(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 519154 A1 2018-04-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 50856/2016
(22) Anmeldetag: 26.09.2016
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2018

(51) Int. Cl.: ***B22D 11/05*** (2006.01)
B22D 11/16 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 373515 B
EP 0914888 A1
JP 5423434 B2
WO 2008119312 A1
EP 1486273 A1
WO 0074878 A1

(71) Patentanmelder:
Primetals Technologies Austria GmbH
4031 Linz (AT)

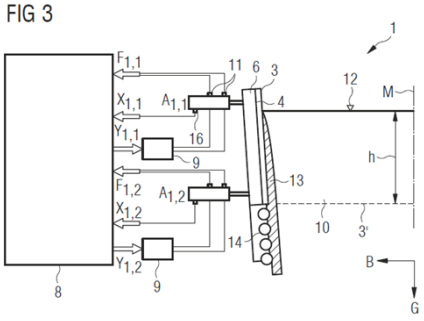
(72) Erfinder:
Ramstorfer Franz Dr.
2225 Zistersdorf (AT)

(74) Vertreter:
Mikota Josef
4031 Linz (AT)

(54) **Regelung der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille basierend auf der Messung der mit Hilfe von Aktoren auf die Schmalseiten aufgebrachten Kräfte. Um eine möglichst optimale Schmalseitenkonizität zu erzielen, bei der durch die Anstellung der Schmalseitenplatten an den gegossenen Metallstrang dessen temperaturbedingte Schrumpfung möglichst genau ausgeglichen und so ein möglichst großflächiger Kontakt zum Metallstrang hergestellt wird, schlägt die Erfindung einen Regelkreis vor, dessen Regelabweichung auf der Messung der an den Aktoren während des Stranggießens auftretenden Kräfte beruht. Mittels geeigneter Parametrierung der Regelgöße, der Regelvorschrift sowie Filtern des Regelkreises kann ein sehr schnelles und zuverlässiges Regelverhalten realisiert werden. Für eine erfindungsgemäße Vorrichtung werden doppeltwirkende Hydraulikzylinder als Aktoren vorgeschlagen.

FIG 3



AT 519154 A1 2018-04-15

Zusammenfassung

Regelung des Schmalseitenkonus einer Stranggusskokille

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille basierend auf der Messung der mit Hilfe von Aktoren auf die Schmalseiten aufgebrachten Kräfte. Um eine möglichst optimale Schmalseitenkonizität zu erzielen, bei der durch die Anstellung der Schmalseitenplatten an den gegossenen Metallstrang dessen temperaturbedingte Schrumpfung möglichst genau ausgeglichen und so ein möglichst großflächiger Kontakt zum Metallstrang hergestellt wird, schlägt die Erfindung einen Regelkreis vor, dessen Regelabweichung auf der Messung der an den Aktoren während des Stranggießens auftretenden Kräfte beruht. Mittels geeigneter Parametrierung der Regelgöße, der Regelvorschrift sowie Filtern des Regelkreises kann ein sehr schnelles und zuverlässiges Regelverhalten realisiert werden. Für eine erfindungsgemäße Vorrichtung werden doppeltwirkende Hydraulikzylinder als Aktoren vorgeschlagen.

FIG 3

Beschreibung

Regelung der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille basierend auf der Messung der auf die Schmalseiten aufgebrachten Kräfte.

Weiterhin betrifft die Erfindung eine Stranggusskokille, deren Schmalseitenplatten mit Hilfe von in unterschiedlichem Abstand zur Eingießseite gelegenen Aktoren entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren angestellt werden.

Stranggusskokillen kommen beim Gießen von Metallbrammen, insbesondere beim Gießen von Stahlbrammen zum Einsatz. Dabei besteht eine Stranggusskokille, bei der das erfindungsgemäße Verfahren angewandt wird, aus vier einzelnen, zueinander verschiebbar angeordneten Metallplatten, den sogenannten Kokillenplatten, die bevorzugt aus einer Kupferlegierung gefertigt sind und im Wesentlichen Quaderform besitzen.

In Bezug auf die Gießrichtung der Stranggusskokille besitzen alle vier Kokillenplatten annähernd die gleiche Erstreckung, die folglich als Kokillenhöhe H bezeichnet wird. Zudem weisen jeweils zwei der Kokillenplatten dieselbe Abmessung in Breitenrichtung auf. Die Kokillenplatten des Paares mit der größeren Abmessung in Breitenrichtung werden auch als Breitseitenplatten bezeichnet, jene mit der kleineren Abmessung in Breitenrichtung als Schmalseitenplatten.

Die vier Kokillenplatten einer Stranggusskokille werden, bezogen auf die Gießrichtung, in gleicher Höhe angeordnet, wobei die beiden Breitseitenplattenplatten und die beiden Schmalseitenplatten jeweils einander gegenüberliegen. Dadurch entsteht eine beidseitig offene Gießform, deren Öffnungen als eingießseitiges bzw. austrittseitiges Ende bezeichnet werden und die – bezogen auf eine zur Gießrichtung normal stehende Schnittebene – einen rechteckigen Querschnitt aufweisen.

Die Anordnung der Kokillenplatten zueinander erfolgt derart, dass jede der beiden Breitseitenplatten während des Gießvorganges mit ihrer Innenfläche die beiden Schmalseitenplatten, und umgekehrt jede Schmalseitenplatte mit zwei einander gegenüberliegenden Außenflächen die beiden Breitseitenplatten kontaktiert. Dabei wird die Distanz zwischen den austrittseitigen Enden der Schmalseitenplatten als Gießbreite bezeichnet, da dieser Abstand die Abmessung des gegossenen Metallstranges beim Austritt aus der Kokille definiert.

Diese Anordnung ermöglicht einerseits, dass die Schmalseitenplatten auch während des Gießvorganges parallel zu den Innenflächen der Breitseitenplatten verschoben werden können. Andererseits kann durch mechanisches Anstellen der Breitseitenplatten an die Schmalseitenplatten eine Klemmkraft auf die Schmalseitenplatten ausgeübt werden.

Der – bezogen auf die Gießrichtung - von den Kokillenplatten umschlossene Raum wird im Weiteren als Innenraum der Kokille bezeichnet, dementsprechend werden die dem Innenraum zugewandten Flächen der Kokillenplatten als deren Innenflächen bezeichnet, analog dazu werden die den Innenflächen der jeweiligen quaderförmigen Kokillenplatten gegenüberliegenden Flächen auch als Außenflächen der Kokillenplatten bezeichnet.

An den Außenflächen der Kokillenplatten sind in der Regel sogenannte Backupplatten befestigt, die einerseits für eine ausreichende mechanische Stabilität der Kokillenplatten sorgen und andererseits eine Kühlvorrichtung enthalten, der die beim Stranggießen freiwerdende Wärme der Metallschmelze von den Kokillenplatten ableitet. Derartige Vorrichtungen, wie z.B. Ausfräsungen an den Außenflächen der Kokillenplatten, die gemeinsam mit den Backupplatten wasserdurchströmte Kühlkanäle ausbilden, sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt.

Die verschiebbare Anordnung der Kokillenplatten zueinander erfolgt durch entsprechende Aktoren, die es ermöglichen, ein-

zelne Kokillenplatten räumlich zu positionieren und dadurch die für die Abmessung der produzierten Metallbramme maßgebliche Querschnittsfläche der Kokille zu variieren. Derartige Aktoren können z.B. motorisch angetriebene Spindeln oder hydraulische Aktoren sein, die ebenfalls aus dem Stand der Technik bekannt sind.

Beim Gießvorgang wird eine Metallschmelze am eingießseitigen Ende in den Innenraum der Kokille eingebracht, wobei die Metallschmelze wegen der Wärmeabgabe an die Kokillenplatten im Kontaktbereich zu den Kokillenplatten zu erstarren beginnt und in diesem Bereich eine sogenannte Strangschale ausbildet, deren Dicke sich während des Durchtretens des entsprechenden Strangabschnitts durch die Kokille kontinuierlich vergrößert. Der solcherart teilerstarrte Metallstrang wird durch entsprechende Auszugsvorrichtungen, wie z.B. angetriebene Treiberrollen in dem der Kokille nachfolgenden Rollgang, am austrittseitigen Ende der Kokille aus dieser ausgezogen, wobei dieser Prozess durch mechanische Oszillationsbewegungen der Kokille selbst unterstützt wird.

Die Oberfläche der flüssigen Metallschmelze im Inneren der Stranggusskokille wird auch als Gießspiegel bezeichnet, dementsprechend ist die sog. Gießspiegelhöhe h als Abstand des Gießspiegels vom austrittseitigen Ende der Kokille definiert.

Weiters wird in die Kokille an ihrem eingießseitigen Ende Gießpulver auf die Metallschmelze aufgebracht, welches an der Oberfläche der noch flüssigen Metallschmelze durch die abgegebene Wärme aufgeschmolzen wird und in weiterer Folge einen Gleitfilm zwischen der sich bildenden Strangschale und den Innenflächen der Kokillenplatten ausbildet, der die mechanische Reibung zwischen der Strangschale und den Innenseiten der Kokillenplatten verringert.

Trotz der Ausbildung einer Strangschale verbleibt der überwiegende Teil des im Kokilleninneren befindlichen Abschnittes des Metallstranges in der flüssigen Phase. Daher wirkt auf die Strangschale ein entsprechender ferrostatischer Druck,

der durch einen entsprechenden Gegendruck der Kokillenplatten ausgeglichen werden muss, da die Strangschale selbst keinen ausreichenden Gegendruck aufbauen kann.

Aus diesem Grund wird während des Gießvorganges insbesondere auf die Schmalseitenplatten mittels deren Aktoren eine entsprechende Andruckkraft aufgebracht, da die Klemmwirkung, die die Breitseitenplatten auf die Schmalseitenplatten ausüben, in der Regel nicht ausreichend ist.

Ein an einer Schmalseitenplatte angeordneter Aktor besitzt einen Angriffspunkt, an dem eine Kraftübertragung an die Schmalseitenplatte erfolgt und wobei durch eine räumliche Verschiebung des Angriffspunktes durch den Aktor die Schmalseitenplatte an dieser Stelle bewegt wird. Dieser Angriffspunkt kann gelenkig ausgestaltet sein, wenn sich beispielsweise die Neigung der Schmalseitenplatte bei der Verschiebung durch den Aktor ändert. Dem Angriffspunkt ist in diesem Sinne eine im Raum verschiebliche Position zugeordnet, die im Weiteren als Aktorposition bezeichnet wird. Weiters umfasst ein Aktor einen Sensor, mit dem der aktuelle Wert der Aktorposition erfasst wird, welcher auch als Istposition des Aktors bezeichnet wird und der an eine Regeleinheit übertragen wird.

Bei einer Positionsregelung des Aktors wird diesem von der Regeleinheit ein bestimmter Positionswert vorgegeben, der im Weiteren auch als Sollposition des Aktors bezeichnet wird. Dabei wird die Istposition des Aktors mit dessen Sollposition verglichen und der Aktor von der Regeleinheit derart angesteuert, dass Istposition und Sollposition übereinstimmen. Diese Ansteuerung geschieht durch Beaufschlagung des Aktors mit einer entsprechenden mechanischen Kraft, die über den Angriffspunkt des Aktors an die Schmalseitenplatte übertragen wird und wodurch als Folge die Position der Schmalseitenplatte an dieser Stelle verändert wird. Die Beaufschlagung des Aktors mit einer mechanischen Kraft wird ebenfalls von der Regeleinheit veranlasst und kann beispielsweise durch Veränderung des Hydraulikdrucks erfolgen, wenn der Aktor in Form eines Hydraulikzylinders ausgestaltet ist.

Während des Gießvorganges werden allen Aktoren der Stranggusskokille individuelle Sollpositionen vorgegeben und dadurch die nach innen wirkende Kräfte der einzelnen Aktoren so geregelt, dass durch das Zusammenwirken aller Aktoren während des Gießvorganges – mit Ausnahme während des Vorganges einer Positionsverstellung der Schmalseitenplatten - die nach außen gerichteten Kräfte der Metallschmelze exakt ausgeglichen werden, da sich andernfalls die Schmalseitenplatten bewegen würden. Es herrscht somit ein Kräftegleichgewicht zwischen den nach außen gerichteten, vom ferrostatischen Druck der Metallschmelze verursachten Kräften und den nach innen gerichteten Kräften der Aktoren.

Da Metalllegierungen bei ihrer Erstarrung und nachfolgenden Abkühlung eine Verkleinerung ihres räumlichen Volumens erfahren, schrumpft der gegossene Metallstrang beim Durchtritt durch die Kokille entsprechend. Es ist zudem bekannt, dass zur Erreichung eines qualitativ möglichst hochwertigen Ergebnisses der gegossene Metallstrang beim Durchtritt durch die Kokille einen möglichst großflächigen mechanischen Kontakt zu den Innenflächen der Kokillenplatten aufweisen soll. Hebt sich jedoch die Strangschale aufgrund thermischer Schrumpfung von der Kokilleninnenfläche ab, so reduziert dies an der betreffenden Stelle den Wärmeabfluss aus dem Metallstrang in nennenswertem Ausmaß, was eine uneinheitliche Qualität der Strangoberfläche zur Folge hat und im Extremfall bis zum Aufreißen der Strangschale führen kann.

Eine Maßnahme, um ein möglichst großflächiges und gleichmäßiges Anliegen des durch die Kokille hindurchtretenden Metallstranges zu erreichen, besteht darin, eine geringfügige Neigung zwischen den jeweils einander gegenüberliegenden Kokillenplatten vorzugeben, sodass sich der Querschnitt der Kokille vom eingießseitigen Ende zum austrittseitigen Ende entsprechend der Schrumpfung des Metallstranges verjüngt.

Die Neigung der gegenüberliegenden Breitseitenplatten wird in der Regel durch eine trapezförmige Form der Schmalseitenplat-

ten erreicht: da die Schmalseitenplatten die beiden Breitseitenplatten entlang ihrer Höhenerstreckung kontaktieren, besteht zwischen den jeweils oberen, eingießseitigen Enden der beiden Breitseitenplatten ein anderer Abstand als zwischen den unteren, austrittseitigen Enden der Breitseitenplatten. Der Quotient aus der Differenz zwischen den oberen Abständen f und den unteren Abständen d zwischen den Breitseitenplatten und der Kokillenhöhe H entsprechend

$$K_b = (f - d) / h$$

wird auch als Breitseitenkonizität bezeichnet.

In ähnlicher Weise wird die Konizität der Schmalseitenplatten – im Weiteren auch als Schmalseitenkonizität K_s bezeichnet – üblicherweise als Differenz des Abstands e der eingießseitigen Enden der Schmalseitenplatten zueinander und des Abstands b der austrittseitigen Enden der Schmalseitenplatten zueinander, welcher identisch zur Gießbreite b ist, gemäß

$$K_s = (e - b) / b$$

definiert. Es sind jedoch auch andere Definitionen der Schmalseitenkonizität möglich, wobei wesentlich ist, dass diese dabei von der Neigung zumindest einer der Schmalseitenplatten in Bezug auf die Gießrichtung abhängen. So ist es denkbar, eine Definition für die Schmalseitenkonizität nur auf eine einzelne Schmalseitenplatte zu beziehen, beispielsweise

$$K_{s,l} = (e_l - b_l) / b_l \qquad \text{mit } l \in \{1, 2\},$$

wobei der Index l die erste bzw. die zweite Schmalseitenplatte und e_l den eingießseitigen und b_l den austrittseitigen Normalabstand der Schmalseitenplatte l zur geometrischen Mittenlinie der Stranggusskokille bezeichnen. Im Fall einer derartigen, nur auf eine Schmalseitenplatte bezogenen Definition der Schmalseitenkonizität werden der Stranggusskokille folglich zwei Werte für die Schmalseitenkonizität zugeordnet.

Da der Breitseitenkonus allein durch die geometrische Form der Schmalseitenplatten vorgegeben ist, kann darauf während des Gießbetriebes kein Einfluss genommen werden. Um daher den Kontakt der Kokilleninnenseite mit der Strangschale während des Gießvorganges zu verbessern, sind aus dem Stand der Technik Lösungen bekannt, die Einfluss auf die Form der Schmalseitenplatten einer Kokille nehmen.

Die Ausbildung der Strangschale beim Durchtritt des Metallstranges durch die Stranggusskokille hängt von unterschiedlichen Faktoren, wie z.B. der Gießgeschwindigkeit, der Zusammensetzung der Metallschmelze selbst, den Eigenschaften des Gießpulvers oder von der Kühlleistung der Kühlvorrichtung der Kokille ab, die den Wärmeübertrag vom gegossenen Metallstrang an die Kokille und damit den mechanischen Kontakt des Metallstranges mit der Kokille ebenfalls beeinflussen.

Aus der JP 2010 253548 A ist eine Konstruktion für Stranggusskokillen bekannt, die vorschlägt, die Schmalseitenplatten während des Gießens in Abhängigkeit von der Gießgeschwindigkeit, des Kohlenstoffgehalts der Metallschmelze oder des aus dem Metallstrang an die Kokille übertretenden Wärmestroms mechanisch zu verbiegen, wobei der Wärmestrom aus Temperaturwerten des Kühlwassers der Kühlvorrichtung der Kokille errechnet wird. Ziel dieser Erfindung ist es, durch das gezielte Verbiegen der Schmalseitenplatten sowohl den Erstarrungsverlauf der Strangschale als auch die Reibungskräfte, die an den Innenflächen der Kokillenplatten auftreten, auch bei sich ändernden Gießbedingungen möglichst konstant zu halten und so die Bildung von Längsrissen im gegossenen Metallstrang zu vermeiden. Dabei wird zur Aufbringung der erforderlichen Biegekräfte ein komplexer Biegemechanismus entsprechend Fig. 15 und Fig. 18 verwendet.

Die JP H03 210953 A schlägt eine Stranggusskokille vor, deren Schmalseitenplatten jeweils eine in horizontaler Richtung senkrecht zur Gießrichtung verlaufende Nut 15 aufweisen, weswegen sich an dieser Stelle unter Krafteinwirkung ein Knick

entsprechend Fig.1 ausbildet. Die Regelung dieser Krafteinwirkung erfolgt dabei in Abhängigkeit von mittels eines Thermoelementes gemessenen Temperaturwerten in der Nähe des austrittseitigen Endes der Schmalseitenplatten. Die Nuten der Schmalseitenplatten stellen dabei eine mechanische Schwachstelle dar.

Die JP H02 247059 A schlägt vor, die Schmalseitenplatten mitsamt den daran montierten Backupplatten in Abhängigkeit des gemessenen Wärmestromes bzw. der Gießgeschwindigkeit zu verbiegen. Die dafür benötigten Biegekräfte sind sehr hoch, die Innenflächen der Schmalseitenplatten nehmen dabei einen entlang der Gießrichtung gekrümmten Verlauf an.

Nachteilig bei allen vorgenannten Veröffentlichungen ist, dass zur Verbiegung der Schmalseitenplatten hohe mechanische Kräfte bzw. entsprechend komplexe Gewerke nötig sind.

Zudem wird bei den genannten Veröffentlichungen ein hypothetischer Erstarrungsverlauf der Strangschale angenommen, für den eine physikalische Modellbildung nötig ist, die wiederum von diversen Einflussfaktoren abhängt und daher mit dementsprechenden Unsicherheiten behaftet ist, da keine direkte Messung der tatsächlichen Kontaktfläche zwischen Strangschale und den Innenflächen der Kokillenplatte stattfindet.

Ein weiterer Nachteil der obengenannten Veröffentlichungen besteht darin, dass eine Regelung, die auf einem gemessenen Temperaturwert bzw. einem gemessenen Wärmestrom beruht, eine entsprechend inhärente Trägheit besitzt und daher nicht schnell genug auf sich rasch ändernde Produktionsbedingungen reagieren kann.

Um nachteilige mechanische Belastungen der Schmalseitenplatten zu umgehen, schlägt die gegenständliche Erfindung daher vor, anstatt einer Verbiegung der Schmalseitenplatten diese während des Gießbetriebes in ihrer räumlichen Lage zu verändern, indem sie entlang der Innenseiten der Breitseitenplatten geführt werden. Dies geschieht dadurch, dass die Klemm-

kraft, die die Breitseitenplatten auf die Schmalseitenplatten ausüben, reduziert wird, dann die Schmalseitenplatten mithilfe entsprechender positionsgeregelter Aktoren entsprechend verstellt und schließlich der Anpressdruck der Breitseitenplatten auf den ursprünglichen Wert wieder eingestellt wird. Ein solcher Verstellvorgang erfolgt kontrolliert und derart, dass es trotz der nach außen wirkenden Kräfte der flüssigen Metallschmelze zu keinem plötzlichen Aufreißen der Strangschale kommt.

Insbesondere kann so die der Schmalseitenkonizität an die von der Ausbildung der Strangschale herrührende Schrumpfung des Metallstranges angepasst werden, sodass die Kontaktfläche der Schmalseitenplatten mit der Strangschale möglichst groß ist. Dabei werden keine Kräfte für die Verbiegung der Schmalseitenplatten selbst aufgebracht und die Reibungskräfte zwischen der Strangschale und den Innenflächen der Kokillenplatten werden nicht unnötig erhöht.

Bei einer in diesem Sinne optimalen Schmalseitenkonizität entspricht die Anstellung der Schmalseiten der Kokille genau der Schrumpfung des Strangs, die durch das Anwachsen der Strangschale hervorgerufen wird. Typische Werte der Schmalseitenkonizität liegen zwischen 0.9% und 1.3% der Gießbreite entsprechend der obengenannten Definition.

Eine zu starke Konizität der Schmalseitenplatten, die eine Quetschung des Stranges durch die Kokille verursacht, bewirkt neben einer verstärkten Abnutzung der Kokillenoberfläche eine Erhöhung der Reibung zwischen Kokille und Strang. Unter Umständen kann beim Durchtreten des Metallstranges durch die Stranggusskokille im Kantenbereich, wo die Schmalseitenplatten und die Breitseitenplatten aufeinandertreffen, auch ein Ausbeulen der Strangschale nach innen erfolgen, was wiederum zu Längsfehlern im Metallstrang führt.

Durch eine zu geringe Schmalseitenkonizität andererseits entsteht eine Lücke zwischen der Strangschale und den Schmalseitenplatten der Kokille, was zu einem reduzierten Strangscha-

lenwachstum aufgrund einer zu geringen Wärmeabfuhr über die Kokillenwände führen kann. Ein dadurch hervorgerufenes Ausbeulen des Strangs in der Kokille kann neben einer erhöhten Durchbruchswahrscheinlichkeit ebenfalls zu Qualitätsproblemen im Kantenbereich des Metallstranges führen.

Die optimale Schmalseitenkonizität hängt von diversen Produktionsparametern, wie z.B. der Schrumpfungscharakteristik der gegossenen Metallschmelze oder auch von der tatsächlichen Wärmeabfuhr, die unter anderem durch die Eigenschaften des Gießpulvers und die Gießgeschwindigkeit bestimmt wird, ab. Es ist daher sinnvoll, die Schmalseitenkonizität an die vorherrschend Gießbedingungen während des Gießens dynamisch anzupassen.

Das Einstellen der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille während des Gießbetriebes in Abhängigkeit von einem Produktionsparameter ist aus dem Stand der Technik bekannt. Um eine rasche Schmalseitenverstellung zu gewährleisten, kann die Klemmung der Breitseitenplatten beispielsweise permanent durch eine voreingestellte Federklemmung erfolgen, deren Klemmwirkung von einer entsprechenden Entklemmvorrichtung nur kurzzeitig während der Verstellung der Schmalseitenkonizität geöffnet wird, indem Aktoren der Entklemmvorrichtung die Klemmkraft der Federklemmung aufheben.

So beschreibt die DE 10 2014 227 013 A1 die Verstellung der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille in Abhängigkeit von einer Temperaturverteilung in den Kokillenplatten und dem daraus abgeleiteten mechanischen Kontakt der Strangschale an die Innenflächen der Kokillenplatten. Die Temperaturverteilung wird dabei bevorzugt mit Hilfe von Lichtwellenleitersensoren ermittelt, wobei auf den mechanischen Kontakt bzw. auf die Ausbildung von Luftspalten aus dem Verhältnis von Messwerten zwischen mittig angeordneter und randnaher Temperatursensoren rückgeschlossen wird.

Zum einen ist die in der DE 10 2014 227 013 A1 beschriebene temperaturbasierte Regelung des Schmalseitenkonus relativ

langsam – so kann beispielsweise das Abheben der Strangschale nur mit entsprechender zeitlicher Verzögerung detektiert werden. Andererseits basiert dieses Regelverfahren lediglich auf dem vom gegossenen Metallstrang an die Kokillenplatten übertretenden Wärmestrom und den damit einhergehenden Temperaturänderungen, ohne jedoch Reibungskräfte zu berücksichtigen und stellt somit nur ein indirektes Verfahren zur Ermittlung der geeigneten Konizität dar, das mit entsprechenden Ungenauigkeiten behaftet ist.

Die JP S56 119646 A beschreibt eine Stranggusskokille, deren Platten während des Gießens druckgeregelt verfahren werden. Dabei sind die Schmalseitenplatten jeweils an ihrem eingießseitigen Ende beweglich mit einer Basisplatte verbunden, welche in horizontaler Richtung bewegt und fixiert werden kann. Nahe dem gießaustrittseitigen Ende der Schmalseitenplatten liegt der Angriffspunkt eines druckgeregelten Aktors, z.B. eines Hydraulikzylinders, der die Schmalseitenplatten gegen den gegossenen Metallstrang drückt, wobei ein geringer Spaltabstand von 0.1 – 0.2mm in Gießrichtung zwischen den Schmalseitenplatten und den Breitseitenplatten besteht, um deren Relativbewegung zu ermöglichen.

Zwar erlaubt diese Erfindung wegen der druckgeregelten Ansteuerung der unteren Aktoren ein schnelles Reagieren auf wechselnde Produktionsbedingungen in Bezug auf den Kontakt der Schmalseitenplatten mit dem Metallstrang, jedoch erfolgt mit den Bewegungen der Aktoren gleichzeitig ein Verstellen des Schmalseitenkonus selbst, sodass das Anliegeverhalten der Schmalseitenplatten einerseits und der optimale Wert des Schmalseitenkonus andererseits nicht unabhängig voneinander eingestellt werden können. Außerdem kann keine gleichmäßige Gießbreite aufrechterhalten werden, da bei einem Regelvorgang eine Verkippung der Schmalseitenplatten an ihrem unterem Ende erfolgt und zudem auch nicht gewährleistet werden kann, dass der Schmalseitenkonus auf beiden Seiten identisch ist, was zu einem uneinheitlichen Wachstum der Strangschale führen kann.

Weiterhin ist es üblich, aus bekannten Produktionsparametern

wie z.B. der Zusammensetzung der Metallschmelze, der Gießbreite, der aktuellen Gießgeschwindigkeit oder eines aus gemessenen Temperaturwerten errechneten Wärmestromes, einen Wert für die Schmalseitenkonizität zu errechnen und diesen Wert manuell mittels des Automatisierungssystems der betreffenden Stranggießanlage vorzugeben. Diese Vorgehensweise beruht entweder auf Erfahrungswerten oder einer Modellannahme bezüglich des Strangschalenwachstums und ist daher mit entsprechend vielen Unsicherheiten behaftet, zudem ist eine genaue Reproduzierbarkeit wegen des manuellen Eingriffes nicht gegeben.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Nachteile der vorgenannten Methoden zu überwinden und ein Verfahren zum Regeln der Schmalseitenkonizität einer Stranggusskokille zu offenbaren, das in Abhängigkeit von den aktuellen Prozessbedingungen eine möglichst schnelle und reproduzierbare Einstellung des optimalen Wertes der Schmalseitenkonizität im Sinne einer möglichst großen Kontaktfläche zwischen Strangschale und Kokilleninnenseite ohne unnötige Erhöhung der Reibungskräfte erlaubt.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Im Folgenden wird von einer Stranggusskokille ausgegangen, deren Schmalseitenplatten über jeweils zumindest zwei mechanische Aktoren entlang der Innenseiten der Breitseitenplatten verschoben werden können und wodurch eine nach innen gerichtete Kraft auf die Strangschale des gegossenen Metallstranges ausgeübt wird, um dem nach außen wirkenden ferrostatischen Druck der noch nicht durcherstarrten Metallschmelze entgegenzuwirken, da die Klemmwirkung der Schmalseitenplatten durch die Breitseitenplatten und die intrinsische Kohäsionskraft der Strangschale selbst nicht ausreichen, um ein Aufreißen des Stranges zu verhindern. Diese von den Schmalseitenplatten auf die Strangschale übertragenen Kräfte werden im Weiteren als Schmalseitenkräfte bezeichnet.

Es wird angenommen, dass die Gießrichtung der Stranggusskokille 1 im Wesentlichen in Richtung der Erdbeschleunigung orientiert ist; daher steigt der ferrostatische Druck der in die Kokille 1 eingebrachten Metallschmelze in Gießrichtung entsprechend dem Verhalten einer Flüssigkeit linear mit dem Abstand zur Oberfläche der Metallschmelze an, die sich in Gießrichtung in einem Abstand entsprechend der Gießspiegelhöhe über den austrittseitigen Enden der Kokillenplatten befindet.

Der Druckanstieg innerhalb der flüssigen Metallschmelze setzt sich naturgemäß auch unterhalb des austrittseitigen Endes der Stranggusskokille fort. Eine Abweichung vom linearen Anstiegsverhalten aufgrund der Temperaturabhängigkeit der Dichte der Metallschmelze kann in dieser Betrachtung in guter Näherung vernachlässigt werden, da die Temperatur der in die Kokille eingebrachten Schmelze nur knapp über der Erstarrungstemperatur liegt.

Der ferrostatische Druck der Metallschmelze bewirkt nach außen gerichtete Kräfte, die durch entsprechend nach innen gerichtete Gegenkräfte kompensiert werden müssen, um ein Aufreißen der Strangschale zu verhindern.

Beim Durchtreten der Metallschmelze durch die Stranggusskokille kommt es aufgrund der Kühlwirkung zur Ausbildung einer Strangschale entlang der Innenflächen der Kokillenplatten. Die Strangschale besitzt eine Eigenfestigkeit, die lokal von ihrer Dicke abhängt und die den nach außen wirkenden ferrostatischen Druck der Metallschmelze teilweise kompensiert. Der darüberhinausgehende Teil des ferrostatischen Drucks muss im Inneren der Stranggusskokille durch entsprechenden Gegendruck der Kokillenplatten kompensiert werden, um ein Aufreißen der Strangschale zu vermeiden.

Während sich durch die fest eingestellte Klemmung der Breitseitenplatten der entsprechende Gegendruck automatisch einstellt, muss der Gegendruck entlang der Schmalseitenplatten

aktiv geregelt werden, da es zu keiner vollständigen Klemmwirkung der Schmalseitenplatten durch die Breitseitenplatten kommt. Die räumliche Position und Orientierung der Schmalseitenplatten erfolgt daher durch eine aktive Positionsregelung der die Schmalseitenplatten bewegenden mechanischen Aktoren.

Nach dem Austreten des Metallstranges aus der Stranggusskokille ist die Strangschale bereits soweit angewachsen, dass der die Eigenfestigkeit der Strangschale überschreitende ferrostatische Druck problemlos durch räumlich fest eingestellte bzw. positionsgeregelte Strangführungsrollen ausgeglichen werden kann, wobei die Strangführungsrollen die Oberfläche des ausgezogenen Metallstranges direkt abstützen.

Versuche zeigen, dass die Schmalseitenkräfte mit kleiner werdender Gießgeschwindigkeit (kleiner als 0.6 Meter pro Minute) bedingt durch die Ausbildung der Strangschale und der damit einhergehenden Strangschrumpfung stets abnehmen, bis der Metallstrang bei sehr kleinen Gießgeschwindigkeiten (0 bis 0.2 Meter pro Minute) den Kontakt mit den Kokillenschmalseiten fast vollständig verliert und die Schmalseitenkräfte gegen Null tendieren.

Weiters zeigen Versuche, dass eine Verstellung der Schmalseitenkonizität einen direkten Einfluss auf die benötigten Schmalseitenkräfte bewirkt.

Es liegt somit ein empirischer Zusammenhang zwischen den Schmalseitenkräften und der Gießgeschwindigkeit vor. Weiters besteht ein Zusammenhang zwischen den Schmalseitenkräften und der Schmalseitenkonizität.

Die vorliegende Erfindung zur Einstellung eines möglichst optimalen Wertes der Schmalseitenkonizität, bei der die Anstellung der Schmalseitenplatten gegen die sich ausbildende Strangschale genau die Schrumpfung des Metallstranges ausgleicht, basiert auf der Ausnutzung dieses Zusammenhanges und schlägt ein

Verfahren zur Einstellung einer Schmalseitenkonizität K_s einer Stranggusskokille für die Produktion eines Metallstranges mit Hilfe zumindest eines Regelkreises vor, wobei die Stranggusskokille eine erste und eine zweite Schmalseitenplatte umfasst, an denen jeweils zumindest zwei positionsgeregelte Aktoren zum Positionieren der jeweiligen Schmalseitenplatte in unterschiedlichem Abstand zum eingießseitigen Ende der Stranggusskokille angeordnet sind und wobei in Wirkrichtung jedes Aktors während des Betriebs der Stranggusskokille entsprechende Kräfte auftreten,

dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Regelkreis

- einen Referenzdruck P_{ref} als Führungsgröße,
- eine mittlere Flächenpressung P_{med} zwischen den Schmalseitenplatten und dem Metallstrang als Regelgröße, die aus den in Wirkrichtung der Aktoren auftretenden Kräften bestimmt wird, und
- einen Regler, der in Abhängigkeit von einer Regelabweichung $P_{dif} = P_{ref} - P_{med}$ als Eingangsgröße die Schmalseitenkonizität K_s als Stellgröße des Regelkreises ermittelt,

verwendet und mittels der Aktoren die Positionen zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte entsprechend der Schmalseitenkonizität K_s einstellt.

Erfindungsgemäß kann jede der beiden Schmalseitenplatten der Stranggusskokille von einem eigenen, unabhängigen Regelkreis positioniert werden, der nur die Aktoren der jeweiligen Schmalseitenplatte ansteuert. In diesem Fall hängt die Stellgröße des betreffenden Regelkreises von der Neigung der jeweiligen Schmalseitenplatte in Bezug auf die Gießrichtung ab und das erfindungsgemäße Verfahren umfasst somit zwei unabhängige Werte für die Schmalseitenkonizität – jeweils einen Wert für die erste und einen Wert für die zweite Schmalseitenplatte - der Stranggusskokille.

Alternativ kann jedoch auch ein gemeinsamer Regelkreis für beide Schmalseitenplatten verwendet werden, der dementspre-

chend die Aktoren beider Schmalseitenplatten ansteuert. In diesem Fall umfasst das erfindungsgemäße Verfahren einen gemeinsamen Wert für die Schmalseitenkonizität der Stranggusskokille, dessen Definition von den Neigungen beider Schmalseitenplatten in Bezug auf die Gießrichtung gleichermaßen abhängt.

Weiters kann der Regler des Regelkreises auch Filterungen enthalten, die entweder das Eingangssignal für eine im Regelkreis enthaltene Regelvorschrift aufbereiten oder das von der Regelvorschrift ermittelte Signal weiterverarbeiten, bevor es der Regelstrecke zugeleitet wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht ein schnelles Reagieren auf wechselnde Prozessbedingungen, da die Erfassung der Schmalseitenkräfte, die von den Prozessbedingungen beeinflusst werden, im Gegensatz zu Verfahren, die auf Temperatur- oder Wärmestrommessungen beruhen, praktisch in Echtzeit erfolgt.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert zudem auf einem empirischen Zusammenhang zwischen den Schmalseitenkräften einerseits und den momentanen Gießparametern, wie z.B. der Gießgeschwindigkeit, dem Verhalten des Gießpulvers oder der Zusammensetzung der Metallschmelze andererseits, wobei dieser empirische Zusammenhang durch das Verhalten des Reglers modelliert wird. Daher erfordert das erfindungsgemäße Verfahren keine physikalische Modellierung der Auswirkungen der diversen Einflussgrößen, sondern beruht vielmehr auf der Messung der unmittelbaren Rückwirkung der Gießparameter in Form der Schmalseitenkräfte, sodass die Auswirkungen aller relevanter Gießparameter gleichermaßen und gleich schnell berücksichtigt werden.

So kann eine Abhebung der Strangschale von den Innenseiten der Schmalseitenplatten, hervorgerufen beispielsweise durch übermäßige Kühlung und damit einhergehender Strangschrumpfung, sofort detektiert werden, weil sich die für eine be-

stimmte Regelposition aufzubringenden Schmalseitenkräfte entsprechend verringern. Gleichermaßen kann eine Erhöhung der Schmalseitenkräfte, die eine Quetschung des Stranges bewirken würde und beispielsweise durch eine zu geringe Kühlleistung des Metallstranges hervorgerufen wird, unmittelbar ausgeglichen werden. Auf diese Weise wird eine optimale Kraftverteilung der Aktoren und dementsprechend eine möglichst große Kontaktfläche zwischen der Strangschale und den Innenflächen der Schmalseitenplatten erreicht, ohne dass dabei die Reibungskräfte zwischen der Strangschale und den Innenflächen der Stranggusskokille unnötig erhöht werden.

Weiters gewährleistet das erfindungsgemäße Verfahren eine gute Reproduzierbarkeit, da die Anpassung der Schmalseitenkonizität an die augenblicklichen Produktionsbedingungen keine Bedienereingriffe benötigt sondern nur von den voreingestellten Parametern des Reglers bzw. von im Regler allenfalls durchgeführten Filterungen abhängt.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der Referenzdruck P_{ref} eine Funktion der Dichte der flüssigen Metallschmelze ρ_{liq}, einer Gießspiegelhöhe h und eines dimensionslosen Korrekturfaktors S.

Unter der Dichte ρ_{liq} der Metallschmelze ist die Materialdichte der flüssigen Schmelze zu verstehen, deren physikalische Einheit beispielsweise in kg/m^3 angegeben wird. Der Referenzdruck P_{ref} hängt von der Dichte der Metallschmelze ρ_{liq} und von der Gießspiegelhöhe h ab, die als Abstand des Gießspiegels zum austrittseitigen Ende der Kokille definiert ist und enthält zudem einen weiteren dimensionslosen Korrekturfaktor S, der vorgegeben werden kann.

Der Referenzdruck P_{ref} ist ein Parameter des Regelverfahrens und kann bei Bedarf auch während des Gießverfahrens, beispielsweise durch einen Bediener oder durch ein weiteres Leitsystem, neu eingestellt werden, um die Charakteristik des Regelkreises zu ändern. Dadurch ist es möglich, eine Änderung der Gießspiegelhöhe h während des Gießverfahrens zu berück-

sichtigen oder flexibel auf Änderungen der Gießparameter, wie z.B. einen Wechsel bei der Zusammensetzung der Metallschmelze, des Gießpulvers oder bei der Wärmeabfuhr der Kokille, zu reagieren.

Eine Adaption des Referenzdrucks kann beispielsweise auf Erfahrungswerten anhand der erfassten Gießparameter basieren, wodurch eine einmal unter bestimmten Gießbedingungen ermittelte, vorteilhafte Fahrweise der Stranggusskokille reproduziert werden kann.

Der Referenzdruck P_{ref} kann beispielsweise durch den Ausdruck

$$P_{ref} = S \cdot P_{fer} / 2 = S \cdot \rho_{liq} \cdot g \cdot h / 2$$

bestimmt werden, wobei g der Wert der Erdbeschleunigung und P_{fer} den ferrostatischen Druck der Metallschmelze im Inneren des gegossenen Metallstranges am austrittseitigen Ende der Stranggusskokille bezeichnen. Da aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten der ferrostatische Druck P_{fer} linear in Gießrichtung ansteigt, entspricht der über die Gießspiegelhöhe h gemittelte ferrostatische Druck, der als mittlere Flächenpressung P_{med} bezeichnet wird, dem halben Wert des lokalen ferrostatischen Drucks P_{fer} am Fuß der Flüssigkeitssäule der Höhe h am austrittseitigen Ende der Kokille. Eine temperaturbedingte Änderung der Dichte ρ_{liq} kann hierbei unberücksichtigt bleiben, wenn die Eingießtemperatur der Metallschmelze nur wenige Grad über ihrer Erstarrungstemperatur liegt.

Der Korrekturfaktor S besitzt bevorzugt einen Wertebereich von 0.7 – 3 und berücksichtigt die Eigentragfähigkeit der sich bildenden Strangschale, die die Wirkung des nach außen gerichteten ferrostatischen Drucks P_{fer} der Metallschmelze abschwächt, weiters die Wirkung der Reibungskräfte zwischen den Schmalseitenplatten und den Breitseitenplatten, die den von den Aktoren der Schmalseitenplatten aufgebrachten Kräften entgegenwirken und diese entsprechend verringern sowie die Reibung zwischen der Strangschale und den Schmalseitenplatten, die aufgrund der Schmalseitenkonizität eine nach außen

gerichtete Kraftkomponente in Breitenrichtung der Strang-gusskokille aufweist und vom Wert der Schmalseitenkonizität abhängt. Zudem kann der Korrekturfaktor S von der gewählten Gießgeschwindigkeit v abhängen, weil insbesondere die Reibung zwischen der Strangschale und den Schmalseitenplatten eine Gleitreibung darstellt und daher die dabei auftretenden Reibungskräfte von der Relativgeschwindigkeit zwischen den beteiligten Flächen abhängt.

Bei Werten von $S < 1$ überwiegt die Eigentragfähigkeit der Strangschale die Reibungskräfte zwischen den Schmalseiten- und den Breitseitenplatten bzw. zwischen den Schmalseitenplatten und der Strangschale und kommt beispielsweise bei einem Betriebsmodus zur Anwendung, bei den die Breitseitenplatten nur mit sehr geringer Klemmwirkung gegen die Schmalseitenplatten angestellt werden, was auch als Soft-Clamping bezeichnet wird.

Demgegenüber bedeuten Werte von $S > 1$, dass die Reibungskräfte zwischen den Schmalseiten- und den Breitseitenplatten bzw. zwischen den Schmalseitenplatten und der Strangschale überwiegen und von den Aktoren der Schmalseitenplatten entsprechend kompensiert werden müssen.

Die Abhängigkeit des Korrekturfaktors S von der Gießgeschwindigkeit v kann beispielsweise durch ein Tabellenmodell beschrieben werden, das auf Erfahrungswerten beruht. Auch kann S von weiteren Faktoren, wie z.B. der Zusammensetzung der Metallschmelze oder des Gießpulvers abhängen, welche ebenfalls in einem empirisch erfassten Tabellenmodell abgebildet werden können.

Die obengenannte Definition des Referenzdrucks P_{ref} bietet den Vorteil, dass sie eine einfach zu handhabende empirische Modellierung der Führungsgröße des erfindungsgemäßen Regelkreises darstellt, die neben dem Korrekturfaktor S nur von ohnehin bekannten Prozessparametern abhängt und die daher mittels des Korrekturfaktor S beispielsweise in Bezug auf neue Zusammensetzungen der Metallschmelze oder des Gießpulvers in ein-

facher Weise erweitert werden kann und keiner aufwändigen physikalischen Simulationen bedarf.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist die mittlere Flächenpressung P_{med} durch den Ausdruck

$$P_{med} = [\sum_{i=1}^{N1}(F_{1,i}) + \sum_{j=1}^{N2}(F_{2,j})]/(2 \cdot h \cdot d)$$

bestimmt, wobei

$F_{1,i}$	die von einem Messglied des Regelkreises erfasste, am Aktor i der ersten Schmalseitenplatte auftretende Kraft,
$F_{2,j}$	die von einem Messglied des Regelkreises erfasste, am Aktor j der zweiten Schmalseitenplatte auftretende Kraft,
N1	die Anzahl der Aktoren der ersten Schmalseitenplatte,
N2	die Anzahl der Aktoren der zweiten Schmalseitenplatte,
h	die Gießspiegelhöhe und
d	die Gießdicke

bezeichnen.

Die mittlere Flächenpressung P_{med} stellt eine Mittelung über die Kräfte sämtlicher Aktoren der beiden Schmalseitenplatten dar, die die Aktoren auf die Schmalseitenplatten ausüben. Diese Kräfte können vorteilhafterweise sehr einfach und rasch mit aus dem Stand der Technik bekannten Methoden gemessen werden, wodurch der Regelkreis sehr rasch auf Regelabweichungen reagieren kann. Insbesondere ist ein viel rascheres Aussteuern von Regelabweichungen möglich, als dies bei temperatur- oder wärmestrombasierten Regelungen der Fall wäre, da

Kraftmessungen innerhalb von Sekundenbruchteilen durchgeführt werden können.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Einstellung einer gemeinsamen Schmalseitenkonizität für beide Schmalseitenplatten symmetrisch in Bezug auf die Gießrichtung der Stranggusskokille unter Vorgabe der räumlichen Lage der Mittenlinie des Metallstranges in Bezug auf die Breitseitenplatten sowie eines Wertes für die Gießbreite b.

Es kann für jede der beiden Schmalseitenplatten mittels der in Breitenrichtung der Stranggusskokille wirkenden Aktoren, deren räumliche Anordnung bekannt ist, jeweils die Neigung der Schmalseitenplatte in Bezug auf die Gießrichtung sowie eine absolute räumliche Position vorgegeben werden, was - bezogen auf die gesamte Stranggusskokille – vier mechanische Freiheitsgrade darstellt.

Wenn die Lage der Mittenlinie des produzierten Metallstranges in Bezug auf die Breitseitenplatten durch entsprechende Positionierung der Schmalseitenplatten konstant gehalten wird, sodass der Metallstrang nicht in Breitenrichtung relativ zu den Breitseitenplatten driftet, so verringert dies die Zahl der Freiheitsgrade um eins. Eine zusätzliche Vorgabe eines Abstandes der Schmalseitenplatten zueinander - beispielsweise des Abstandes der gießaustrittseitigen Enden der Schmalseitenplatten, welcher definitionsgemäß identisch zur Gießbreite b der Stranggusskokille ist - reduziert die Freiheitsgrade um einen weiteren. Wenn ferner auch die Neigungen der beiden Schmalseitenplatten symmetrisch in Bezug auf die Gießrichtung eingestellt werden, so stellt dies eine Einschränkung auf nur noch einen einzigen mechanischen Freiheitsgrad der Schmalseitenplatten dar, der durch einen entsprechend eindeutigen Wert für die Schmalseitenkonizität repräsentiert wird. Dadurch besteht ein eindeutiger Zusammenhang zwischen einem Wert für die Schmalseitenkonizität K_s und den Positionswerten der einzelnen Aktoren sowohl der ersten als auch der zweiten Schmalseitenplatten, sodass aus einem Vorgabewert für die Schmal-

seitenkonizität K_s entsprechende Positionswerte der Aktoren beider Schmalseitenplatten in eindeutiger Weise bestimmt werden können. Somit werden in diesem Fall die beiden Schmalseitenplatten der Stranggusskokille nicht mehr unabhängig voneinander, sondern von einen einzigen Regelkreis positioniert.

In diesem Zusammenhang ist es auch möglich, die Gießbreite b während der Ausführung des Regelverfahrens zu ändern oder aber konstant zu lassen sowie einen Startwert für die Sollpositionen der einzelnen Aktoren beim erstmaligen Durchlauf durch den Regelkreis anzugeben. Ein konstanter Wert der Gießbreite b während des Gießverfahrens ist insbesondere hinsichtlich der Qualität des gegossenen Metallstranges wünschenswert, da nachfolgend aufwendige Maßnahmen zur Einstellung der Breite des Metallstranges, wie z.B. Brennschneiden oder seitliches Stauchen, entfallen können.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst der Regler des zumindest einen Regelkreises eine Regelvorschrift mit einer von der Regelabweichung abgeleiteten Eingangsgröße sowie einer Ausgangsgröße und es werden in jedem Zyklus des zumindest einen Regelkreises die Istpositionen $\{X_{1,i}, X_{2,j}\}$ der Aktoren zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte erfasst und daraus ein Istwert I_s für die Schmalseitenkonizität K_s abgeleitet und diese durch Vorgabe von entsprechenden Sollpositionen $\{Y_{1,i}, Y_{2,j}\}$ für die Aktoren zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte in einer die Wirkung der Schmalseitenkonizität auf die mittlere Flächenpressung abbildenden Regelstrecke des zumindest einen Regelkreises nur dann neu eingestellt, wenn eine Differenz zum ermittelten Istwert besteht.

Die erfassten Istpositionen der Aktoren der Schmalseitenplatten stellen somit Eingangsgrößen und die ermittelten Sollpositionen für die Aktoren entsprechende Ausgangsgrößen des zumindest einen Regelkreises dar, die in jedem Durchlauf durch den zumindest einen Regelkreis jeweils neu ermittelt werden.

Stimmen daher der Istwert I_s der Schmalseitenkonizität und die im aktuellen Zyklus des zumindest einen Regelkreises ermittelte Stellgröße, die identisch zum Sollwert der Schmalseitenkonizität K_s ist, überein, so kann eine Verstellung der Schmalseitenkonizität über die Regelstrecke unterbleiben. Dies ist vor allem dann vorteilhaft, wenn bei der Verstellung der Schmalseitenplatten üblicherweise auch eine Betätigung des Klemmmechanismus für die Breitseitenplatten erfolgen muss, die in diesem Fall unterbleiben kann. Ein derartiger Regelzyklus kann daher entsprechend schnell, d.h. innerhalb weniger Millisekunden oder schmeller, durchlaufen werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens lautet eine Regelvorschrift des Reglers

$$K_s' = I_s - k \cdot P_{dif}'$$

wobei

P_{dif}'	eine aus einer Regelabweichung P_{dif} des Regelkreises abgeleitete Größe,
K_s'	eine von der Regelvorschrift des Regelkreises ermittelte Größe zur Ermittlung der Stellgröße K_s und
k	ein Proportionalitätsfaktor mit einem Wertebereich von 0.001 bis 0.1, bevorzugt von 0.005 bis 0.02

sind.

Die Regelvorschrift beschreibt dabei das Verhalten des Regelkreises in Abhängigkeit von der Regelabweichung und dient zur Ermittlung der Ausgangsgröße; die Bedeutung und Rolle der Regelvorschrift sind dabei im Kontext eines klassischen Regelkreises zu verstehen und somit dem Fachmann hinreichend bekannt.

Durch diese Regelvorschrift können Regelabweichungen in sehr einfacher Weise parametriert werden: wenn der Proportionali-

tätsfaktor k einen Wert kleiner 1 besitzt, so bewirkt dies, dass die ermittelte Regelabweichung abgeschwächt in die Korrektur der Ausgangsgröße der Regelvorschrift einfließt, während bei Werten größer 1 die Regelabweichung verstärkt wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt eine erste Filterung der Regelabweichung P_{dif} des Regelkreises mittels eines zeitbezogenen Filters Φ_T gemäß

$$P_{dif}' = \Phi_T(P_{dif}; \{P_{dif}\}_{\tau}),$$

wobei

- $\{P_{dif}\}_{\tau}$ eine Menge von über eine Zeitspanne τ zurückreichenden, gespeicherten Werten der Regelabweichung P_{dif} aus vorangegangenen Zyklen des Regelkreises und
- P_{dif}' eine vom zeitbezogenen Filter Φ_T ermittelte Eingangsgröße für die Regelvorschrift des Regelkreises

sind.

Diese Filterung kann beispielsweise in einer einfachen Mittelwertbildung aller verwendeten Werte der Regelabweichung bestehen. Es ist aber auch denkbar, aktuellere Werte stärker zu gewichten als länger zurückliegende Werte. So werden beispielsweise bevorzugt über eine Zeitspanne τ = 5-10 Sekunden die historischen Werte der Regelabweichung mit berücksichtigt.

Durch diese zeitliche Filterung der Regelabweichung werden hochfrequente Fluktuationen des Messsignals, die beispielsweise durch fehlerhafte Messungen hervorgerufen werden können, unterdrückt. Dies verhindert ein fehlerhaftes Verstellen der Schmalseitenplatten aufgrund falscher Messwerte oder auf-

grund hochfrequenter Störeinflüsse und trägt zur Stabilisierung des Stranggussprozesses bei.

In dem Fall, dass eine Verstellung der Schmalseitenkonizität ausgelöst wird, kann diese rasch durchgeführt werden, da wegen der ersten Filterung, die große Schwankungen der Regelabweichung ausfiltert, zumeist nur kleine Änderungen der Stellgröße durchzuführen sind. So verursacht beispielsweise eine Änderung von 0.1% der Schmalseitenkonizität bei einer Gießbreite von 2000mm bei einer üblichen Stranggusskokille, deren Gießspiegelhöhe typischerweise kleiner als 1000mm ist, lediglich eine Verstellung von weniger als 2mm im Bereich der eingießseitigen Aktoren. Der gesamte Vorgang einer derartigen Verstellung, umfassend das Lösen der Klemmung der Breitseitenplatten, das Verfahren der Schmalseitenplatten mittels der Aktoren und das erneute Klemmen der Breitseitenplatten, kann daher üblicherweise innerhalb einer Sekunde oder noch rascher durchgeführt werden, sodass eine sehr schneller Regelvorgang gegeben ist.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt eine zweite Filterung der Ausgangsgröße K_s' der Regelvorschrift mittels eines Sättigungsfilters Φs gemäß

$$K_s'' = \Phi s(K_s', K_{s,min}, K_{s,max}),$$

wobei

- K_s'' eine mittels des Sättigungsfilter Φs abgeleiteter Wert zur Ermittlung der Stellgröße K_s,
- $K_{s,min}$ ein unterer Grenzwert für die Schmalseitenkonizität K_s und
- $K_{s,max}$ ein oberer Grenzwert für die Schmalseitenkonizität K_s

sind.

Durch den Sättigungsfilter Φs wird sichergestellt, dass die vom Regelkreis geregelte Schmalseitenkonizität K_s innerhalb

des durch die Grenzwerte $K_{s,min}$ und $K_{s,max}$ festgelegten erlaubten Bereiches, z.B. innerhalb von 1.1 bis 1.2, verbleibt. Dabei sind die Grenzwerte $K_{s,min}$ und $K_{s,max}$ Parameter des Regelverfahrens, die üblicherweise fest voreingestellt sind, die aber auch während des Gießvorganges geändert werden können. So können die Grenzwerte $K_{s,min}$ und $K_{s,max}$ beispielsweise beim Wechsel zwischen zwei Metallchargen durch einen Bediener oder durch ein Leitsystem umgestellt werden, wenn eine geänderte Zusammensetzung der Metallschmelze dies erfordert.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Schmalseitenkonizität K_s durch eine dritte Filterung eines aus der Ausgangsgröße K_s' der Regelvorschrift abgeleiteten Wertes K_s'' mittels eines Hysteresefilters Φ_H gemäß

$$K_s = \Phi_H(|K_s'' - I_s|; \lambda),$$

ermittelt, wobei | | die Bildung des numerischen Absolutwerts und λ den Schwellwert des Hysteresefilters bezeichnen und der abgeleitete Wert K_s'' einer der dritten Filterung vorangegangenen signaltechnischen Behandlung der Ausgangsgröße K_s' der Regelvorschrift entspricht.

Entsprechend einem Zweipunktregler wird die Stellgröße des Regelkreises nur dann verändert, wenn sich der im aktuellen Zyklus des Regelkreises ermittelte Wert K_s vom momentanen Istwert I_s der Schmalseitenkonizität betragsmäßig um mindestens den Wert λ unterscheidet. Dies bewirkt, dass ein Verstellen der Aktoren der Schmalseitenplatten nur dann durchgeführt wird, wenn sich der neu errechnete Vorgabewert für die Schmalseitenkonizität vom bestehenden Wert z.B. um mehr als 0.05 unterscheidet, sodass beispielsweise bei lediglich geringfügigen Schwankungen der Produktionsbedingungen, die auf die Qualität des produzierten Metallstranges keine Auswirkung haben, die Schmalseitenplatten nicht unnötig verstellt und insbesondere die Klemmung der Breitseitenplatten nicht gelöst werden muss, was zu einer gleichbleibenden Stabilität des

Stranggussprozesses und zur Schnelligkeit des Regelverfahrens beiträgt.

Ferner betrifft die Erfindung eine

Vorrichtung zur Einstellung einer Schmalseitenkonizität K_s einer Stranggusskokille für die Produktion eines Metallstranges, insbesondere zur Durchführung eines der beschriebenen Verfahren, wobei die Stranggusskokille eine erste und eine zweite Schmalseitenplatte umfasst, an denen jeweils zumindest zwei positionsgeregelte Aktoren zum Positionieren der jeweiligen Schmalseitenplatte in unterschiedlichem Abstand zum eingießseitigen Ende der der Stranggusskokille angeordnet sind und wobei die Vorrichtung eine Regeleinheit und Einrichtungen zur Erfassung der während des Betriebs der Stranggusskokille in Wirkrichtung jedes Aktors auftretenden Kräfte verfügt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Regeleinheit für einen Regelkreis eingerichtet ist, wobei der Regelkreis

- einen Referenzdruck P_{ref} als Führungsgröße,
- eine mittlere Flächenpressung P_{med} zwischen den Schmalseitenplatten und dem Metallstrang als Regelgröße, die aus den in Wirkrichtung der Aktoren auftretenden Kräften bestimmt wird, und
- einen Regler, der in Abhängigkeit von einer Regelabweichung $P_{dif} = P_{ref} - P_{med}$ als Eingangsgröße eine Schmalseitenkonizität K_s als Stellgröße des Regelkreises ermittelt,

verwendet und wobei durch die Aktoren die Positionen zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte entsprechend der Schmalseitenkonizität K_s einstellbar ist.

Die vorteilhaften Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Einstellung einer Schmalseitenkonizität einer

Stranggusskokille korrespondieren im Wesentlichen mit denen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zumindest einer der Aktoren ein hydraulisch bewegter Aktor.

Derartige Aktoren können sehr rasch verfahren werden, da kein Getriebe benötigt wird und sind aus dem Stand der Technik hinlänglich bekannt.

In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zumindest einer der hydraulisch bewegten Aktoren ein doppeltwirkender Hydraulikzylinder.

Doppeltwirkende Hydraulikzylinder bieten den Vorteil, dass die vom jeweiligen Aktor aufgebrachte Kraft sehr einfach durch zwei Drucksensoren pro Aktor bestimmt werden kann, da die Kraft durch den Differenzdruck zwischen den beiden Kammern und die Querschnittsfläche des Kolbens des doppeltwirkenden Hydraulikzylinders bestimmt ist. Daher ist auch eine Nachrüstung einer bestehenden Stranggusskokille, die bereits über derartige Hydraulikzylinder zur Verstellung der Schmalseitenplatten verfügt, zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einfacher und kostengünstiger Weise möglich, da lediglich Sensoren zur Erfassung der entsprechenden Drücke sowie der Verfahrpositionen der entsprechenden Aktoren installiert werden müssen.

In einer weiteren Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besitzt zumindest einer der Aktoren einen elektrischen Drehantrieb.

Derartige Aktoren erlauben eine einfache Ermittlung der Aktorposition anhand der Stellung der Antriebsachse des elektrisch betriebenen Motors oder einer Achse des Getriebes, das üblicherweise zwischen dem Motor und dem linear bewegten Angriffspunkt des betreffenden Aktors zum Einsatz kommt. Die

an den Angriffspunkten der Aktoren auftreten Kräfte können z.B. über Dehnungsmessstreifen erfasst werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist zumindest einer der elektrisch angetriebenen Aktoren ein Linearmotor.

Linearmotoren benötigen kein Getriebe und weisen daher kein mechanisches Spiel auf. Weiters bieten sie den Vorteil, dass aus der Kraft-Geschwindigkeitskennlinie bzw. aus der Kraft-Strom-Kennlinie die auftretende Kraft ohne weitere Kraftsensoren direkt bestimmt werden kann.

Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Dabei zeigen

FIG 1a eine perspektivische Darstellung einer Stranggusskokille,

FIG 1b einen Schnitt durch eine Stranggusskokille normal zur Breitenrichtung,

FIG 1c einen Schnitt durch eine Stranggusskokille normal zur Dickenrichtung,

FIG 2 schematisch die in Breitenrichtung der Kokille auftretenden Kräfte,

FIG 3 den Signalfluss einer Schmalseitenplatte eines erfindungsgemäßen Regelkreises und

FIG 4 den schematischen Aufbau eines erfindungsgemäßen Regelkreises einer Schmalseitenplatte mit zwei Aktoren.

FIG 1a zeigt in Schrägansicht die Anordnung der Breitseitenplatten 2, 2’ sowie der ersten und der zweiten Schmalseitenplatte 4 und 4’ einer Stranggusskokille 1, wobei die beiden Schmalseitenplatten 4, 4’ entlang der Innenflächen der Breitseitenplatten 2, 2’ verschiebbar angeordnet sind. Die Backupplatten der einzelnen Kokillenplatten und die Aktoren für die Verstellung der Schmalseitenplatten sind in dieser Ansicht nicht dargestellt.

Weiters sind in FIG 1a die Richtungsvektoren der Dickenrichtung D, der Breitenrichtung B und der Gießrichtung G in ihrer räumlichen Lage in Bezug auf die Stranggusskokille 1 dargestellt, wobei die Vektoren D, B und G ein orthogonales, rechtshändiges Koordinatensystem bilden.

Am eingießseitigen Ende 3 wird flüssige Metallschmelze unter Beigabe von Gießpulver in den Innenraum der Stranggusskokille 1 eingebracht, wo die Metallschmelze in Gießrichtung G weitertransportiert und am austrittseitigen Ende 3’ in Form eines teilerstarrten Metallstranges 5 aus der Kokille 1 ausgezogen wird. Der Metallstrang 5 weist dabei bezogen auf die Normalebene zur Gießrichtung G einen rechteckigen Querschnitt auf, dessen kurze Seite in Dickenrichtung D und dessen lange Seite in Breitenrichtung B orientiert ist.

FIG 1b zeigt einen Schnitt durch die Stranggusskokille 1 aus FIG 1a normal zur Breitenrichtung B, worin die relativ zur Gießrichtung G geneigten Breitseitenplatten 2, 2’ mit den daran befestigten Backupplatten 7, 7’ sowie die Trapezform der zweiten Schmalseitenplatte 4’ erkennbar sind.

Der Abstand f der Innenflächen der Breitseitenplatten 2, 2’ am eingießseitigen Ende 3 ist größer als der entsprechende Abstand d am austrittseitigen Ende 3’ der Stranggusskokille 1, wobei d auch als Gießdicke bezeichnet wird, da der gegossene Metallstrang 5 (in FIG 1b nicht dargestellt) mit dieser Dicke aus dem von der Stranggusskokille 1 umschlossenen Innenraum austritt.

In FIG 1c ist ein Schnitt durch die Stranggusskokille 1 aus FIG 1a normal zur Dickenrichtung D dargestellt. Erkennbar sind die relativ zur Gießrichtung G geneigten Schmalseitenplatten 4, 4’ mit den daran befestigten Backupplatten 6, 6’, zudem ist die rechteckige Form der Breitseitenplatte 2 erkennbar, entlang deren Innenseite die Schmalseitenplatten 4, 4’ verschiebbar sind.

Der Abstand e der Innenflächen der Schmalseitenplatten 4, 4’ am eingießseitigen Ende 3 ist wiederum größer als der entsprechende Abstand b am austrittseitigen Ende 3’ der Stranggusskokille 1, wobei b als Gießbreite bezeichnet wird.

An den Außenseiten der Schmalseitenplatten 4, 4’ greift jeweils ein oberer Aktor $A_{1,1}$ bzw. $A_{2,1}$ nahe dem eingießseitigen Ende 3 der Stranggusskokille 1 und jeweils ein unterer Aktor $A_{1,2}$ bzw. $A_{2,2}$ nahe dem austrittseitigen Ende 3’ der Stranggusskokille 1 an. Mittels der in Breitenrichtung B wirkenden Aktoren $A_{1,1}$ bzw. $A_{1,2}$ kann die ersten Schmalseitenplatte 4 hinsichtlich ihrer Neigung zur Gießrichtung G und ihrer Position in Breitenrichtung B verfahren bzw. in einer bestimmten Position gehalten werden, wobei am oberen Aktor $A_{1,2}$ die Kraft $F_{1,1}$ und am unteren Aktor $A_{1,2}$ die Kraft $F_{1,2}$ entlang der Wirkrichtung des jeweiligen Aktors auftritt. Dementsprechend werden mittels der Aktoren $A_{2,1}$ bzw. $A_{2,2}$ die Neigung und die Position der zweiten Schmalseitenplatte 4’ eingestellt bzw. beibehalten, wobei am oberen Aktor $A_{2,1}$ die Kraft $F_{2,1}$ und am unteren Aktor $A_{2,2}$ die Kraft $F_{2,2}$ in Wirkrichtung des jeweiligen Aktors auftritt.

Mit den oben genannten Definitionen und den in FIG 1b und FIG 1c dargestellten Abständen errechnet sich die Breitseitenkonizität K_b sowie die Schmalseitenkonizität K_s als dimensionslose Größe, jeweils in Prozent, im gegenständlichen Beispiel zu

$$K_b = (f - d) \times 100 / H$$

$$K_s = (e - b) \times 100 / b$$

Es sind jedoch auch andere Berechnungsvorschriften für die Konizitäten denkbar, beispielsweise kann die Schmalseitenkonizität K_s auch auf die Kokillenhöhe H bezogen werden.

FIG 2 zeigt einen Schnitt normal zur Dickenrichtung D durch eine Stranggusskokille 1, deren erste und zweite Schmalseitenplatte 4 und 4’ mit jeweils zwei Aktoren ($A_{1,1}$, $A_{1,2}$) bzw. ($A_{2,1}$, $A_{2,2}$) verfahren werden, wobei jedoch die Neigung der Schmalseitenplatten 4 und 4’ nicht dargestellt ist. Entlang der Innenfläche der ersten Schmalseitenplatte 4 ist der in Gießrichtung G linear ansteigende Verlauf des ferrostatischen Drucks P_{fer} der Metallschmelze 10 schematisch dargestellt, während entlang der Innenfläche der zweiten Schmalseitenplatte 4’ die in Gießrichtung G anwachsende Strangschale 13 erkennbar ist. Weiters bezeichnet die Mittenlinie M die Symmetrielinie des Metallstranges 5 in Bezug auf die Breitenrichtung B der Stranggusskokille 1.

Nahe dem eingießseitigen Ende 3 der Stranggusskokille 1 wird die Oberfläche der eingegossenen Metallschmelze 10 auch als Gießspiegel 12 bezeichnet, der sich in einem Abstand h - der sogenannten Gießspiegelhöhe - über dem austrittseitigen Ende 3’ der Stranggusskokille 1 befindet. Am austrittseitigen Ende 3’ wird der teilerstarrte Metallstrang 5 aus der Stranggusskokille 1 ausgezogen, wobei die bereits gebildete Strangschale 13 in Breitenrichtung B durch seitliche Strangführungsrollen 14 und 14’ gestützt wird.

Mit $F_{1,1}$ und $F_{2,1}$ sind wie in FIG 1c die Kräfte der oberen Aktoren $A_{1,1}$ und $A_{2,1}$ (in FIG 2 nicht dargestellt) bezeichnet, die nahe dem eingießseitigen Ende 3 auf die jeweilige Schmalseitenplatte 4 bzw. 4’ übertragen werden. Entsprechend symbolisieren $F_{1,2}$ bzw. $F_{2,2}$ die Kräfte der austrittseitigen Aktoren $A_{1,2}$ bzw. $A_{2,2}$.

In FIG 3 ist in einem Schnitt normal zur Dickenrichtung D eine Hälfte einer erfindungsgemäßen Stranggusskokille 1 bis zur Mittellinie M sowie die steuerungstechnische Anbindung an ei-

ne Regeleinheit 8 dargestellt, wobei die erste Schmalseitenplatte 4 mit Hilfe von zwei Aktoren $A_{1,1}$ und $A_{1,2}$ bewegt werden kann. Die andere Hälfte der Stranggusskokille 1, die die zweite Schmalseitenplatte 4' sowie entsprechende Aktoren $A_{2,1}$ und $A_{2,2}$ umfasst, ist sinngemäß entsprechend der dargestellten ersten Hälfte an die Regeleinheit 8 angebunden, jedoch in FIG 3 nicht dargestellt. Zudem sind im konkreten Beispiel die Aktoren $A_{1,1}$ und $A_{1,2}$ als doppeltwirkende Hydraulikzylinder ausgeführt.

Die flüssige Metallschmelze 10, die während des Stranggießens nahe dem oberen, eingießseitigen Ende 3 in die Stranggusskokille 1 eingebracht wird, bildet mit ihrer Oberfläche den Gießspiegel 12 in einem Abstand entsprechend der Gießspiegelhöhe h über dem unteren, austrittseitigen Ende 3' der Stranggusskokille 1 aus. In Gießrichtung G unterhalb der ersten Schmalseitenplatte 4 wird die erstarrte Strangschale 13 von seitlichen Strangführungsrollen 14 gestützt.

Der Aktor $A_{1,1}$ greift nahe dem oberen, gießseitigen Ende 3 der Stranggusskokille 1 an der ersten Schmalseitenplatte 4 an und kann diese an diesem Angriffspunkt in Breitenrichtung B verschieben; analog dazu kann die erste Schmalseitenplatte 4 vom Aktor $A_{1,2}$, der in der Nähe des unteren, austrittseitigen Endes 3' an der ersten Schmalseitenplatte 4 angreift, ebenfalls in Breitenrichtung B bewegt werden.

Zur Erfassung der augenblicklichen Lage der ersten Schmalseitenplatte 4 werden von den Aktoren $A_{1,1}$ und $A_{1,2}$ die jeweiligen Positionswerte $X_{1,1}$ und $X_{1,2}$ an die Regeleinheit 8 übermittelt, die von entsprechenden Positionssensoren 16 des jeweiligen Aktors ermittelt werden. Zudem werden die Drücke der beiden Kammern jedes doppeltwirkenden Hydraulikzylinders mittels entsprechender Drucksensoren 11 erfasst und an die Regeleinheit 8 übermittelt. Aus der Differenz dieser Drücke lassen sich die Kräfte $F_{1,1}$ und $F_{1,2}$, mit denen die Aktoren $A_{1,1}$ und $A_{1,2}$ auf die erste Schmalseitenplatte 4 einwirken, ermitteln. Weiters werden die Aktoren $A_{1,1}$ und $A_{1,2}$ von hydraulischen Antriebseinheiten 9 mit entsprechen Mengen an Hydraulikflüssig-

keit beaufschlagt, sodass die Kolben der Aktoren entsprechend den von der Regeleinheit 8 ermittelten Sollpositionen $Y_{1,1}$ und $Y_{1,2}$ bewegt werden. Die hydraulischen Antriebseinheiten 9 können beispielsweise Hydraulikpumpen oder Hydraulikventile sein, die das jeweils benötigte Volumen an Hydraulikflüssigkeit zur Verfügung stellen. Für die in FIG 3 nicht dargestellte zweite Schmalseitenplatte 4’ gelten die Ausführungen sinngemäß in Bezug auf die Istpositionen $X_{2,1}$ und $X_{2,2}$ und die Kräfte $F_{2,1}$ und $F_{2,2}$ der Aktoren $A_{2,1}$ und $A_{2,2}$ sowie für die von der Regeleinheit 8 vorgegebenen Sollpositionen $Y_{2,1}$ und $Y_{2,2}$.

FIG 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Regelkreises 15 zur Einstellung der Schmalseitenkonizität K_s entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei der Regelkreis 15 neben der eigentlichen Regelvorschrift 25 eine erste, zeitliche Filterung 22 der Regelabweichung P_{dif}, sowie eine zweite Filterung 23 in Bezug auf die zulässigen Maximalwerte und eine dritte Filterung 24 hinsichtlich eines erwünschten Hystereseverhaltens von K_s umfasst.

Ein Zyklus des Regelkreises 15 läuft für eine Stranggusskokille 1, umfassend eine erste und eine zweite Schmalseitenplatte 4 und 4’, folgendermaßen ab:

- Die von den Aktoren $A_{1,i}$ an die erste Schmalseitenplatte 4 übertragenen Kräfte $F_{1,i}$ und die von den Aktoren $A_{2,j}$ an die zweite Schmalseitenplatte 4’ übertragenen Kräfte $F_{2,j}$ werden in einem Messglied 26 erfasst, woraus zusammen mit den Werten der Gießspiegelhöhe h und der Gießdicke d die Regelgröße des Regelkreises 15 in Form einer mittlere Flächenpressung P_{med} (mit Druck als physikalischer Einheit) ermittelt wird. Die Indizes i bzw. j umfassen dabei den Wertebereich {1, … N1} bzw. {1, … N2}, wobei N1 bzw. N2 die Anzahl der Aktoren an der ersten bzw. zweiten Schmalseitenplatte 4 bzw. 4’ bezeichnen.

- Als Führungsgröße des Regelkreises 15 wird ein Referenzdruck P_{ref} aus der Dichte der flüssigen Metallschmelze ρ_{liq}, der Gießspiegelhöhe h und einem dimensionslosen Korrek-

turfaktor S herangezogen. Dabei können die Werte von h, ρ_{liq} und S für jede gegossenen Charge entweder fest vorgegeben werden oder auch während des Gießvorganges geändert werden. Insbesondere kann die aktuelle Gießspiegelhöhe h messtechnisch erfasst und der erhaltene Momentanwert dem Regelkreis 15 übermittelt werden.

- Es wird der aktuelle Wert der Regelabweichung P_{dif} des Regelkreises 15 gemäß

$$P_{dif} = P_{ref} - P_{med}$$

bestimmt und in einer Regeleinheit 8 (in FIG 4 nicht dargestellt) gespeichert und dem Regler 21 des Regelkreises 15 zugeleitet, wobei der Regler 21 neben der eigentlichen Regelvorschrift 25 im vorliegenden Beispiel eine erste, zweite und dritte Filterung 22, 23 und 24 beinhaltet.

- Im nächsten Schritt wird aus dem aktuellen Wert von P_{dif} zusammen mit gespeicherten Werten der Regelabweichung aus früheren Durchläufen durch den Regelkreis 15 mittels einer ersten Filterung 22, die einen zeitbezogenen Filter Φ_T verwendet, der eine zurückliegende Zeitspanne τ umspannt, ein gefilterter Wert P_{dif}' aus der Regelabweichung bestimmt, wobei der Filter Φ_T dazu dient, kurzzeitige Abweichungen und hochfrequente Störeinflüsse auszufiltern und so einen zeitlich geglätteten Wert der Regelabweichung zu ermitteln.

- In der Regelvorschrift 25 des Regelkreises werden die Istwerte der Positionen $X_{1,i}$ der Aktoren $A_{1,i}$ der ersten Schmalseitenplatte 4 und die Istwerte der Positionen $X_{2,j}$ der Aktoren $A_{2,j}$ der zweiten Schmalseitenplatte 4' mit Hilfe von Positionssensoren 16 (in FIG 4 nicht dargestellt) erfasst und daraus entsprechend den geometrischen Verhältnissen der Stranggusskokille 1 ein Istwert I_s für die Schmalseitenkonizität der Stranggusskokille 1 bestimmt. Aus dem Istwert I_s und aus dem zeitlich gefilterten Wert P_{dif}' wird eine Ausgangsgröße K_s' der Regelvorschrift 25 derart bestimmt, dass über die Wirkung der Aktoren $A_{1,i}$ bzw. $A_{2,j}$ in der Regelstre-

cke 20 der Regelabweichung P_{dif} entgegengewirkt wird.

- Anschließend wird in einer zweiten Filterung 23 mittels eines Sättigungsfilters Φ_S, der die erlaubte Untergrenze $K_{s,min}$ bzw. Obergrenze $K_{s,max}$ als Parameter für die Schmalseitenkonizität K_s beinhaltet, aus der Ausgangsgröße K_s' der Regelvorschrift 25 ein abgeleiteter Wert K_s'' bestimmt. Dadurch wird verhindert, dass die Schmalseitenkonizität K_s die vorgegebenen Grenzwerte bei großer oder permanent andauernder Regelabweichung P_{dif} über- oder unterschreitet, was insbesondere bei einer Proportionalregelung in der Regelvorschrift 25 bewirkt würde.

- Danach wird in einer dritten Filterung 24 mittels eines Hysteresefilters Φ_H aus dem abgeleiteten Wert K_s'' der neu einzustellende Wert für die Schmalseitenkonizität K_s bestimmt, der gleichzeitig die Stellgröße des Regelkreises 15 darstellt. Der Hysteresefilter Φ_H beinhaltet dabei einen Parameter λ, der den Schwellwert des Hysteresefilters beschreibt. Dieser Parameter legt die minimale Differenz zwischen der Stellgröße K_s und dem zugehörigen Istwert I_s fest, ab der eine Verstellung der Schmalseitenplatten 4 bzw. 4' tatsächlich durchgeführt wird. Differenzen unterhalb des Schwellwertes λ werden vom Hysteresefilter Φ_H unterdrückt, indem die Stellgröße K_s dem Istwert I_s gleichgesetzt wird.

- In der Regelstrecke 20 des Regelkreises 15 werden aus dem neuen Vorgabewert für die Schmalseitenkonizität K_s und aus der Gießbreite b die entsprechenden Sollpositionen $Y_{1,i}$ bzw. $Y_{2,j}$ der Aktoren $A_{1,i}$ bzw. $A_{2,j}$ der ersten bzw. zweiten Schmalseitenplatte 4 bzw. 4' ermittelt und eine Verstellung der Schmalseitenplatten durch entsprechende Anstellung der Aktoren veranlasst, wobei die Verstellung nur dann durchgeführt wird, wenn sich die Stellgröße K_s und der zugehörige Istwert I_s unterscheiden.

Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die

Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1	Stranggusskokille
2, 2’	Breitseitenplatte
3	eingießseitiges Ende
3’	austrittseitiges Ende
4	erste Schmalseitenplatte
4’	zweite Schmalseitenplatte
5	Metallstrang
6, 6’	Backupplatte Schmalseite
7, 7’	Backupplatte Breitseite
8	Regeleinheit
9	hydraulische Antriebseinheit
10	Metallschmelze
11	Drucksensor, Einrichtung zur Krafterfassung
12	Gießspiegel
13	Strangschale
14, 14’	Strangführungsrollen
15	Regelkreis
16	Positionssensor
20	Regelstrecke
21	Regler
22	erste Filterung
23	zweite Filterung
24	dritte Filterung
25	Regelvorschrift
26	Messglied
$A_{1,i}$	Aktor i der ersten Schmalseitenplatte
$A_{2,j}$	Aktor j der zweiten Schmalseitenplatte
$A_{1,1}$	eingießseitiger Aktor der ersten Schmalseitenplatte
$A_{1,2}$	austrittseitiger Aktor der ersten Schmalseitenplatte
$A_{2,1}$	eingießseitiger Aktor der zweiten Schmalseitenplatte
$A_{2,2}$	austrittseitiger Aktor der zweiten Schmalseitenplatte
b	Gießbreite
B	Breitenrichtung
d	Gießdicke

D	Dickenrichtung
e	eingießseitiger Abstand der Schmalseitenplatten
f	eingießseitiger Abstand der Breitseitenplatten
$F_{1,i}$	Kraft an Aktor i der ersten Schmalseitenplatte
$F_{2,j}$	Kraft an Aktor j der zweiten Schmalseitenplatte
$F_{1,1}$	Kraft am eingießseitigen Aktor der ersten Schmalseitenplatte
$F_{1,2}$	Kraft am austrittseitigen Aktor der ersten Schmalseitenplatte
$F_{2,1}$	Kraft am eingießseitigen Aktor der zweiten Schmalseitenplatte
$F_{2,2}$	Kraft am austrittseitigen Aktor der zweiten Schmalseitenplatte
Φ_H	Hysteresefilter
Φ_S	Sättigungsfilter
Φ_T	zeitbezogener Filter
G	Gießrichtung
h	Gießspiegelhöhe
H	Kokillenhöhe
i	Index bezüglich erster Schmalseitenplatte
I_s	Istwert der Schmalseitenkonizität
j	Index bezüglich zweiter Schmalseitenplatte
K_s	Schmalseitenkonizität, Stellgröße
K_s'	Ausgangsgröße der Regelvorschrift
K_s''	abgeleiteter Wert
$K_{s,min}$	unterer Grenzwert für Schmalseitenkonizität
$K_{s,max}$	oberer Grenzwert für Schmalseitenkonizität
λ	Schwellwert
M	Mittenlinie
N1	Anzahl der Aktoren der ersten Schmalseitenplatte
N2	Anzahl der Aktoren der zweiten Schmalseitenplatte
P_{dif}	Regelabweichung
P_{dif}'	gefilterter Wert der Regelabweichung, Eingangsgröße der Regelvorschrift
P_{med}	mittlere Flächenpressung, Regelgröße
P_{ref}	Referenzdruck, Führungsgröße
ρ_{liq}	Dichte der flüssigen Metallschmelze
S	dimensionsloser Korrekturfaktor
τ	Zeitspanne

$X_{1,i}$	Istposition des Aktors i der ersten Schmalseitenplatte
$X_{2,j}$	Istposition des Aktors j der zweiten Schmalseitenplatte
$X_{1,1}$	Istposition des eingießseitigen Aktors der ersten Schmalseitenplatte
$X_{1,2}$	Istposition des austrittseitigen Aktors der ersten Schmalseitenplatte
$X_{2,1}$	Istposition des eingießseitigen Aktors der zweiten Schmalseitenplatte
$X_{2,2}$	Istposition des austrittseitigen Aktors der zweiten Schmalseitenplatte
$Y_{1,i}$	Sollposition des Aktors i der ersten Schmalseitenplatte
$Y_{2,j}$	Sollposition des Aktors j der zweiten Schmalseitenplatte
$Y_{1,1}$	Sollposition des eingießseitigen Aktors der ersten Schmalseitenplatte
$Y_{1,2}$	Sollposition des austrittseitigen Aktors der ersten Schmalseitenplatte
$Y_{2,1}$	Sollposition des eingießseitigen Aktors der zweiten Schmalseitenplatte
$Y_{2,2}$	Sollposition des austrittseitigen Aktors der zweiten Schmalseitenplatte

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung einer Schmalseitenkonizität (K_s) einer Stranggusskokille (1) für die Produktion eines Metallstranges (5) mit Hilfe zumindest eines Regelkreises (15), die Stranggusskokille (1) umfassend eine erste Schmalseitenplatte (4) und eine zweite Schmalseitenplatte (4’),

- wobei an der ersten Schmalseitenplatte (4) eine Mehrzahl (N1) positionsgeregelter Aktoren ($A_{1,i}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ zum Positionieren der ersten Schmalseitenplatte (4) und an der zweiten Schmalseitenplatte (4’) eine Mehrzahl (N2) positionsgeregelter Aktoren ($A_{2,j}$) mit $j \in \{1,\ldots,N2\}$ zum Positionieren der zweiten Schmalseitenplatte (4’) in jeweils unterschiedlichem Abstand zum eingießseitigen Ende (3) der Stranggusskokille (1) angeordnet sind, und
- wobei in Wirkrichtung jedes Aktors ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) während des Betriebs der Stranggusskokille (1) entsprechende Kräfte ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ und $j \in \{1,\ldots,N2\}$ auftreten,

dadurch gekennzeichnet, dass der Regelkreis (15)

- einen Referenzdruck (P_{ref}) als Führungsgröße,
- eine mittlere Flächenpressung (P_{med}) zwischen den Schmalseitenplatten (4, 4’) und dem Metallstrang (5) als Regelgröße, die aus den Kräften ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) bestimmt wird, und
- einen Regler (21), der in Abhängigkeit von einer Regelabweichung $P_{dif} = P_{ref} - P_{med}$ als Eingangsgröße die Schmalseitenkonizität (K_s) als Stellgröße des Regelkreises (15) ermittelt,

verwendet und mittels der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) die Positionen zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4’) entsprechend der Schmalseitenkonizität (K_s) einstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Referenzdruck (P_{ref}) eine Funktion der Dichte (ρ_{liq}) der flüssigen Metallschmelze

(10), einer Gießspiegelhöhe (h) und eines dimensionslosen Korrekturfaktors (S) ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mittlere Flächenpressung (P_{med}) durch den Ausdruck

$$P_{med} = [\sum_{i=1}^{N1}(F_{1,i}) + \sum_{j=1}^{N2}(F_{2,j})]/(2 \cdot h \cdot d)$$

mit einer Gießspiegelhöhe (h) und einer Gießdicke (d) der Stranggusskokille (1) bestimmt ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Einstellung einer gemeinsamen Schmalseitenkonizität (K_s) für die erste und die zweite Schmalseitenplatte (4, 4') symmetrisch in Bezug auf die Gießrichtung (G) der Stranggusskokille (1) unter Vorgabe der räumlichen Lage der Mittenlinie (M) des Metallstranges (5) in Bezug auf die Breitseitenplatten (2, 2') sowie der Gießbreite (b) erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Regler (21) eine Regelvorschrift (25) mit einer von der Regelabweichung (P_{dif}) abgeleiteten Eingangsgröße (P_{dif}') und einer Ausgangsgröße (K_s') umfasst und wobei

- in jedem Zyklus des Regelkreises (15) die Istpositionen ($X_{1,i}$, $X_{2,j}$) der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4') erfasst werden,
- daraus ein Istwert (I_s) der Schmalseitenkonizität (K_s) abgeleitet wird und
- in einer Regelstrecke (20) des Regelkreises (15), die die Wirkung der Schmalseitenkonizität (K_s) auf die mittlere Flächenpressung (P_{med}) abbildet, die Schmalseitenkonizität (K_s) durch Vorgabe von entsprechenden Sollpositionen ($Y_{1,i}$, $Y_{2,j}$) für die Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4') nur dann neu

eingestellt wird, wenn eine Differenz zum ermittelten Istwert (I_s) besteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Regelvorschrift (25) $K_s' = I_s - k \cdot P_{dif}'$ lautet, wobei k ein Proportionalitätsfaktor mit einem Wertebereich von 0.001 bis 0.1 ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem aus der Regelabweichung (P_{dif}) durch eine erste Filterung (22) mittels eines zeitbezogenen Filters (Φ_T) die Eingangsgröße (P_{dif}') der Regelvorschrift (25) gemäß

$$P_{dif}' = \Phi_T(P_{dif}; \{P_{dif}\}_{\boldsymbol{\tau}}),$$

bestimmt wird, wobei $\{P_{dif}\}_{\boldsymbol{\tau}}$ eine Menge aus über eine Zeitspanne $\boldsymbol{\tau}$ zurückreichenden, gespeicherten Werten der Regelabweichung (P_{dif}) aus vorangegangenen Zyklen des Regelkreises (15) ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem aus der Ausgangsgröße (K_s') der Regelvorschrift (25) durch eine zweite Filterung (23) mittels eines Sättigungsfilters (Φs) ein abgeleiteter Wert (K_s'') gemäß

$$K_s'' = \Phi s(K_s', K_{s,min}, K_{s,max}),$$

bestimmt wird, wobei $K_{s,min}$ ein unterer Grenzwert und $K_{s,max}$ ein oberer Grenzwert für die Schmalseitenkonizität (K_s) sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem durch eine dritte Filterung (24) eines aus der Ausgangsgröße (K_s') der Regelvorschrift (25) abgeleiteten Wertes (K_s'') mittels eines Hysteresefilters (Φ_H) die Schmalseitenkonizität (K_s) gemäß

$$K_s = \Phi_H(|K_s'' - I_s|; \lambda),$$

bestimmt wird, wobei | | die Bildung des numerischen Absolutwertes und λ den Schwellwert des Hysteresefilters (Φ_H) bezeichnen.

10. Vorrichtung zur Einstellung zumindest einer Schmalseitenkonizität (K_s) einer Stranggusskokille (1) für die Produktion eines Metallstranges (5), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens gemäß den Ansprüchen 1 bis 9, wobei die Stranggusskokille (1) eine erste Schmalseitenplatte (4) und eine zweite Schmalseitenplatte (4') umfasst,

- wobei an der ersten Schmalseitenplatte (4) eine Mehrzahl (N1) positionsgeregelter Aktoren ($A_{1,i}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ zum Positionieren der ersten Schmalseitenplatte (4) und an der zweiten Schmalseitenplatte (4') eine Mehrzahl (N2) positionsgeregelter Aktoren ($A_{2,j}$) mit $j \in \{1,\ldots,N2\}$ zum Positionieren der zweiten Schmalseitenplatte (4') in jeweils unterschiedlichem Abstand zum eingießseitigen Ende (3) der Stranggusskokille (1) angeordnet sind, und
- wobei die Vorrichtung über eine Regeleinheit (8) und Einrichtungen (11) zur Erfassung der während des Betriebs der Stranggusskokille (1) in Wirkrichtung der jeweiligen Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) auftretenden Kräfte ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ und $j \in \{1,\ldots,N2\}$ verfügt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Regeleinheit (8) für zumindest einen Regelkreis (15) eingerichtet ist, wobei der Regelkreis (15)

- einen Referenzdruck (P_{ref}) als Führungsgröße,
- eine mittlere Flächenpressung (P_{med}) zwischen den Schmalseitenplatten (4, 4') und dem Metallstrang (5) als Regelgröße, die aus den Kräften ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) bestimmt wird, und
- einen Regler (21), der in Abhängigkeit von einer Regelabweichung $P_{dif} = P_{ref} - P_{med}$ als Eingangsgröße die Schmalseitenkonizität (K_s) als Stellgröße des Regelkreises (15) ermittelt,

verwendet und wobei mittels der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) die Positionen der ersten und der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4’) entsprechend der Schmalseitenkonizität (K_s) einstellbar ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der zumindest einer der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) ein hydraulisch bewegter Aktor ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der zumindest einer der hydraulisch bewegten Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) ein doppeltwirkender Hydraulikzylinder ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der zumindest einer der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) einen elektrischen Drehantrieb besitzt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei zumindest einer der elektrisch angetriebenen Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) ein Linearmotor ist.

FIG 1a

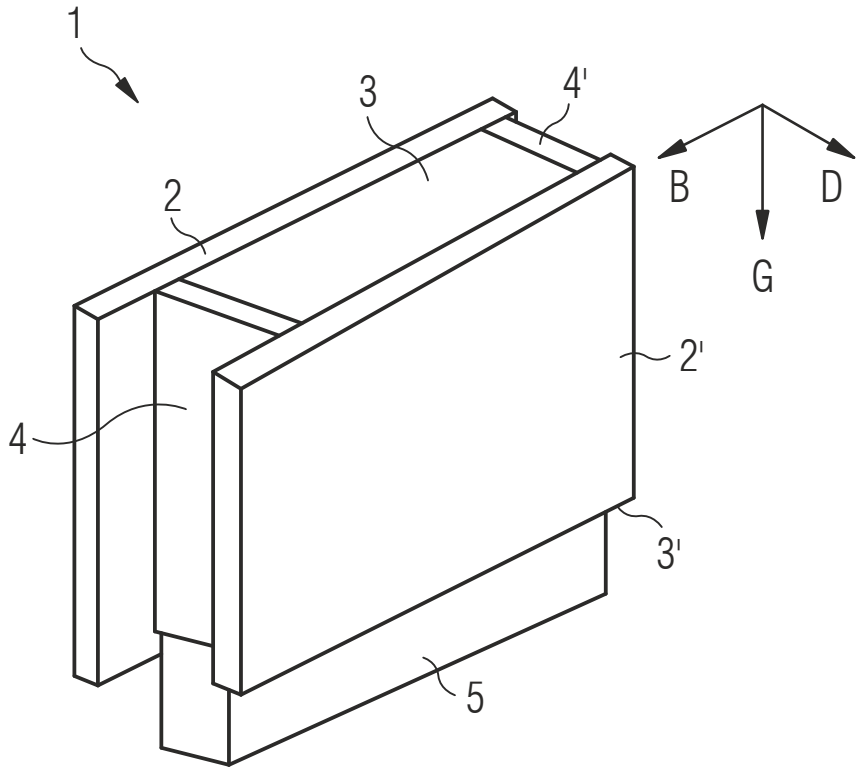


FIG 1b

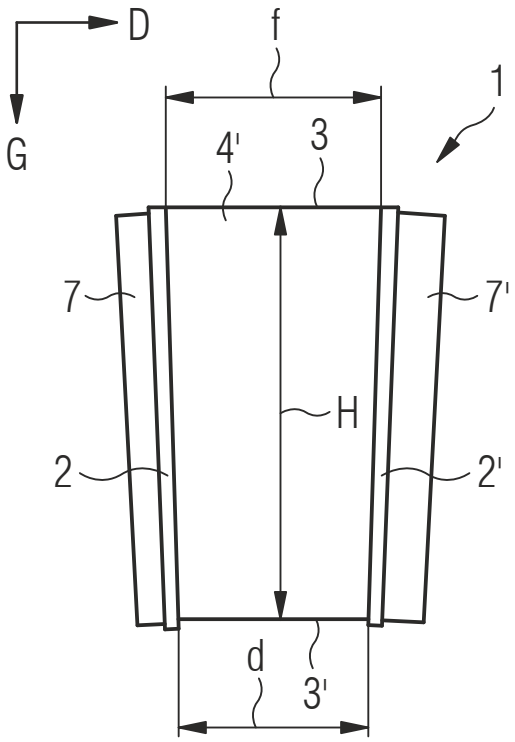

D
f
G
1
4'
3
7
7'
H
2
2'
d
3'

FIG 1c

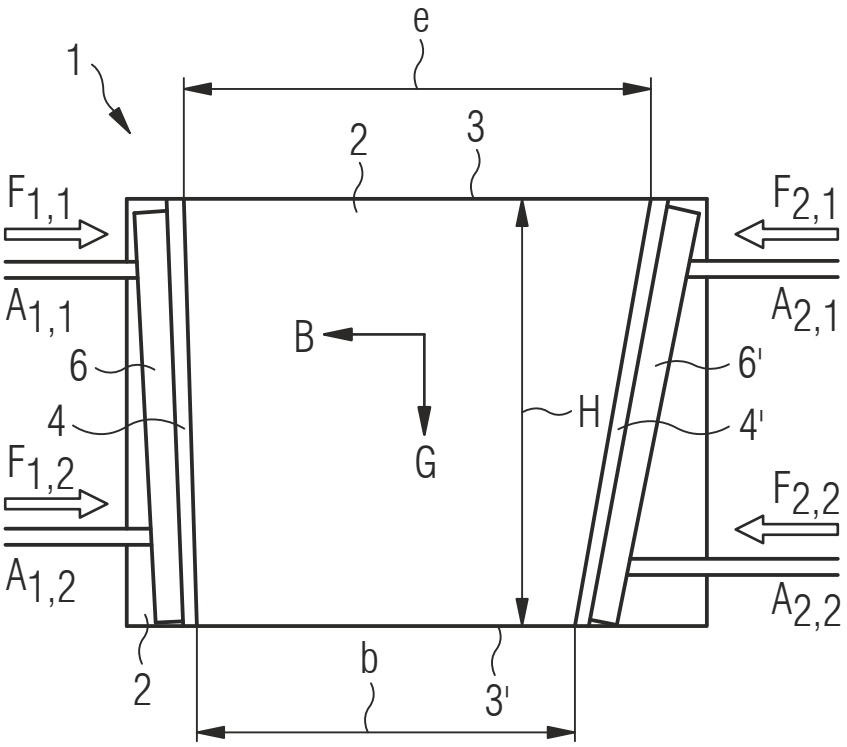

e
1
2
3
F1,1
F2,1
A1,1
A2,1
B
6
6'
4
H
4'
G
F1,2
F2,2
A1,2
A2,2
2
b
3'

FIG 2

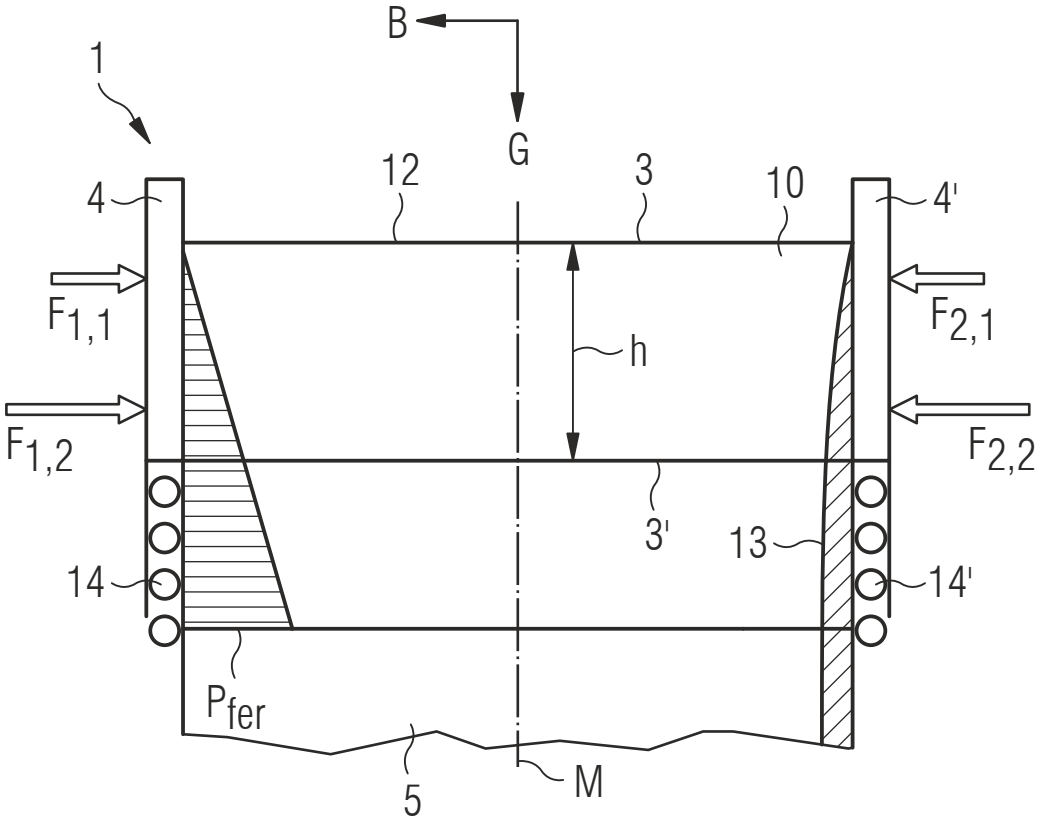
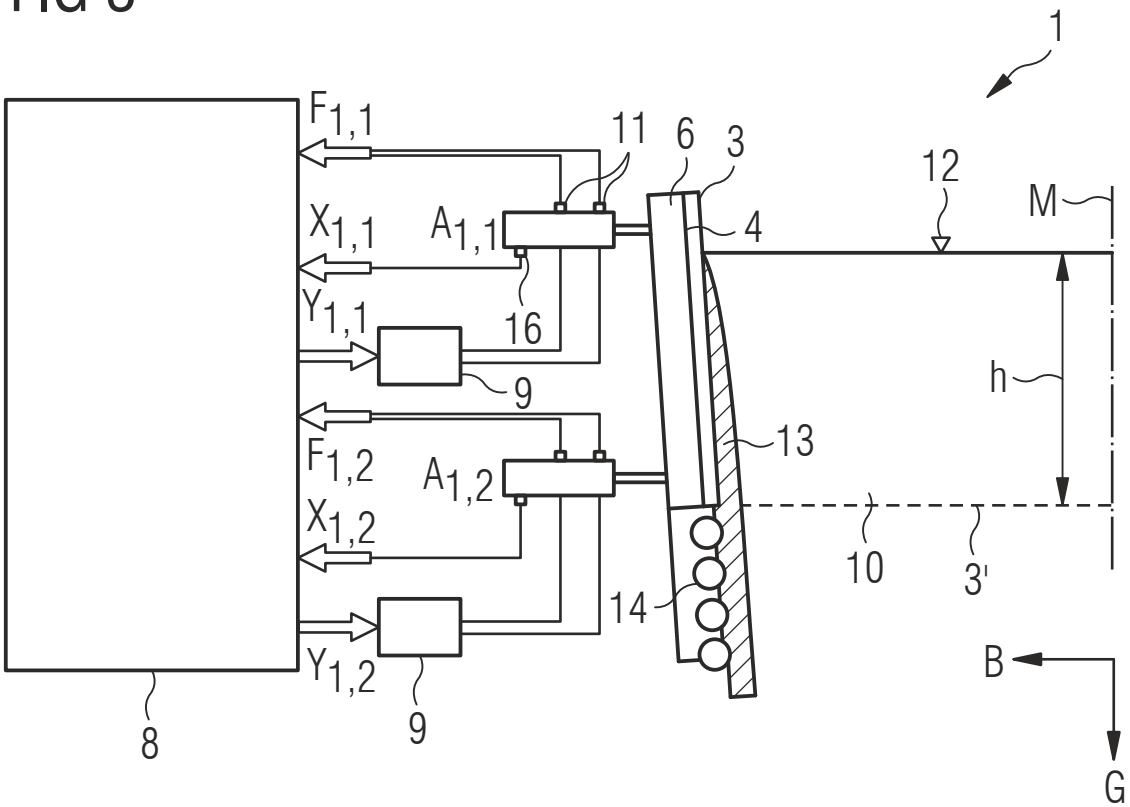

B
1
G
12
3
10
4
4'
F1,1
F2,1
h
F1,2
F2,2
3'
13
14
14'
Pfer
5
M

FIG 3


1
F1,1
11
6
3
12
M
X1,1
A1,1
4
Y1,1
16
9
h
13
F1,2
A1,2
X1,2
10
3'
14
B
Y1,2
9
8
G

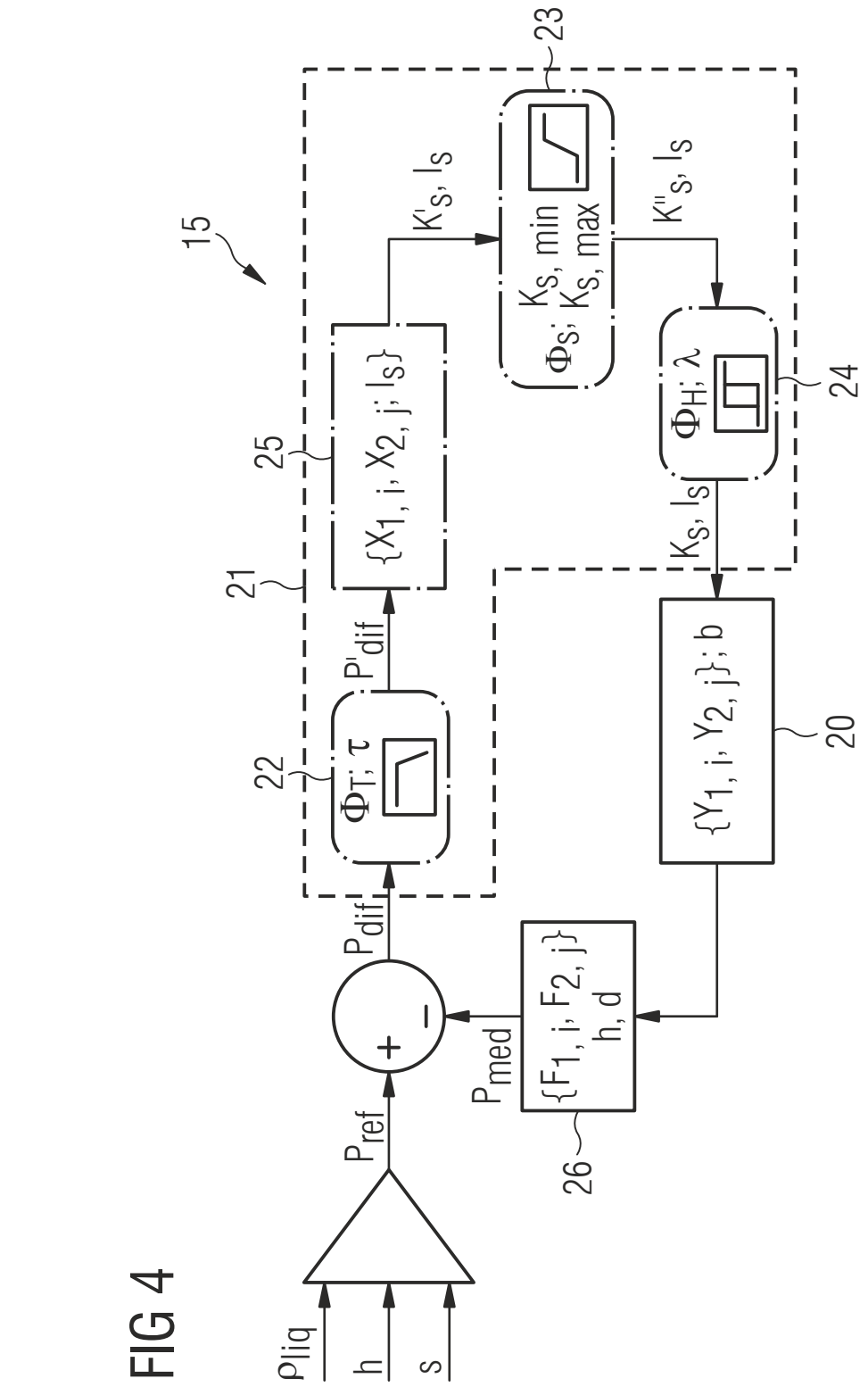

15
23
K'_S, l_S
$K_{S,min}$
$K_{S,max}$
Φ_S;
K''_S, l_S
25
$\{X_1, i, X_2, j; l_S\}$
$\Phi_H; \lambda$
24
21
K_S, l_S
P'_{dif}
22
$\Phi_T; \tau$
$\{Y_1, i, Y_2, j\}; b$
20
P_{dif}
+
−
P_{med}
$\{F_1, i, F_2, j\}$
h, d
26
P_{ref}
P_{liq}
h
s

FIG 4

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
B22D 11/05 (2006.01); B22D 11/16 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
B22D 11/05 (2013.01); B22D 11/168 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
B22D

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC; TXTN

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **26.09.2016** eingereichten Ansprüchen **1-14** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	AT 373515 B (VOEST ALPINE AG]) 25. Januar 1984 (25.01.1984) Figuren 1-3; Seite 4, Zeilen 1-14; Ansprüche 1-4	1, 2, 10-13
A	EP 0914888 A1 (SCHLOEMANN SIEMAG AG) 12. Mai 1999 (12.05.1999) Absätze [0012, 0015-0018, Ansprüche 1, 2, 8, 9, 10-13	1, 10-14
A	JP 5423434 B2 (NIPPON STEEL CORP) 19. Februar 2014 (19.02.2014) Figuren 3, 14, 16	1, 10
A	WO 2008119312 A1 (SMS DEMAG AG) 09. Oktober 2008 (09.10.2008) Figuren 1-4; Ansprüche 1-4	10
A	EP 1486273 A1 (SMS DEMAG AG) 15. Dezember 2004 (15.12.2004)	
A	WO 0074878 A1 (SCHLOEMANN SIEMAG AG) 14. Dezember 2000 (14.12.2000)	

Datum der Beendigung der Recherche:	Seite 1 von 1	Prüfer(in):
02.08.2017		RIEDER Wolfgang

*) **Kategorien** der angeführten Dokumente:

X Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.

Y Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.

P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.

E Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).

& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung einer Schmalseitenkonizität (K_s) einer Stranggusskokille (1) für die Produktion eines Metallstranges (5) mit Hilfe zumindest eines Regelkreises (15), die Stranggusskokille (1) umfassend eine erste Schmalseitenplatte (4) und eine zweite Schmalseitenplatte (4’),

- wobei an der ersten Schmalseitenplatte (4) eine Mehrzahl (N1) positionsgeregelter Aktoren ($A_{1,i}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ zum Positionieren der ersten Schmalseitenplatte (4) und an der zweiten Schmalseitenplatte (4’) eine Mehrzahl (N2) positionsgeregelter Aktoren ($A_{2,j}$) mit $j \in \{1,\ldots,N2\}$ zum Positionieren der zweiten Schmalseitenplatte (4’) in jeweils unterschiedlichem Abstand zum eingießseitigen Ende (3) der Stranggusskokille (1) angeordnet sind, und
- wobei in Wirkrichtung jedes Aktors ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) während des Betriebs der Stranggusskokille (1) entsprechende Kräfte ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ und $j \in \{1,\ldots,N2\}$ auftreten,

dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Zyklusdurchlauf durch den zumindest einen Regelkreis (15)

- ein Referenzdruck (P_{ref}) als Führungsgröße und
- eine mittlere Flächenpressung (P_{med}) zwischen den Schmalseitenplatten (4, 4’) und dem Metallstrang (5) als Regelgröße, wobei die mittlere Flächenpressung (P_{med}) aus den Kräften ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) ermittelt wird,

herangezogen werden und **dass**

- ein Regler (21) in Abhängigkeit von einer Regelabweichung $(P_{dif}) = (P_{ref}) - (P_{med})$ als Eingangsgröße die Schmalseitenkonizität (K_s) als Stellgröße des Regelkreises (15) ermittelt und dass
- über eine Regelstrecke (20) mittels der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) die Position der ersten und/oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4’) entsprechend der Schmalseitenkonizität (K_s) eingestellt wird.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Referenzdruck (P_{ref}) eine Funktion der Dichte (ρ_{liq}) der flüssigen Metallschmelze (10), einer Gießspiegelhöhe (h) und eines dimensionslosen Korrekturfaktors (S) ist.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die mittlere Flächenpressung (P_{med}) durch den Ausdruck

$$P_{med} = [\sum_{i=1}^{N1}(F_{1,i}) + \sum_{j=1}^{N2}(F_{2,j})]/(2 \cdot h \cdot d)$$

mit einer Gießspiegelhöhe (h) und einer Gießdicke (d) der Stranggusskokille (1) bestimmt ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Einstellung einer gemeinsamen Schmalseitenkonizität (K_s) für die erste und die zweite Schmalseitenplatte (4, 4') symmetrisch in Bezug auf die Gießrichtung (G) der Stranggusskokille (1) unter Vorgabe der räumlichen Lage der Mittenlinie (M) des Metallstranges (5) in Bezug auf die Breitseitenplatten (2, 2') sowie der Gießbreite (b) erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Regler (21) eine Regelvorschrift (25) mit einer von der Regelabweichung (P_{dif}) abgeleiteten Eingangsgröße (P_{dif}') und einer Ausgangsgröße (K_s') umfasst und wobei

- in jedem Zyklus des Regelkreises (15) die Istpositionen ($X_{1,i}$, $X_{2,j}$) der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4') erfasst werden,
- daraus ein Istwert (I_s) der Schmalseitenkonizität (K_s) abgeleitet wird und
- in einer Regelstrecke (20) des Regelkreises (15), die die Wirkung der Schmalseitenkonizität (K_s) auf die mittlere Flächenpressung (P_{med}) abbildet, die Schmalseitenkonizität (K_s) durch Vorgabe von entsprechenden Sollpositionen ($Y_{1,i}$,

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

$Y_{2,j}$) für die Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) zumindest einer der ersten oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4') nur dann neu eingestellt wird, wenn eine Differenz zum ermittelten Istwert (I_s) besteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Regelvorschrift (25) $K_s' = I_s - k \cdot P_{dif}'$ lautet, wobei k ein Proportionalitätsfaktor mit einem Wertebereich von 0.001 bis 0.1 ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, bei dem aus der Regelabweichung (P_{dif}) durch eine erste Filterung (22) mittels eines zeitbezogenen Filters (Φ_T) die Eingangsgröße (P_{dif}') der Regelvorschrift (25) gemäß

$$P_{dif}' = \Phi_T(P_{dif}; \{P_{dif}\}_{\tau}),$$

bestimmt wird, wobei $\{P_{dif}\}_{\tau}$ eine Menge aus über eine Zeitspanne τ zurückreichenden, gespeicherten Werten der Regelabweichung (P_{dif}) aus vorangegangenen Zyklen des Regelkreises (15) ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem aus der Ausgangsgröße (K_s') der Regelvorschrift (25) durch eine zweite Filterung (23) mittels eines Sättigungsfilters (Φs) ein abgeleiteter Wert (K_s'') gemäß

$$K_s'' = \Phi s(K_s', K_{s,min}, K_{s,max}),$$

bestimmt wird, wobei $K_{s,min}$ ein unterer Grenzwert und $K_{s,max}$ ein oberer Grenzwert für die Schmalseitenkonizität (K_s) sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8, bei dem durch eine dritte Filterung (24) eines aus der Ausgangsgröße (K_s') der Regelvorschrift (25) abgeleiteten Wertes (K_s'') mittels eines Hysteresefilters (Φ_H) die Schmalseitenkonizität (K_s) gemäß

$$K_s = \Phi_H(|K_s'' - I_s|; \lambda),$$

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

bestimmt wird, wobei | | die Bildung des numerischen Absolutwertes und λ den Schwellwert des Hysteresefilters (Φ_H) bezeichnen.

10. Vorrichtung zur Einstellung zumindest einer Schmalseitenkonizität (K_s) einer Stranggusskokille (1) für die Produktion eines Metallstranges (5), insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens gemäß den Ansprüchen 1 bis 9, wobei die Stranggusskokille (1) eine erste Schmalseitenplatte (4) und eine zweite Schmalseitenplatte (4') umfasst,

- wobei an der ersten Schmalseitenplatte (4) eine Mehrzahl (N1) positionsgeregelter Aktoren ($A_{1,i}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ zum Positionieren der ersten Schmalseitenplatte (4) und an der zweiten Schmalseitenplatte (4') eine Mehrzahl (N2) positionsgeregelter Aktoren ($A_{2,j}$) mit $j \in \{1,\ldots,N2\}$ zum Positionieren der zweiten Schmalseitenplatte (4') in jeweils unterschiedlichem Abstand zum eingießseitigen Ende (3) der Stranggusskokille (1) angeordnet sind, und
- wobei die Vorrichtung über eine Regeleinheit (8) und Einrichtungen (11) zur Erfassung der während des Betriebs der Stranggusskokille (1) in Wirkrichtung der jeweiligen Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) auftretenden Kräfte ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) mit $i \in \{1,\ldots,N1\}$ und $j \in \{1,\ldots,N2\}$ verfügt,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Regeleinheit (8) für zumindest einen Regelkreis (15) eingerichtet ist, wobei der Regelkreis (15)

- einen Referenzdruck (P_{ref}) als Führungsgröße,
- eine mittlere Flächenpressung (P_{med}) zwischen den Schmalseitenplatten (4, 4') und dem Metallstrang (5) als Regelgröße, wobei die mittlere Flächenpressung (P_{med}) aus den Kräften ($F_{1,i}$, $F_{2,j}$) ermittelbar ist,
- einen Regler (21), durch den in Abhängigkeit von einer Regelabweichung (P_{dif}) = (P_{ref}) – (P_{med}) als Eingangsgröße die Schmalseitenkonizität (K_s) als Stellgröße des Regelkreises (15) ermittelbar ist, und

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE

- eine Regelstrecke (20), über die mittels der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) die Position der ersten und/oder der zweiten Schmalseitenplatte (4, 4') entsprechend der Schmalseitenkonizität (K_s) einstellbar ist,

aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der zumindest einer der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) ein hydraulisch bewegter Aktor ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der zumindest einer der hydraulisch bewegten Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) ein doppeltwirkender Hydraulikzylinder ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei der zumindest einer der Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) einen elektrischen Drehantrieb besitzt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 11, bei zumindest einer der elektrisch angetriebenen Aktoren ($A_{1,i}$, $A_{2,j}$) ein Linearmotor ist.

ZULETZT VORGELEGTE ANSPRÜCHE