnungsmodell, z.B. dem vorstehend bereits genannten DSC (*Dynamic Solidification Control*) kann die Temperaturverteilung berechnet werden, die im Inneren eines aus flüssigem Metall gegossenen Metallstrangs herrscht.

[0039] Das vorstehend genannte metallurgische Prozessmodell ist Teil eines Breiungsmodells BM, das in der Recheneinrichtung 120 eingerichtet ist. Vorzugsweise umfasst das Breiungsmodell BM sowohl ein thermodynamisches Modell TM zur Bestimmung der Temperaturen und der Strangschalendicken des Metallstrangs 10 als auch ein mathematisch-physikalisches Modell MPM zur Bestimmung des Kriechens des Metallstrangs 10, wobei die Modelle TM und MPM miteinander gekoppelt sind (Fig. 3).

[0040] Der Metallstrang 10 weist vor seiner Durcherstarrung im Kern einen flüssigen bzw. sumpfigen Anteil 14 auf. In dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist eine Sumpfspitze 16, die die Erstarrungslänge des Metallstrangs 10 definiert, in einem, in Gießrichtung betrachteten, Endbereich einer Sekundärkühlung 22 ausgebildet. An dem Metallstrang 10 sind zu dessen Verformung und Stützung eine Mehrzahl von Rollensegmenten 24 oder allgemein Segmente angeordnet, die mit Stützrollen oder Strangführungsrollen 26 versehen und hydraulisch verstellbar ausgebildet sind. Die Strangführungsrollen 26 sind anstellbar und teilweise drehangetrieben ausgebildet.

[0041] Die Stranggießanlage 20 weist ein Verteilergefäß bzw. Gießverteiler 28 und eine daran angeschlossene Stranggießkokille 130 auf. Aus einer Gießpfanne 32 läuft Stahlschmelze in den Gießverteiler 28 und von dort aus in die Kokille 130. Unterhalb der Kokille 130 sind eine Mehrzahl von Strangführungsrollen 26 zur Abstützung einer Ober- und Unterseite des Metallstrangs 10 vorgesehen bzw. angeordnet, wobei der Metallstrang in diesem Bereich zunächst eine sehr dünne Strangschale aufweist. Der Metallstrang 10 durchläuft anschließend einen kreisbogenförmigen Bereich, und läuft dann in einer Richtzone aus und kann z.B. in einer nachgeordneten Schere oder Brennschneidmaschine in Brammen getrennt werden.

[0042] In der Fig. 2 ist mit dem Bezugszeichen "21" stark vereinfacht ein Ende der Stranggießanlage 20 symbolisiert, wobei mittels der Erfindung u.a. eine resultierende Breite eines Metallstrangs 10 an diesem Ende 21 berechnet wird, als Grundlage für eine nachfolgende Einstellung von zumindest einer Schmalseite der Kokille 130. An dem Ende 21 der Stranggießanlage 20 ist der Metallstrang 10 abgekühlt und im Wesentlichen durcherstarrt, wobei der Metallstrang 10 auch bereits zu einzelnen Brammen vereinzelt sein kann.

[0043] Erfindungsgemäß ist bei der Stranggießanlage

20 von Fig. 2 zumindest eine Messeinrichtung 100 vorgesehen. Die Messeinrichtung 100 kann an einer Messstelle 102, nämlich unterhalb einer Austrittsöffnung 132 der Kokille 130 und in vergleichsweise geringem Abstand hierzu angeordnet sein, um die Breite des Metallstrangs 10 an dieser Stelle zu messen. Ergänzend oder alternativ kann eine Messeinrichtung 100 auch an einer Messstelle 104, nämlich am Ende 21 der Stranggießanlage 20 oder außerhalb davon angeordnet sein, um die Breite des durcherstarrten und abgekühlten Metallstrangs 10 oder die Breite einer hieraus gebildeten Bramme zu messen. In Bezug auf die Anordnung einer Messeinrichtung 100 darf darauf hingewiesen werden, dass die zugeordnete Messstelle sich in einem vorbestimmten Abstand zur Austrittsöffnung 132 der Kokille 130 befindet. Die Messeinrichtung 100 ist durch eine Signalleitung 122 an die vorstehend bereits genannte Recheneinrichtung 120 angeschlossen, so dass die an der Messstelle 102, 104 gemessene Breite des Metallstrangs 10 an die Recheneinrichtung 120 übermittelt wird. Bezüglich der Signalleitung 122 darf darauf hingewiesen werden, dass es sich hierbei entweder um eine physische Signalleitung oder um eine geeignete Funkstrecke oder dergleichen handeln kann.

[0044] Fig. 3 zeigt prinzipiell und stark vereinfacht eine Vorrichtung 1 nach der vorliegenden Erfindung, mit der wie vorstehend erläutert an der Messstelle 102, zum Beispiel bei einer Stranggießanlage 20 von Fig. 2, die Breite B eines Metallstrangs 10 gemessen werden kann. Ergänzend oder alternativ kann die Breite des Metallstrangs 10 oder einer hieraus gebildeten Bramme auch an der Messstelle 104, nämlich am Ende 21 der Stranggießanlage 20 bestimmt werden. Hierzu umfasst die Vorrichtung 1 eine Messeinrichtung 100, die an der Messstelle 102 bzw. 104 (vgl. Fig. 2) positioniert sein kann, und die Recheneinrichtung 120, mit der die Messeinrichtung 100 über die Signalleitung 122 verbunden ist. Entsprechend kann mit der Recheneinrichtung 120 eine Veränderung der Breite des Metallstrangs 10 an der Messstelle 102, bzw. eine Veränderung der Breite des Metallstrangs 10 oder einer hieraus gebildeten Bramme an der Messstelle 104, im Vergleich zu der Breite, die der Metallstrang 10 an der Austrittsöffnung 132 der Kokille 130 aufweist, bestimmt werden.

[0045] Für die Zwecke der vorliegenden Erfindung ist in der Recheneinrichtung 120 das Breiungsmodell BM eingerichtet, auf Grundlage dessen die Breite des Metallstrangs 10 an dem Ende 21 der Stranggießanlage 20 (vgl. Fig. 2) berechnet und mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen wird, wobei die Recheneinrichtung 120 im Anschluss hieran ein Stellsignal erzeugt. Dieses Stellsignal wird über eine weitere Signalleitung 122 an ein mit zumindest einer Schmalseite 134 der Kokille 130 in Wirkverbindung stehendes Stellglied 136 übertragen, wodurch dann die Schmalseite 134 der Kokille 130 geeignet angestellt wird.

[0046] Fig. 4 zeigt prinzipiell vereinfacht die beiden Schmalseiten 134 der Kokille 130, die durch einen Ab-

stand A zueinander beabstandet sind. Mittels einer Ansteuerung durch ein Stellglied 136 kann der Abstand A zwischen diesen Schmalseiten 134 geeignet geändert werden, um dadurch die Breite des Metallstrangs 10 an der Austrittsöffnung 132 der Kokille 130 zu beeinflussen. Optional ist es hierbei auch möglich, die Neigung einer Schmalseite 134 bezüglich der Vertikalen V zu verändern, wie es prinzipiell vereinfacht in der Darstellung von Fig. 5 gezeigt ist. Hierbei kann beispielsweise ein oberer Rand der Schmalseite 134 um eine Strecke N bezüglich des unteren Rands der Schmalseite 134 verschoben werden, so dass eine Oberfläche der Schmalseite 134 mit der Vertikalen V einen Winkel einschließt.

[0047] Fig. 6 zeigt vereinfacht Querschnittsansichten eines stranggegossenen Metallstrangs 10, und verdeutlicht die Zunahme des Metallstrangs 10 in seiner Breite B in Folge von Breitung. Hierbei verdeutlichen die Bereiche I in der Mitte von Fig. 6 die Breitenänderung des Metallstrangs 10 in Folge von Breitung bzw. eines Kriechens des Materials. Die Bereiche II in der unteren Darstellung von Fig. 6 verdeutlichen eine Breitenänderung des Metallstrangs 10 in Folge von Breitung und Ausbauchung.

[0048] Die Erfindung funktioniert nun wie folgt:

Beim Stranggießen eines Metallstrangs 10 wird durch die Recheneinrichtung 120 auf Grundlage des Breitenmodells BM die Breite des Metallstrangs 10 oder einer hieraus gebildeten Bramme für das Ende 21 der Stranggießanlage 20 berechnet und mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen, wobei anschließend zumindest eine Schmalseite 134 der Kokille 130 durch ein zugeordnetes Stellglied 136 geeignet eingestellt wird, nämlich in Abhängigkeit der für das Ende 21 der Stranggießanlage berechneten Breite B des Metallstrangs 10.

[0049] Für die Berechnung der Breite des Metallstrangs 10 am Ende 21 der Stranggießanlage 20 werden Berechnungsparameter berücksichtigt, die wenigstens die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs des Metallstrangs, die Temperatur des Metalls in der Kokille 130, die Gießgeschwindigkeit des Metallstrangs 10, Überhitzung und die Geometrie des Metallstrangs 10 umfassen. In Fig. 3 ist das Bezugszeichen "140" dahingehend zu verstehen, dass von dem Breitenmodell BM in der Recheneinrichtung 120 auch eine Änderung der Prozessparameter des Stranggießprozesses, wie Überhitzung, Gießgeschwindigkeit und Wasserkühlung, berücksichtigt werden können, und dies dann in die Ansteuerung des Stellglieds 136 zum Anstellen der zumindest einen Schmalseite 134 einfließt.

[0050] Wie vorstehend erläutert, kann eine Messeinrichtung 100 an der Messstelle 102 und/oder an der Messstelle 104 vorgesehen sein, um dort die Breite des Metallstrangs 10 (an der Messstelle 102), bzw. die Breite des Metallstrangs 10 oder einer hieraus gebildeten Bramme (an der Messstelle 104) zu bestimmen. Mit der

Breitenmessung durch die Messeinrichtung 100 kann somit eine Veränderung der Breite des Metallstrangs 10 bzw. einer Bramme an der jeweiligen Messstelle 102, 104 im Vergleich zur Breite des Metallstrangs 10 an der Austrittsöffnung 132 der Kokille 130 ermittelt werden, und dann mit einem vorbestimmten Sollwert für die Breite des Metallstrangs 10 oder einer hieraus gebildeten Bramme verglichen werden. Hierbei bildet dann der durch die Messeinrichtung 100 erzeugte Messwert für die Breite des Metallstrangs 10 oder einer hieraus gebildeten Bramme einen weiteren Berechnungsparameter für die Berechnung in dem Breitenmodell BM.

[0051] Bezüglich der in Fig. 4 gezeigten Veränderung des Abstands A zwischen den Schmalseiten 134 darf darauf hingewiesen werden, dass eine solche Breiten-einstellung der Kokille 130 auch unter Berücksichtigung einer Veränderung der flüssigen Stahltemperatur bzw. Überhitzung, der Gießgeschwindigkeit und der Sekundärkühlung erfolgen kann, wodurch dann die Breitenabweichung des Metallstrangs 10 als Folge von dessen Breitung minimiert wird.

[0052] Bezüglich der in Fig. 5 gezeigten Veränderung des Neigungswinkels einer Schmalseite 134 der Kokille 130 darf darauf hingewiesen werden, dass hierdurch eine Ausbauchung II des Metallstrangs 10 minimiert werden kann, ggf. in Verbindung mit einer geeigneten Anpassung der Wasserkühlung im Bereich der Sekundärkühlung 22, und ggf. in Verbindung mit einer Anpassung einer Kühlung der Schmalseiten 134 der Kokille 130.

[0053] Fig. 7 zeigt ein Diagramm zur Definition des Breitenanteils des Metallstrangs 10 an der Position der Messstelle 102, beispielhaft für zwei verschiedene Gießgeschwindigkeiten (mit $v_1 > v_2$). Es ist zu erkennen, dass der Breitungszuwachs mit zunehmendem Abstand vom Gießspiegel bzw. von der Austrittsöffnung 132 der Kokille 130 stetig abnimmt und beispielsweise in einem Abstand von 15 Metern vom Gießspiegel nicht weiter zunimmt bzw. von dort an konstant verläuft.

[0054] Fig. 8 zeigt ein Diagramm zur Verdeutlichung des Verlaufs der Breitung des Metallstrangs 10 innerhalb der Strangführung bei der Stranggießanlage 20 von Fig. 2, wobei der Graph G1 die Breitung und der Graph G2 den Schrumpf des Metallstrangs 10 darstellen.

[0055] In Fig. 9 und Fig. 10 sind jeweils Diagramme gezeigt, mit denen die Berechnung der Breitung des Metallstrangs 10 auf Grundlage des Breitenmodells nach der vorliegenden Erfindung veranschaulicht wird, wobei dies für eine Variation der Gießgeschwindigkeit (Fig. 9, mit $v_1 > v_2$) bzw. für eine Variation der Überhitzung (Fig. 10, mit Überhitzung $H_1 > \text{Überhitzung } H_2$) erfolgt.

[0056] Fig. 11 zeigt ein Flussdiagramm, das die vorstehend erläuterten Aspekte der vorliegenden Erfindung nochmals veranschaulicht. Bei den hierin gezeigten Parametern a, b, c und d, mit denen das mathematisch-physikalische Modell MPM geregelt wird, kann es sich um die Parameter des Garofalo-Ansatzes und dessen Regressionskoeffizienten handeln.

Bezugszeichenliste

[0057]

10	Metallstange
20	Stranggießanlage
21	Ende der Bramme
100	Messeinrichtung
102	Messstelle
104	Messstelle
120	Recheneinrichtung
130	Kokille
132	Austrittsöffnung
134	Schmalseite
136	Stellglied
BM	Breitungsmodell
B	Berechnete Breite
H1	Überhitzung
H2	Überhitzung
TM	thermodynamisches Modell
MPM	mathematisch-physikalisches Modell

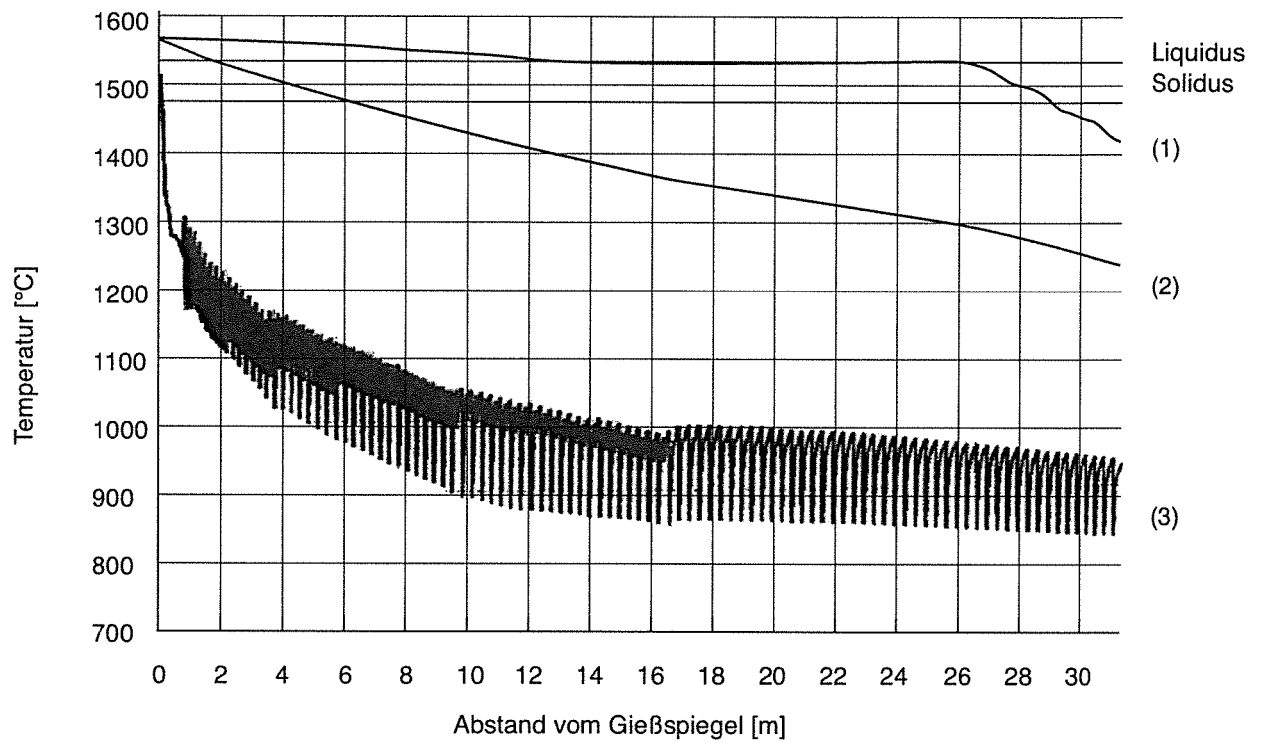
Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen der Breite eines durch eine Kokille (130) stranggegossenen Metallstrangs (10) in einer Stranggießanlage (20), bei dem eine Breitenkorrektur für den Metallstrang (10) berechnet und als Stellgröße zum Verstellen mindestens einer Schmalseite der Kokille (130) ausgegeben wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf Grundlage eines Breitenmodells (BM) durch eine Recheneinrichtung (120) die Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme am Ende (21) der Stranggießanlage (20) in Abhängigkeit von zumindest einem Berechnungsparameter berechnet und mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen wird, wobei zumindest eine Schmalseite (134) der Kokille (130), vorzugsweise beide Schmalseiten (134) der Kokille (130), in Abhängigkeit der für das Ende (21) der Stranggießanlage (20) berechneten Breite (B) des Metallstrangs (10) bzw. der Bramme eingestellt wird/werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einstellung der zumindest einen Schmalseite (134) der Kokille (130) in Abhängigkeit der für das Ende (21) der Stranggießanlage (20) berechneten Breite (B) des Metallstrangs (10) durch die Recheneinrichtung (120) eingestellt, vorzugsweise geregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Breitenmodell (BM) ein thermodynamisches Modell (TM) und ein mathematisch-physikalisches Modell (MPM) umfasst, wobei

mittels des thermodynamischen Modells (TM) Temperaturen und Strangschalendicken des Metallstrangs (10) an jeder Position des Metallstrangs (10) in der Stranggießanlage (20) bestimmt werden, wobei mittels des mathematisch-physikalischen Modells (MPM) ein Kriechen des Metallstrangs (10) bestimmt wird, wobei das thermodynamische Modell (TM) und das mathematisch-physikalische Modell (MPM) miteinander gekoppelt sind, so dass mit den durch diese Modelle bestimmten Werten die Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme am Ende (21) der Stranggießanlage (20) bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem thermodynamischen Modell (TM) thermodynamische Zustandsänderungen des gesamten Metallstrangs (10) in einem mathematischen Simulationsmodell, beinhaltend eine Wärmeleitungsgleichung, berechnet werden, auf Grundlage dessen ein Rückschluss auf die Temperatur des Metallstrangs (10) entlang der Stranggießanlage (20) möglich ist.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mathematisch-physikalische Modell (MPM) einen Kriechansatz, insbesondere einen Ansatz für sekundäres Kriechen, berücksichtigt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Kriechansatz werkstoffspezifische Parameter des Metallstrangs (10) und/oder die Prozesstemperatur des Metallstrangs (10) während des Stranggießens berücksichtigt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mittels des thermodynamischen Modells (TM) bestimmten Werte für die Berechnung durch das mathematisch-physikalische Modell (MPM) berücksichtigt werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Berechnungsparameter, der in dem Breitenmodell (BM) berücksichtigt wird, wenigstens die physikalischen Eigenschaften des Werkstoffs des Metallstrangs (10), die Temperatur des Metalls in der Kokille (130), die Gießgeschwindigkeit des Metallstrangs (10), die Überhitzung und/oder die Geometrie des Metallstrangs (10) umfasst.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Berechnungsparameter während des Stranggießprozesses und somit in Echtzeit ("Online") ermittelt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **da-**

- durch gekennzeichnet, dass** die Breitung des Metallstrangs (10) auf Grundlage des Breitungsmodells (BM) in einzelnen Querschnittssegmenten des Metallstrangs (10) entlang seiner Gießrichtung berechnet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Breitungsmodell (BM) ein Schrumpf des Metallstrangs (10) entlang der Gießrichtung berücksichtigt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme an zumindest einer Messstelle (102; 104) in einem vorbestimmten Abstand zur Austrittsöffnung (132) der Kokille (130) gemessen wird und der entsprechende Messwert dieser Breite (B) an die Recheneinrichtung (120) geleitet wird, um in dem Breitungsmodell (BM) berücksichtigt zu werden.
13. Verfahren nach Anspruch 12 **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die zumindest eine Messstelle (102; 104) innerhalb der Strangführung der Stranggießanlage (20) in deren oberen Teil, vorzugsweise in einer Entfernung von 4 bis 12 Metern von einer Austrittsöffnung (132) der Kokille (130), und/oder am Ende der Stranggießanlage (20) oder außerhalb davon befindet.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur des Metalls innerhalb der Kokille (130) durch die Temperatur zumindest einer Seitenwand der Kokille (130) erfasst wird, vorzugsweise, dass die Temperatur des Metalls innerhalb der Kokille (130) durch die abgeführten Wärmeströme über das Kokillen-kühlwasser an zumindest einer Kokillenseite erfasst wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anstellung und/oder eine Anstellgeschwindigkeit für die zumindest eine Kokillen-Schmalseite (134) auf Grundlage des Breitungsmodells (BM) bestimmt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anstellung und/oder eine Anstellgeschwindigkeit für die zumindest eine Kokillen-Schmalseite (134) in Abhängigkeit einer Überhitzung (H1; H2) des flüssigen Metalls, aus dem der Metallstrang (10) vergossen wird, einer Sekundärkühlung und/oder einem Analysenwechsel bestimmt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießtemperatur aus einer Temperaturmessstelle in der Pfanne oder im Thundish herangezogen oder mit einem Pfannen- oder Thundish-Modell berechnet wird.
18. Vorrichtung (1) zum Einstellen der Breite (B) eines durch eine Kokille (130) stranggegossenen Metallstrangs (10) in einer Stranggießanlage (20), umfassend
- eine Recheneinrichtung (120), in der ein Breitungsmodell (BM) eingerichtet ist und auf Grundlage dessen in Abhängigkeit von zumindest einem Berechnungsparameter die Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme am Ende (21) der Stranggießanlage (20) berechnet und mit einem vorbestimmten Sollwert verglichen wird, wobei die Recheneinrichtung (120) im Anschluss hieran ein Stellsignal erzeugt, und ein mit zumindest einer Schmalseite (134) der Kokille (130) in Wirkverbindung stehendes Stellglied (136), das durch das Stellsignal ansteuerbar ist, um die zumindest eine Schmalseite (134) der Kokille (130) einzustellen.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **gekennzeichnet durch** zumindest eine Messeinrichtung (100), mit der eine Breite (B) des Metallstrangs (10) oder einer daraus gebildeten Bramme an einer in einem vorbestimmten Abstand zur Austrittsöffnung (132) der Kokille (130) angeordneten Messstelle (102; 104) messbar ist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (100) an einer Messstelle (102) innerhalb der Strangführung der Stranggießanlage (20) in deren oberen Teil, vorzugsweise in einer Entfernung von 4 bis 12 Metern von einer Austrittsöffnung (132) der Kokille (130), angeordnet ist.
21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Messeinrichtung (100) an einer Messstelle (104) am Ende der Stranggießanlage (20) oder ausserhalb davon angeordnet ist.



Erläuterung: 1: Kern
2: Durchschnitt
3: Mitte Oberfläche

Fig. 1

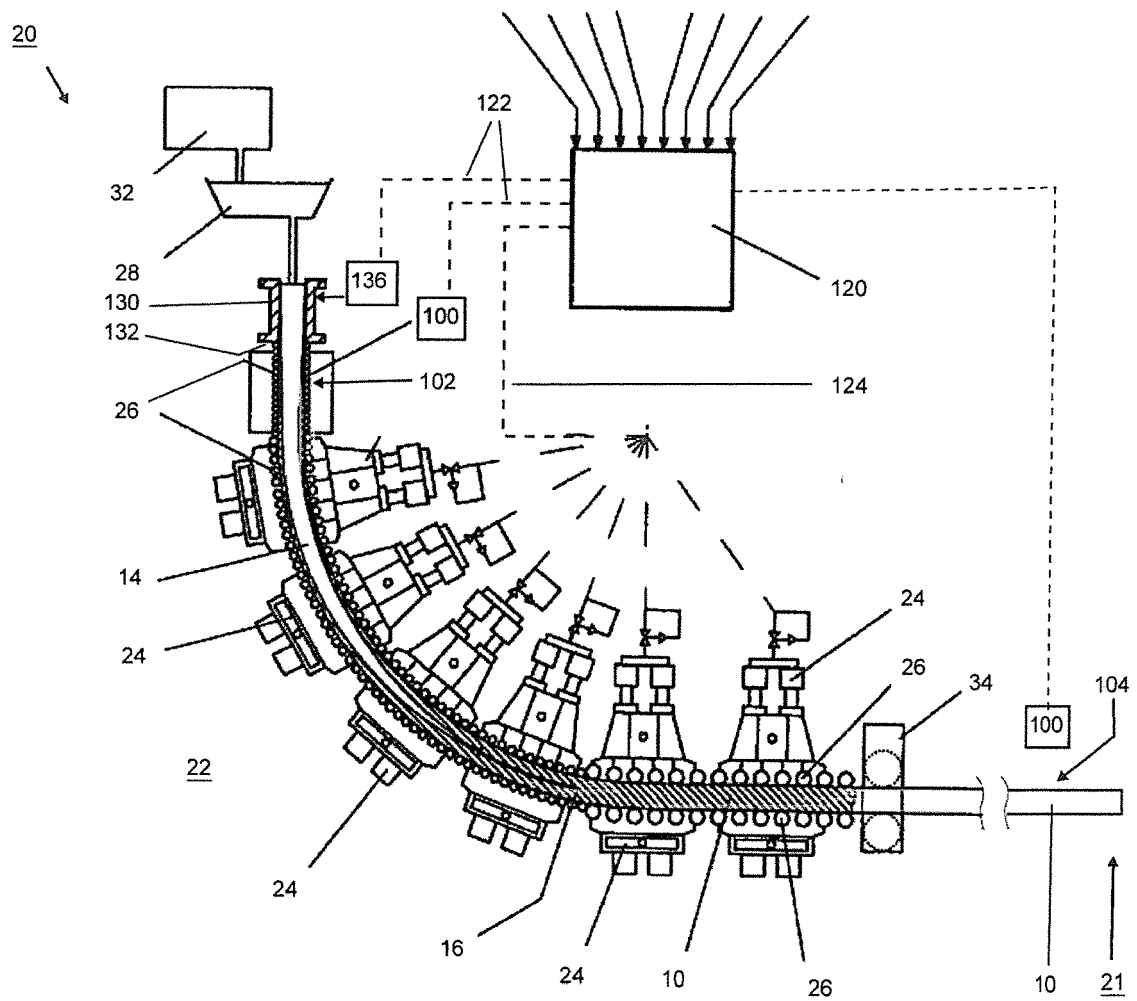


Fig. 2

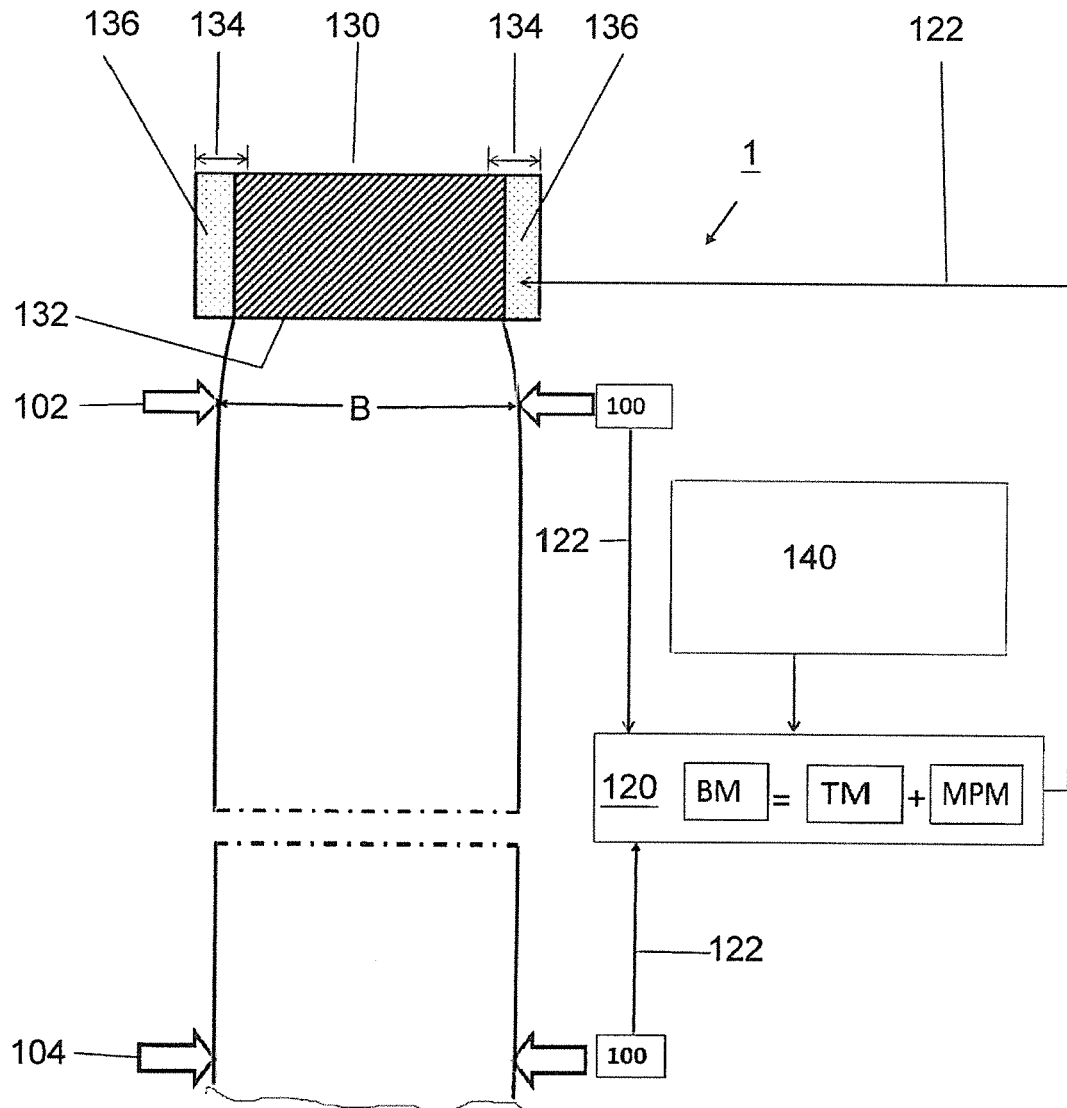


Fig. 3

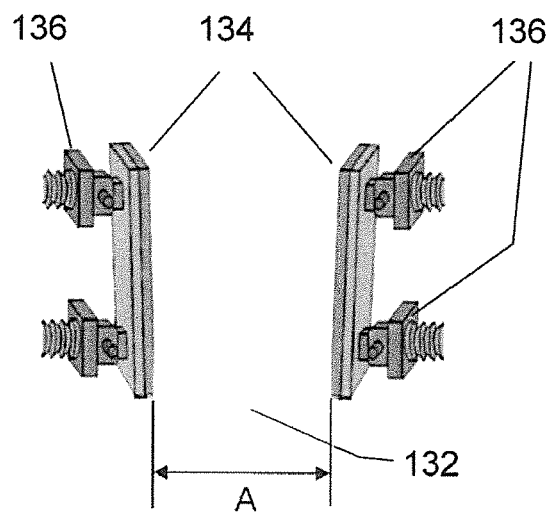


Fig. 4

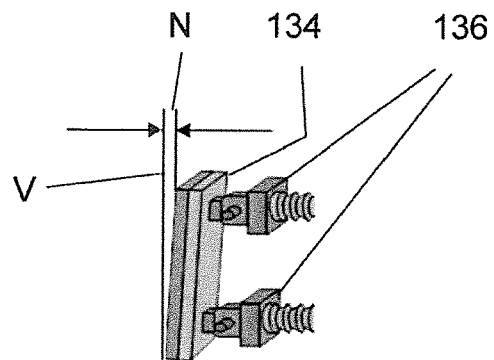


Fig. 5

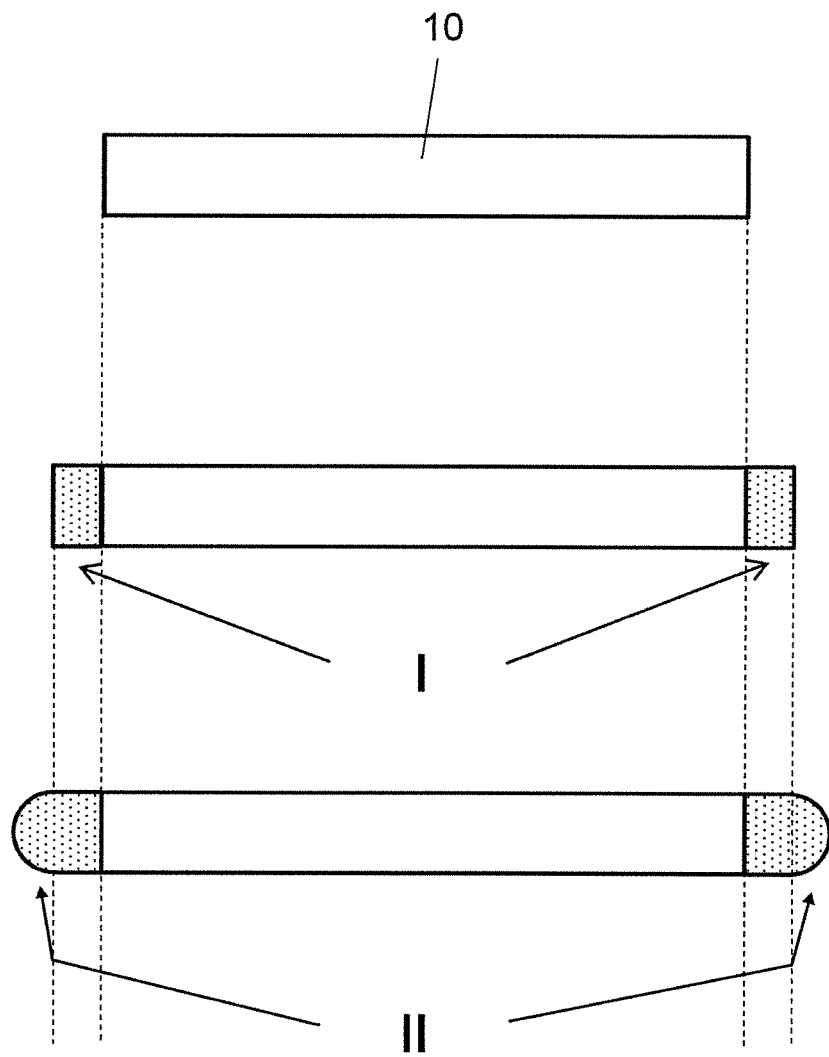


Fig. 6

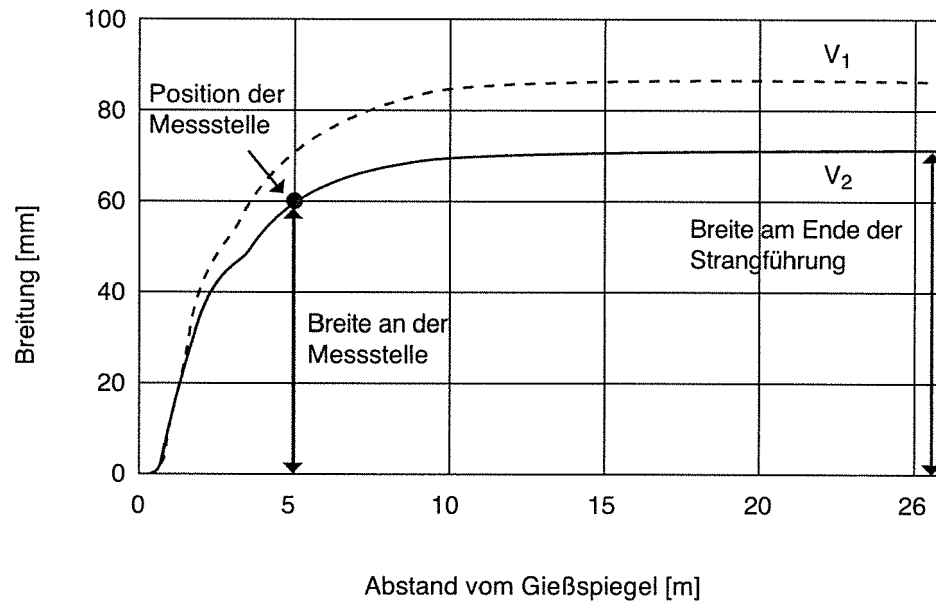


Fig. 7

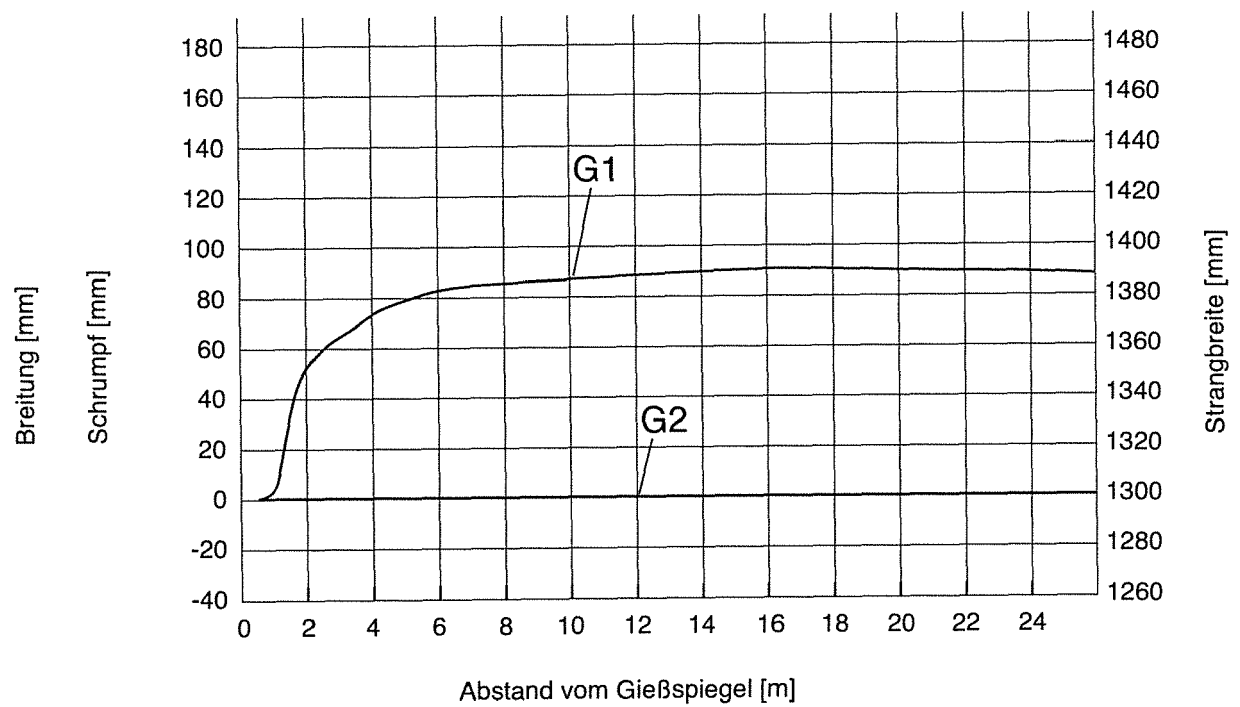


Fig. 8

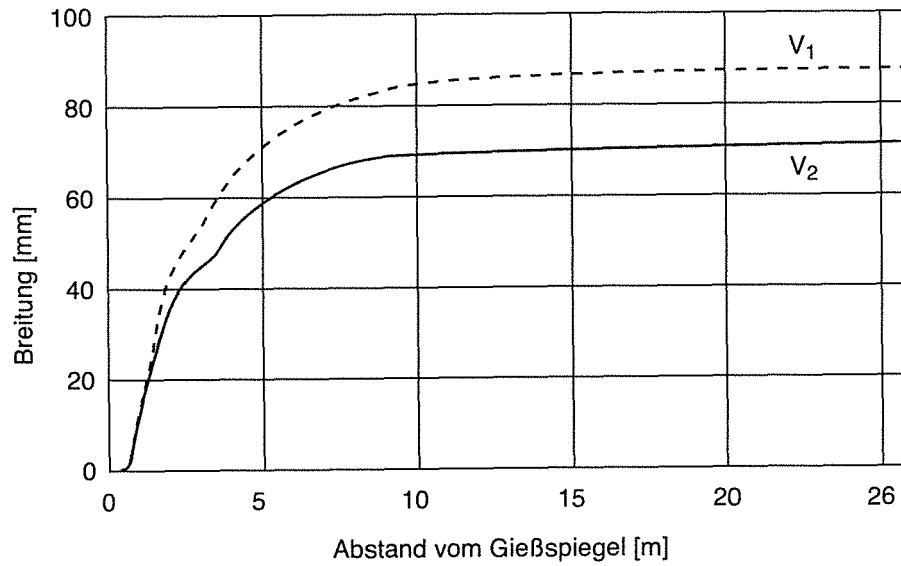


Fig. 9

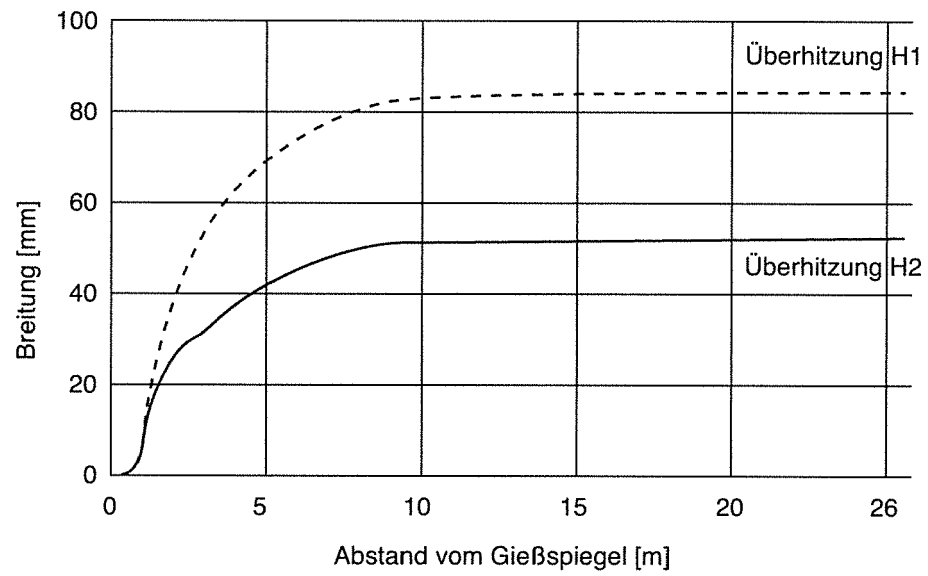


Fig. 10

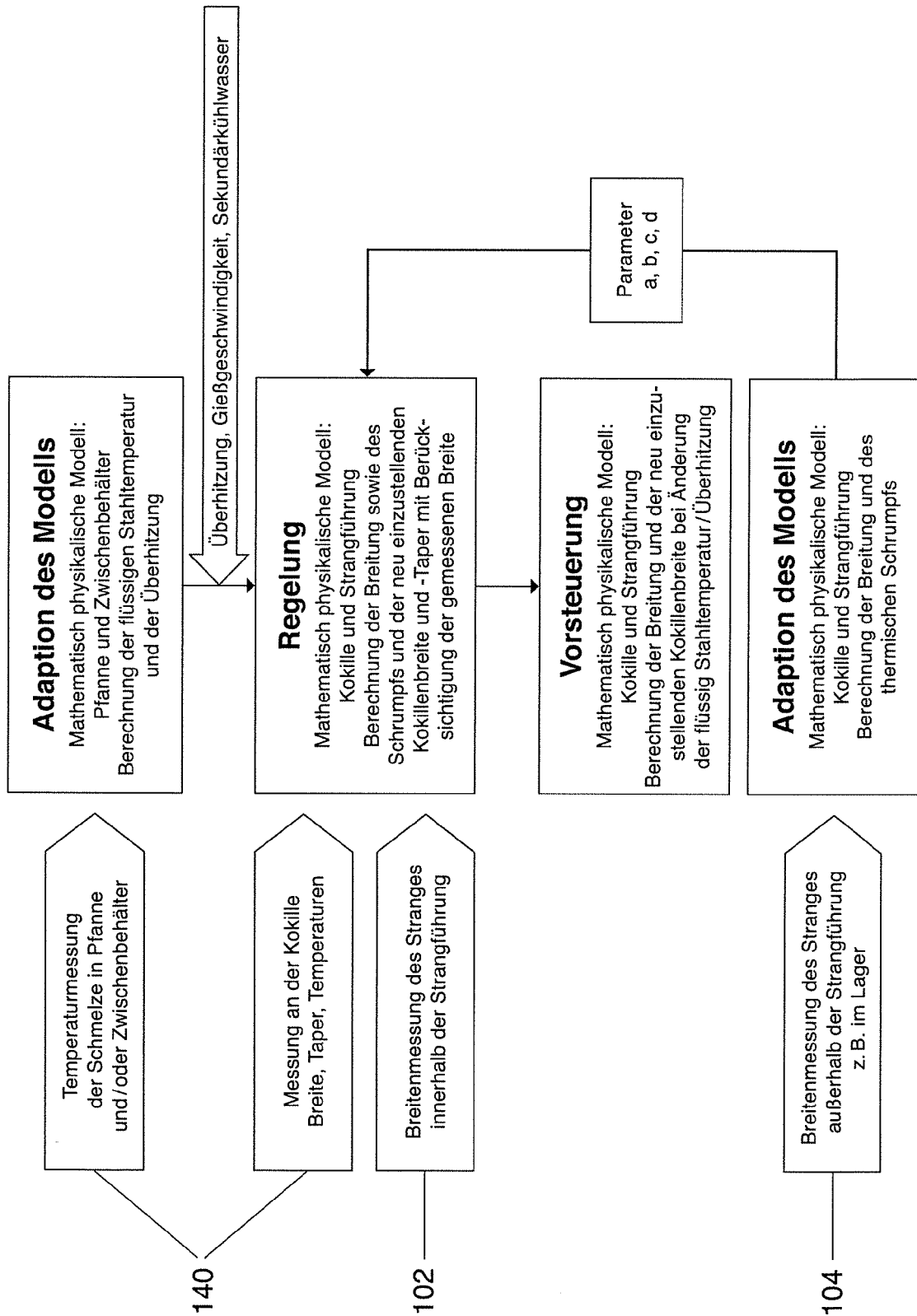


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 20 0278

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 947 265 A2 (SCHLOEMANN SIEMAG AG [DE]) 6. Oktober 1999 (1999-10-06)	1,2,12, 13,18-21	INV. B22D11/16
Y	* Absätze [0028], [0029], [0030], [0035]; Ansprüche 1-7; Abbildungen 1,2 *	3-7,10, 11	

X	US 5 205 345 A (MCCLELLAN JOHN T [US] ET AL) 27. April 1993 (1993-04-27)	1,8,9, 14-18	
	* Spalte 3, Zeile 4 - Spalte 4, Zeile 37; Abbildungen 1,3a *		

Y,D	JIAN-XUN FU AND WENG-SING HWANG: "Numerical Simulation of Slab Broadening in Continuous Casting of Steel", 19. September 2012 (2012-09-19), NUMERICAL SIMULATION: FROM THEORY TO INDUSTRY, INTECH, PAGE(S) 1 - 24, XP002724881, ISBN: 978-953-51-0749-1	3-7,10, 11	
	* Absatz [0007] *		

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B22D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. April 2017	Prüfer Rischard, Marc
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

 1
EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 16 20 0278

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

06-04-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	EP 0947265	A2	06-10-1999	AT	305347 T	15-10-2005
				DE	19814222 A1	07-10-1999
15				DE	59912593 D1	03-11-2005
				EP	0947265 A2	06-10-1999
				ES	2249855 T3	01-04-2006
				JP	H11319901 A	24-11-1999
				US	6112394 A	05-09-2000

20	US 5205345	A	27-04-1993	KEINE		

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP 61232049 B [0004]
- EP 2762251 B1 [0005]
- DE 102011082158 A1 [0037]