

(19)



(11)

EP 2 523 764 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
24.01.2018 Patentblatt 2018/04

(51) Int Cl.:
B22D 11/16 ^(2006.01) **B22D 11/18** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10798820.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/070769

(22) Anmeldetag: **28.12.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/085938 (21.07.2011 Gazette 2011/29)

(54) **REGELVERFAHREN FÜR DEN GIESSSPIEGEL EINER STRANGGIESSKOKILLE**

Regulating method for the casting mould of a continuous casting mould

Procédé de réglage pour la surface de bain d'une coquille de coulée par faisceau

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

(30) Priorität: **15.01.2010 EP 10150817**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.11.2012 Patentblatt 2012/47

(73) Patentinhaber: **Primetals Technologies Germany GmbH**
91052 Erlangen (DE)

(72) Erfinder: **WEISSHAAR, Bernhard**
91074 Herzogenaurach (DE)

(74) Vertreter: **Metals@Linz**
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A1- 19 640 806

EP 2 523 764 B1

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Regelverfahren für den Gießspiegel einer Stranggießkokille,

- wobei der Zufluss flüssigen Metalls in die Stranggießkokille mittels einer Verschlusseinrichtung eingestellt und der teilerstarzte Metallstrang mittels einer Abzugseinrichtung aus der Stranggießkokille abgezogen wird,
- wobei ein gemessener Istwert des Gießspiegels einem Gießspiegelregler zugeführt wird, der anhand des Istwerts und eines korrespondierenden Sollwerts eine Sollstellung für die Verschlusseinrichtung ermittelt und der Verschlusseinrichtung zuführt,
- wobei der gemessene Istwert und eine Iststellung der Verschlusseinrichtung einem Störgrößenkompensator zugeführt werden,
- wobei innerhalb des Störgrößenkompensators ein Erwartungswert für den Gießspiegel ermittelt und vom gemessenen Istwert des Gießspiegels subtrahiert wird.

[0002] Ein derartiges Regelverfahren ist beispielsweise aus der US 5,921,313 A bekannt. Bei dem bekannten Regelverfahren ist ein Schwingungskompensator vorhanden, der Bulgingschwingungen kompensiert.

[0003] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm, das Maschinencode umfasst, der von einer Steuereinrichtung für eine Stranggießanlage unmittelbar ausführbar ist und dessen Ausführung durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Gießspiegel einer Stranggießkokille der Stranggießanlage gemäß einem derartigen Regelverfahren regelt.

[0004] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Steuereinrichtung für eine Stranggießanlage, die derart ausgebildet ist, dass sie im Betrieb ein derartiges Regelverfahren ausführt.

[0005] Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung eine Stranggießanlage, die von einer derartigen Steuereinrichtung gesteuert wird.

[0006] Der Gießspiegel in der Stranggießkokille wird unter anderem durch sprungförmige Störungen in unerwünschter Weise beeinflusst. Beispiele derartiger unerwünschter Störungen sind das sogenannte "Clogging" und "Unclogging", das heißt das plötzliche Anbacken oder Abbrechen von Aluminiumoxid im Zulaufkanal der Kokille. Ebenso kann der Gießspiegel durch ruckartiges Abziehen des Metallstrangs in unerwünschter Weise beeinflusst werden. Jede Störung des Gießspiegels bedeutet einen Qualitätsverlust des Strangs. Gießspiegelschwankungen sollten deshalb so gering wie möglich gehalten werden.

[0007] Im Stand der Technik ist der Gießspiegelregler meist als PI-Regler oder als PID-Regler ausgebildet, der zusätzlich mehrere Zusatzfunktionen zur Bekämpfung spezifischer Störungen aufweist. Ein Beispiel einer der-

artigen Zusatzfunktion ist die obenstehend erwähnte Kompensation von Bulgingschwingungen. Der Integralanteil des Gießspiegelreglers ist im Stand der Technik erforderlich, um die stationäre Sollstellung für die Verschlusseinrichtung zu finden und zu halten.

[0008] Bei plötzlichen Zuflussstörungen oder Abzugstörungen muss der Gießspiegelregler schnell reagieren. Insbesondere muss der Integralanteil des Gießspiegelreglers schnell auf eine neue Sollstellung für die Verschlusseinrichtung einschwingen. Ein Integralanteil mit kleiner Nachstellzeit wird zwar schnell reagieren, dafür aber überschwingen. Ein Integralanteil mit großer Nachstellzeit wird zwar nicht überschwingen, dafür aber zu langsam reagieren. In beiden Fällen kann der Gießspiegel nicht in dem gewünschten Maß wieder schnell und trotzdem zuverlässig gedämpft auf seinen Sollwert zurückgebracht werden.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, eine genauere Regelung zu erreichen.

[0010] Die Aufgabe wird durch ein Regelverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Regelverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 9.

[0011] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, ein Regelverfahren der eingangs genannten Art dadurch auszugestalten,

- dass die Differenz innerhalb des Störgrößenkompensators einem Differenzregler zugeführt wird, der daraus ein Reglerausgangssignal ermittelt,
- dass das Reglerausgangssignal einerseits mit einem Aufschaltfaktor multipliziert wird und das mit dem Aufschaltfaktor multiplizierte Reglerausgangssignal als Störgrößenkompensationswert auf die Sollstellung aufgeschaltet wird,
- dass auf das Reglerausgangssignal andererseits ein aus der Iststellung abgeleitetes Zuflusssignal aufgeschaltet wird und das Aufschaltergebnis innerhalb des Störgrößenkompensators einem Integrator zugeführt wird, dessen Ausgangssignal dem Erwartungswert für den Gießspiegel entspricht.

[0012] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der Erwartungswert für den Gießspiegel unverzüglich vom gemessenen Istwert des Gießspiegels subtrahiert wird. Durch diese Vorgehensweise kann ein schnelleres Reagieren auf Gießspiegelstörungen erreicht werden.

[0013] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Aufschaltfaktor zu Beginn des Regelverfahrens einen Anfangswert aufweist und im Laufe des Regelverfahrens stetig auf einen Endwert erhöht wird. Durch diese Vorgehensweise ist insbesondere ein störungsfreies Zuschalten des Störgrößenkompensators möglich. Dies gilt ganz besonders, wenn der Anfangswert des Aufschaltfaktors Null ist und der Endwert des Aufschaltfaktors Eins

ist.

[0014] Der Gießspiegelregler ist üblicherweise als Regler mit Integralverhalten ausgebildet, beispielsweise als PI-Regler oder als PID-Regler. Auf Grund seines Integralverhaltens weist der Gießspiegelregler eine Nachstellzeit auf. Die Nachstellzeit ist dafür charakteristisch, wie schnell der Gießspiegelregler auf Störungen reagiert. Insbesondere reagiert der Gießspiegelregler bei einer kleinen Nachstellzeit schnell auf Störungen, neigt aber zu Überschwingungen. Umgekehrt reagiert der Gießspiegelregler bei großer Nachstellzeit zwar stabil auf Gießspiegelstörungen, reagiert dafür aber langsamer. In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Nachstellzeit des Gießspiegelreglers während und/oder nach dem Erhöhen des Aufschaltfaktors von einem Anfangswert auf einen Endwert erhöht wird. Der Anfangswert und der Endwert der Nachstellzeit sind selbstverständlich andere Werte als der Anfangswert und der Endwert des Aufschaltfaktors.

[0015] Es ist möglich, dass der Endwert der Nachstellzeit endlich ist. In diesem Fall bleibt ein Integralanteil des Gießspiegelreglers in jedem Betriebszustand erhalten. Es ist jedoch ebenso möglich, dass der Endwert der Nachstellzeit unendlich ist. Dies entspricht einem vollständigen Abschalten des Integralanteils des Gießspiegelreglers. Wenn der Gießspiegelregler beispielsweise als PI-Regler ausgebildet ist, arbeitet er mit einer Nachstellzeit von unendlich nur noch als P-Regler. Ebenso kann beispielsweise ein PID-Regler durch Erhöhen der Nachstellzeit auf den Wert unendlich zu einem PD-Regler reduziert werden.

[0016] Der Differenzregler ist (zumindest) als Proportionalregler ausgebildet. Er weist daher eine Proportionalverstärkung auf. In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung wird die Proportionalverstärkung während und/oder nach dem Erhöhen des Aufschaltfaktors von einem Anfangswert auf einen Endwert erhöht. Der Anfangswert und der Endwert der Proportionalverstärkung sind hierbei andere Werte als der Anfangswert und der Endwert des Aufschaltfaktors.

[0017] Das Erhöhen der Proportionalverstärkung des Differenzreglers und das Erhöhen der Nachstellzeit des Gießspiegelreglers sind unabhängig voneinander. Es ist also möglich, nur den einen Wert zu erhöhen und den anderen Wert konstant zu halten oder beide Werte zu erhöhen. Auch kann in dem Fall, dass beide Werte erhöht werden, das Erhöhen in voneinander verschiedenen Zeitfenstern erfolgen.

[0018] Der Anfangswert der Proportionalverstärkung des Differenzreglers kann nach Bedarf bestimmt sein. Vorzugsweise ist der Anfangswert gleich einer Proportionalverstärkung des Gießspiegelreglers.

[0019] Der Differenzregler kann beispielsweise als PI-Regler oder als noch komplexerer Regler ausgebildet sein. Bevorzugt ist jedoch, dass der Differenzregler als reiner P-Regler ausgebildet ist.

[0020] Die vorliegende Erfindung wird weiterhin durch

ein Computerprogramm der eingangs genannten Art gelöst, wobei die Ausführung des Computerprogramms bewirkt, dass die Steuereinrichtung den Gießspiegel der Stranggießkokille gemäß einem erfindungsgemäßen Regelverfahren regelt. Das Computerprogramm kann beispielsweise auf einem Datenträger in maschinenlesbarer Form gespeichert sein. Der Datenträger kann insbesondere Bestandteil der Steuereinrichtung sein.

[0021] Die Aufgabe wird weiterhin durch eine Steuereinrichtung für eine Stranggießanlage gelöst, die derart ausgebildet ist, dass sie im Betrieb ein erfindungsgemäßes Regelverfahren ausführt. Schließlich wird die Aufgabe durch eine Stranggießanlage gelöst, die von einer erfindungsgemäßen Steuereinrichtung gesteuert wird.

[0022] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen. Es zeigen in Prinzipdarstellung:

- 20 FIG 1 schematisch eine Stranggießanlage,
- FIG 2 ein regelungstechnisches Blockschaltbild einer Regelanordnung,
- FIG 3 schematisch die interne Struktur eines Störgrößenkompensators und
- 25 FIG 4 und 5 Zeitdiagramme.

[0023] Gemäß FIG 1 weist eine Stranggießanlage eine Stranggießkokille 1 auf. In die Stranggießkokille 1 wird über ein Tauchrohr 2 flüssiges Metall 3 gegossen, beispielsweise Stahl oder Aluminium. Der Zufluss des flüssigen Metalls 3 in die Stranggießkokille 1 wird mittels einer Verschlusseinrichtung 4 eingestellt. Dargestellt ist in FIG 1 eine Ausbildung der Verschlusseinrichtung 4 als Verschlussstopfen. In diesem Fall entspricht eine Stellung der Verschlusseinrichtung 4 einer Hubposition des Verschlussstopfens. Alternativ kann die Verschlusseinrichtung 4 als Schieber ausgebildet sein. In diesem Fall entspricht die Verschlussstellung der Schieberposition.

[0024] Das in der Stranggießkokille 1 befindliche flüssige Metall 3 wird mittels Kühleinrichtungen gekühlt, so dass sich eine Strangschale 5 bildet. Der Kern 6 des Metallstrangs 7 ist jedoch noch flüssig. Er erstarrt erst später. Die Kühleinrichtungen sind in FIG 1 nicht mit dargestellt. Der teilerstarrte Metallstrang 7 (erstarre Strangschale 5, flüssiger Kern 6) wird mittels einer Abzugseinrichtung 8 aus der Stranggießkokille 1 abgezogen.

[0025] Der Gießspiegel 9 des flüssigen Metalls 3 in der Stranggießkokille 1 soll möglichst konstant gehalten werden. Eine Abzugsgeschwindigkeit v , mit welcher der teilerstarrte Metallstrang 7 aus der Stranggießkokille 1 abgezogen wird, ist in der Regel konstant. Daher wird - sowohl im Stand der Technik als auch bei der vorliegenden Erfindung - die Stellung der Verschlusseinrichtung 4 nachgeführt, um den Zufluss des flüssigen Metalls 3 in die Stranggießkokille 1 so einzustellen, dass der Gießspiegel 9 möglichst konstant gehalten wird.

[0026] Mittels einer entsprechenden Messeinrichtung 10 (als solche bekannt) wird ein Istwert h_G des

Gießspiegels 9 erfasst. Der Istwert hG wird einer Steuereinrichtung 11 für die Stranggießanlage zugeführt. Die Steuereinrichtung 11 ermittelt gemäß einem Regelverfahren, das nachstehend näher erläutert wird, eine von der Verschlusseinrichtung 4 anzunehmende Sollstellung p*. Die Verschlusseinrichtung 4 wird sodann von der Steuereinrichtung 11 entsprechend angesteuert. In der Regel gibt die Steuereinrichtung 11 ein entsprechendes Stellsignal an eine Verstelleinrichtung 12 für die Verschlusseinrichtung 4 aus. Bei der Verstelleinrichtung 12 kann es sich beispielsweise um eine Hydraulikzylindereinheit handeln.

[0027] In der Regel wird weiterhin mittels einer entsprechenden Messeinrichtung 13 (als solche bekannt) eine Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 erfasst und der Steuereinrichtung 11 zugeführt. Üblicherweise erfolgt daher ein Regeln (closed loop control) der Verschlussposition. Alternativ wäre auch eine reine Steuerung (open loop control) möglich.

[0028] Die Steuereinrichtung 11 ist derart ausgebildet, dass sie im Betrieb ein erfindungsgemäßes Regelverfahren ausführt. In der Regel wird die Wirkungsweise der Steuereinrichtung 11 durch ein Computerprogramm 14 bestimmt, mit dem die Steuereinrichtung 11 programmiert ist. Zu diesem Zweck ist das Computerprogramm 14 innerhalb der Steuereinrichtung 11 in einem Datenträger 15 gespeichert, beispielsweise einem Flash-EPROM. Der Datenträger 15 ist Bestandteil der Steuereinrichtung 11. Die Speicherung erfolgt in maschinenlesbarer Form.

[0029] Das Computerprogramm 14 kann der Steuereinrichtung 11 über einen mobilen Datenträger 16 zugeführt worden sein, beispielsweise einen USB-Memorystick (dargestellt) oder eine SD-Speicherkarte (nicht dargestellt). Auch auf dem mobilen Datenträger 16 ist das Computerprogramm 14 in maschinenlesbarer Form gespeichert. Alternativ ist es möglich, das Computerprogramm 14 der Steuereinrichtung 11 über eine Rechner-netzanbindung oder ein Programmiergerät zuzuführen.

[0030] Das Computerprogramm 14 umfasst Maschinencode 17, der von der Steuereinrichtung 11 unmittelbar ausführbar ist. Das Ausführen des Maschinencodes 17 durch die Steuereinrichtung 11 bewirkt, dass die Steuereinrichtung 11 den Gießspiegel 9 der Stranggießkokille 1 gemäß einem erfindungsgemäßen Regelverfahren regelt. Dieses Regelverfahren wird nachfolgend in Verbindung mit den FIG 2 und 3 näher erläutert.

[0031] FIG 2 zeigt eine von der Steuereinrichtung 11 implementierte Regelanordnung. Der Betrieb der Regelanordnung von FIG 2 ermöglicht ein erfindungsgemäßes Regelverfahren für den Gießspiegel 9 der Stranggießkokille 1.

[0032] Gemäß FIG 2 weist die Regelanordnung einen Gießspiegelregler 18 auf. Der Gießspiegelregler 18 ermittelt anhand eines Sollwertes hG* für den Gießspiegel 9 und des mittels der Messeinrichtung 10 erfassten Istwertes hG für den Gießspiegel 9 gemäß einer Reglercharakteristik die Sollstellung p* für die Verschlusseinrich-

tung 4. Die Reglercharakteristik des Gießspiegelreglers 18 ist gemäß der Darstellung von FIG 2 proportional-integral. Es sind jedoch alternativ andere Regelcharakteristiken möglich, beispielsweise PID. Unabhängig von seiner konkreten Ausgestaltung ist der Gießspiegelregler 18 jedoch vorzugsweise als Regler mit Integralverhalten ausgebildet.

[0033] Die Sollstellung p* für die Verschlusseinrichtung 4 wird der Verschlusseinrichtung 4 zugeführt. Wie bereits erwähnt, erfolgt das Einstellen der Verschlusseinrichtung 4 üblicherweise geregelt. In diesem Fall, der in FIG 2 dargestellt ist, wird die Sollstellung einem Positionsregler 19 zugeführt, dem weiterhin auch die Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 zugeführt wird. Der Positionsregler 19 kann beispielsweise als P-Regler ausgebildet sein.

[0034] Die Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 wirkt auf Grund des dadurch eingestellten Zuflusses an flüssigem Metall 3 auf den tatsächlichen Gießspiegel 9. Der Istwert hG des Gießspiegels 9 wird erfasst und, wie bereits erwähnt, dem Gießspiegelregler 18 zugeführt.

[0035] Auf die Stranggießkokille 1 können Störgrößen wirken, welche den Gießspiegel 9 beeinflussen. Zur Kompensation der Störgrößen ist ein Störgrößenkompensator 20 vorgesehen. Dem Störgrößenkompensator 20 werden der gemessene Istwert hG des Gießspiegels 9 sowie die Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 zugeführt.

[0036] Der Aufbau und die Wirkungsweise des Störgrößenkompensators 20 werden nachfolgend in Verbindung mit FIG 3 näher erläutert.

[0037] Gemäß FIG 3 umfasst der Störgrößenkompensator 20 unter anderem einen Integrator 21. Eine Integrationszeitkonstante TK des Integrators 21 ist vorzugsweise durch den Querschnitt der Stranggießkokille 1, den Messbereich δhG der Messeinrichtung 10 für den Istwert hG des Gießspiegels 9 und den Messbereich δp der Messeinrichtung 13 für die Istposition p sowie die Kennlinie K der Verschlusseinrichtung 4 bestimmt. Insbesondere kann die Integrationszeitkonstante TK zu

$$TK = \frac{\delta hG}{\delta p} \cdot K$$

ermittelt werden. Der konkrete Wert für die Kennlinie K ergibt sich durch einen fiktiven Arbeitspunkt der Verschlusseinrichtung 4, das heißt die Stellung der Verschlusseinrichtung 4, bei welcher der Zufluss an flüssigem Metall 3 in die Stranggießkokille 1 und die bei der gegebenen Abzugsgeschwindigkeit v abgezogene Menge an Metall im Gleichgewicht stehen.

[0038] Dem Integrator 21 wird innerhalb des Störgrößenkompensators 20 ein Eingangswert zugeführt, auf den später noch eingegangen wird. Der Integrator 21 ermittelt durch Integrieren des Eingangswerts entsprechend der Integrationszeitkonstante TK ein Ausgangssignal hE. Das Ausgangssignal hE entspricht einem Er-

wartungswert hE für den Gießspiegel 9.

[0039] Der Erwartungswert hE wird innerhalb des Störgrößenkompensators 20 einem Knotenpunkt 22 zugeführt, dem weiterhin der Istwert hG des Gießspiegels 9 zugeführt wird. Im Knotenpunkt 22 wird der Erwartungswert hE vom Istwert hG subtrahiert. Die Differenz wird nachfolgend mit dem Bezugszeichen e bezeichnet.

[0040] Die Messeinrichtung 10 für den Gießspiegel 9 ist verzögerungsbehaftet. Der Istwert hG des Gießspiegels 9 weist daher eine Verzögerungszeit auf. Es ist möglich, den Erwartungswert hE durch ein Verzögerungselement entsprechend aktiv zu verzögern. Das Verzögerungselement müsste zu diesem Zweck zwischen dem Integrator 21 und dem Knotenpunkt 22 angeordnet sein. Vorzugsweise aber ist kein derartiges Verzögerungselement vorhanden. Der Erwartungswert hE für den Gießspiegel 9 wird daher vorzugsweise unverzögert vom gemessenen Istwert hG des Gießspiegels 9 subtrahiert.

[0041] Die Differenz e wird innerhalb des Störgrößenkompensators 20 einem Differenzregler 23 zugeführt. Der Differenzregler 23 ermittelt anhand der Differenz e ein Reglerausgangssignal e' . Der Differenzregler 23 kann nach Bedarf ausgebildet sein. Beispielsweise kann der Differenzregler 23 als PI-Regler ausgebildet sein. Bevorzugt ist, dass der Differenzregler 23 als reiner P-Regler ausgebildet ist. Unabhängig von seiner konkreten Ausgestaltung weist der Differenzregler 23 jedoch eine Proportionalverstärkung kP auf.

[0042] Das Reglerausgangssignal e' entspricht vom Ansatz her bereits einem Störgrößenkompensationswert z , der auf die Sollstellung p^* der Verschlusseinrichtung 4 aufgeschaltet werden soll. Vor dem Aufschalten wird das Reglerausgangssignal e' jedoch in einem Multiplizierer 24 mit einem Aufschaltfaktor k multipliziert. Das Produkt von Aufschaltfaktor k und Reglerausgangssignal e' entspricht dem Störgrößenkompensationswert z .

[0043] Der Aufschaltfaktor k kann einen festen Wert aufweisen. Insbesondere ist es möglich, dass der Aufschaltfaktor k konstant den Wert Eins aufweist. Bevorzugt ist jedoch, dass der Aufschaltfaktor k entsprechend der Darstellung von FIG 4 zu Beginn des Regelverfahrens einen Anfangswert kA aufweist und im Laufe des Regelverfahrens stetig auf einen Endwert kE erhöht wird. Insbesondere ist es möglich, dass der Anfangswert kA Null ist und der Endwert kE Eins ist.

[0044] Auf das Reglerausgangssignal e' wird weiterhin innerhalb des Störgrößenkompensators 20 ein Zuflusssignal Z aufgeschaltet. Das Zuflusssignal Z wird gemäß FIG 3 aus der Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 abgeleitet. Insbesondere kann gemäß FIG 3 das Zuflusssignal Z dadurch ermittelt werden, dass anhand der Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 und der Kennlinie K der Verschlusseinrichtung 4 der Zufluss Z ermittelt wird, der sich bei der gegebenen Iststellung p der Verschlusseinrichtung 4 ergibt. Das Aufschaltergebnis wird innerhalb des Störgrößenkompensators 20 dem Integrator 21 als dessen Eingangssignal zugeführt.

[0045] Wie bereits erwähnt, ist der Gießspiegelregler

18 vorzugsweise als Regler mit Integralverhalten ausgebildet. Der Gießspiegelregler 18 weist daher vorzugsweise eine Nachstellzeit TN auf. Die Nachstellzeit TN ist charakteristisch für das Integralverhalten des Gießspiegelreglers 18.

[0046] Es ist möglich, dass die Nachstellzeit TN des Gießspiegelreglers 18 zeitlich konstant gehalten wird. Bevorzugt ist jedoch entsprechend der Darstellung der Figuren 4 und 5, dass die Nachstellzeit TN des Gießspiegelreglers 18 während und/oder nach dem Erhöhen des Aufschaltfaktors k von einem Anfangswert TA auf einen Endwert TE erhöht wird. FIG 4 zeigt ein Erhöhen der Nachstellzeit TN während des Erhöehens des Aufschaltfaktors k . FIG 5 zeigt ein Erhöhen der Nachstellzeit TN nach dem Erhöhen des Aufschaltfaktors k . Auch andere Ausgestaltungen sind möglich. Beispielsweise kann das Erhöhen der Nachstellzeit TN mit dem Erhöhen des Aufschaltfaktors k begonnen werden und über den Zeitpunkt, zu dem der Aufschaltfaktor k seinen Endwert kE erreicht, hinaus beibehalten werden. Ebenso ist es möglich, mit dem Erhöhen der Nachstellzeit TN zu einem Zeitpunkt zu beginnen, zu dem der Aufschaltfaktor k zwar bereits größer als sein Anfangswert kA , aber noch kleiner als sein Endwert kE ist.

[0047] Entsprechend der durchgezogenen Darstellung der FIG 4 und 5 ist es möglich, dass der Endwert TE der Nachstellzeit TN endlich ist. In diesem Fall wird auch nach Erreichen des Endwerts TE der Nachstellzeit TN ein - wenn auch reduziertes - Integralverhalten des Gießspiegelreglers 18 beibehalten. Alternativ ist es entsprechend der gestrichelten Darstellung der FIG 4 und 5 möglich, die Nachstellzeit TN auf den Endwert TE = unendlich zu erhöhen. In diesem Fall wird das Integralverhalten des Gießspiegelreglers 18 vollständig unterdrückt.

[0048] In analoger Weise ist es möglich, dass die Proportionalverstärkung kP des Differenzreglers 23 während des gesamten Regelverfahrens konstant ist. Bevorzugt ist jedoch entsprechend den Darstellungen der FIG 4 und 5, dass die Proportionalverstärkung kP während (siehe FIG 4) und/oder nach (siehe FIG 5) dem Erhöhen des Aufschaltfaktors k von einem Anfangswert kPA auf einen Endwert kPE erhöht wird. Analog zum Erhöhen der Nachstellzeit TN sind auch hier Ausgestaltungen möglich, dass beispielsweise zwar das Erhöhen der Proportionalverstärkung kP des Differenzreglers 23 zusammen mit dem Erhöhen des Aufschaltfaktors k begonnen wird, sich aber über den Zeitpunkt hinaus erstreckt, zu dem der Aufschaltfaktor k seinen Endwert kE erreicht. Ebenso ist es möglich, beispielsweise mit dem Erhöhen der Proportionalverstärkung kP des Differenzreglers 23 zu beginnen, während der Aufschaltfaktor k einen Zwischenwert zwischen seinem Anfangswert kA und seinem Endwert kE aufweist.

[0049] Der Anfangswert kPA der Proportionalverstärkung kP des Differenzreglers 23 kann nach Bedarf gewählt sein. Vorzugsweise ist der Anfangswert kPA gleich einer Proportionalverstärkung k' des Gießspiegelreglers

18.

[0050] Das Erhöhen der Proportionalverstärkung k_P des Differenzreglers 23 und das Erhöhen der Nachstellzeit T_N des Gießspiegelreglers 18 sind unabhängig voneinander realisierbar. Insbesondere ist es möglich, nur die Proportionalverstärkung k_P des Differenzreglers 23 zu erhöhen, die Nachstellzeit T_N des Gießspiegelreglers 18 hingegen konstant zu halten. Ebenso ist es umgekehrt möglich, nur die Nachstellzeit T_N des Gießspiegelreglers 18 zu erhöhen, die Proportionalverstärkung k_P des Differenzreglers 23 hingegen konstant zu halten. Besonders bevorzugt ist jedoch, sowohl die Proportionalverstärkung k_P des Differenzreglers 23 als auch die Nachstellzeit T_N des Gießspiegelreglers 18 zu erhöhen. In diesem letztgenannten Fall ist es möglich, dass die Erhöhung der Proportionalverstärkung k_P des Differenzreglers 23 und die Erhöhung der Nachstellzeit T_N des Gießspiegelreglers 18 im gleichen Zeitfenster erfolgen. Es ist jedoch alternativ möglich, die Erhöhung in voneinander verschiedenen Zeitfenstern vorzunehmen, wobei gegebenenfalls ein Überlappungsbereich gegeben sein kann.

[0051] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere übernimmt bei dem erfindungsgemäßen Regelverfahren der Störgrößenkompensator 20 weitgehend die Ermittlung der stationären Sollstellung p^* der Verschlusseinrichtung 4. Gleichzeitig arbeitet der Störgrößenkompensator 20 dynamisch günstiger als der Integralanteil des Gießspiegelreglers 18. Die Nachstellzeit T_N des Gießspiegelreglers 18 kann daher größer gewählt werden, weil der Integralanteil nur noch geringfügige Ungenauigkeiten ausgleichen muss. In Einzelfällen kann der Integralanteil sogar ganz entfallen (Nachstellzeit T_N gegen unendlich). Mit dem erfindungsgemäßen Regelverfahren kann somit erheblich besser auf sprungartige Störungen beim Zuführen flüssigen Metalls 3 in die Stranggießkokille 1 und beim Abziehen des Metallstrangs 7 aus der Stranggießkokille 1 reagiert werden und damit der Gießspiegel 9 besser konstant gehalten werden.

[0052] Die obige Beschreibung dient ausschließlich der Erläuterung der vorliegenden Erfindung. Der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung soll hingegen ausschließlich durch die beigefügten Ansprüche bestimmt sein.

Patentansprüche

1. Regelverfahren für den Gießspiegel (9) einer Stranggießkokille (1),

- wobei der Zufluss flüssigen Metalls (3) in die Stranggießkokille (1) mittels einer Verschlusseinrichtung (4) eingestellt und der teilerstartete Metallstrang (7) mittels einer Abzugseinrichtung (8) aus der Stranggießkokille (1) abgezogen wird,

- wobei ein gemessener Istwert (h_G) des Gießspiegels (9) einem Gießspiegelregler (18) zugeführt wird, der anhand des Istwerts (h_G) und eines korrespondierenden Sollwerts (h_G^*) eine Sollstellung (p^*) für die Verschlusseinrichtung (4) ermittelt und der Verschlusseinrichtung (4) zuführt,

- wobei der gemessene Istwert (h_G) und eine Iststellung (p) der Verschlusseinrichtung (4) einem Störgrößenkompensator (20) zugeführt werden,

- wobei innerhalb des Störgrößenkompensators (20) ein Erwartungswert (h_E) für den Gießspiegel (9) ermittelt und vom gemessenen Istwert (h_G) des Gießspiegels (9) subtrahiert wird,

- wobei die Differenz (e) innerhalb des Störgrößenkompensators (20) einem Differenzregler (23) zugeführt wird, der daraus ein Reglerausgangssignal (e') ermittelt,

- wobei das Reglerausgangssignal (e') einerseits mit einem Aufschaltfaktor (k) multipliziert wird und das mit dem Aufschaltfaktor (k) multiplizierte Reglerausgangssignal (e') als Störgrößenkompensationswert (z) auf die Sollstellung (p^*) aufgeschaltet wird,

- wobei auf das Reglerausgangssignal (e') andererseits ein aus der Iststellung (p) abgeleitetes Zuflusssignal (Z) aufgeschaltet wird und das Aufschaltergebnis innerhalb des Störgrößenkompensators (20) einem Integrator (21) zugeführt wird, dessen Ausgangssignal (h_E) dem Erwartungswert (h_E) für den Gießspiegel (9) entspricht.

2. Regelverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Erwartungswert (h_E) für den Gießspiegel (9) unverzüglich vom gemessenen Istwert (h_G) des Gießspiegels (9) subtrahiert wird.

3. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aufschaltfaktor (k) zu Beginn des Regelverfahrens einen Anfangswert (k_A) aufweist und im Laufe des Regelverfahrens stetig auf einen Endwert (k_E) erhöht wird.

4. Regelverfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anfangswert (k_A) des Aufschaltfaktors (k) Null ist und der Endwert (k_E) des Aufschaltfaktors (k) Eins ist.

5. Regelverfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gießspiegelregler (18) als Regler mit Integralverhalten ausgebildet ist und dass eine Nachstellzeit (T_N) des Gießspiegelreglers (18) während und/oder nach dem Erhöhen des Aufschaltfaktors (k) von einem Anfangswert (T_A) auf einen Endwert (T_E) erhöht wird.

6. Regelverfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass der Endwert (TE) der Nachstellzeit (TN) unendlich ist.
7. Regelverfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzregler (23) eine Proportionalverstärkung (kP) aufweist und dass die Proportionalverstärkung (kP) während und/oder nach dem Erhöhen des Aufschaltfaktors (k) von einem Anfangswert (kPA) auf einen Endwert (kPE) erhöht wird.
8. Regelverfahren nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet, dass der Anfangswert (kPA) der Proportionalverstärkung (kP) des Differenzreglers (23) gleich einer Proportionalverstärkung (k') des Gießspiegelreglers (18) ist.
9. Regelverfahren nach einem der obigen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Differenzregler (23) als reiner P-Regler ausgebildet ist.
10. Computerprogramm, das Maschinencode (17) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (11) für eine Stranggießanlage unmittelbar ausführbar ist und dessen Ausführung durch die Steuereinrichtung (11) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (11) den Gießspiegel (9) einer Stranggießkokille (1) der Stranggießanlage gemäß einem Regelverfahren nach einem der obigen Ansprüche regelt.
11. Computerprogramm nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Datenträger (15, 16) in maschinenlesbarer Form gespeichert ist.
12. Computerprogramm nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass der Datenträger (15) Bestandteil der Steuereinrichtung (11) ist.
13. Steuereinrichtung für eine Stranggießanlage,
dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinrichtung derart ausgebildet ist, dass sie im Betrieb ein Regelverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführt.
14. Stranggießanlage,
dadurch gekennzeichnet, dass sie von einer Steuereinrichtung (11) nach Anspruch 13 gesteuert wird.

Claims

1. Control method for the casting level (9) of a continuous casting mould (1),
- wherein the inflow of liquid metal (3) into the continuous casting mould (1) is adjusted by

means of a closing facility (4) and the partially solidified metal strand (7) is drawn out of the continuous casting mould (1) by means of a draw facility (8),

- wherein a measured actual value (hG) of the casting level (9) is fed to a casting level controller (18), which, with the aid of the actual value (hG) and a corresponding target value (hG*), determines a target setting (p*) for the closing facility (4) and feeds the same to the closing facility (4),
- wherein the measured actual value (hG) and an actual setting (p) of the closing facility (4) are fed to an interference compensator (20),
- wherein an expected value (hE) for the casting level (9) is determined within the interference compensator (20) and is subtracted from the measured actual value (hG) of the casting level (9),
- wherein the difference (e) within the interference compensator (20) is fed to a difference controller (23), which determines a controller output signal (e') therefrom,
- wherein the controller output signal (e') is on the one hand multiplied by a superposition factor (k) and the controller output signal (e') multiplied by the superposition factor (k) is superimposed onto the target setting (p*) as an interference compensation value (z),
- wherein an inflow signal (Z) derived from the actual setting (p) is superimposed onto the controller output signal (e') on the other hand and the superposition result within the interference compensator (20) is fed to an integrator (21), the output signal (hE) of which corresponds to the expected value (hE) for the casting level (9).

2. Control method according to claim 1,
characterised in that the expected value (hE) for the casting level (9) is subtracted from the measured actual value (hG) of the casting level (9) in an undelayed fashion.
3. Control method according to claim 1 or 2,
characterised in that the superposition factor (k) comprises an initial value (kA) at the start of the control method and is continuously increased to a final value (kE) during the course of the control method.
4. Control method according to claim 3,
characterised in that the initial value (kA) of the superposition factor (k) is zero and the final value (kE) of the superposition factor (k) is one.
5. Control method according to claim 3 or 4,
characterised in that the casting level controller (18) is embodied as a

controller with integral response and that a reset time (TN) of the casting level controller (18) is increased from an initial value (TA) to a final value (TE) during and/or after increasing the superposition factor (k).

6. Control method according to claim 5,
characterised in that
the final value (TE) of the reset time (TN) is infinite. 5
7. Control method according to one of claims 3 to 6,
characterised in that
the difference controller (23) has a proportional amplification (kP) and that the proportional amplification (kP) is increased from an initial value (kPA) to a final value (kPE) during and/or after increasing the superposition factor (k). 10 15
8. Control method according to claim 7,
characterised in that
the initial value (kPA) of the proportional amplification (kP) of the difference controller (23) is equal to a proportional amplification (k') of the casting level controller (18). 20
9. Control method according to one of the above claims,
characterised in that
the difference controller (23) is embodied as a pure P-controller. 25 30
10. Computer program including a machine code (17), which can be executed by a control facility (11) for a continuous casting system and the execution of which by the control facility (11) causes the control facility (11) to control the casting level (9) of a continuous casting mould (1) of the continuous casting system according to a control method according to one of the above claims. 35
11. Computer program according to claim 10,
characterised in that
it is stored on a data carrier (15, 16) in machine-readable form. 40
12. Computer program according to claim 11,
characterised in that the data carrier (15) is a component of the control facility (11). 45
13. Control facility for a continuous casting system,
characterised in that the control facility is embodied such that during operation it executes a control method according to one of claims 1 to 9. 50
14. Continuous casting system,
characterised in that it is controlled by a control facility (11) according to claim 13. 55

Revendications

1. Procédé de régulation pour la surface de coulée (9) d'une coquille de coulée continue (1),
5
- dans lequel l'afflux de métal liquide (3) dans la coquille de coulée continue (1) est ajusté au moyen d'un dispositif de fermeture (4) et le cordon métallique (7) partiellement solidifié est retiré de la coquille de coulée continue (1) au moyen d'un dispositif de retrait (8),
- dans lequel une valeur réelle (hG) mesurée de la surface de coulée (9) est introduite dans un régulateur de surface de coulée (18), lequel détermine une position théorique (p*) pour le dispositif de fermeture (4) à l'aide de la valeur réelle (hG) et d'une valeur théorique (hG*) correspondante et l'introduit dans le dispositif de fermeture (4),
- dans lequel la valeur réelle (hG) mesurée et une position réelle (p) du dispositif de fermeture (4) sont introduites dans un compensateur de grandeurs perturbatrices (20),
- dans lequel à l'intérieur du compensateur de grandeurs perturbatrices (20) une valeur attendue (hE) pour la surface de coulée (9) est déterminée et soustraite de la valeur réelle (hG) mesurée de la surface de coulée (9),
- dans lequel la différence (e) à l'intérieur du compensateur de grandeurs perturbatrices (20) est introduite dans un régulateur de différence (23), lequel détermine à partir de celle-ci un signal de sortie de régulateur (e'),
- dans lequel le signal de sortie de régulateur (e') est multiplié d'une part par un facteur d'application (k) et le signal de sortie de régulateur (e') multiplié par le facteur d'application (k) est appliqué en tant que valeur de compensation de grandeurs perturbatrices (z) à la position théorique (p*),
- dans lequel d'autre part un signal d'afflux (Z) déduit de la position réelle (p) est appliqué au signal de sortie de régulateur (e') et le résultat d'application à l'intérieur du compensateur de grandeurs perturbatrices (20) est introduit dans un intégrateur (21) dont le signal de sortie (hE) correspond à la valeur attendue (hE) pour la surface de coulée (9).
30 35 40 45 50 55
2. Procédé de régulation selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la valeur attendue (hE) pour la surface de coulée (9) est instantanément soustraite de la valeur réelle (hG) mesurée de la surface de coulée (9).
3. Procédé de régulation selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** le facteur d'application (k) possède une valeur initiale (kA) au

début du procédé de régulation et est constamment augmenté au cours du procédé de régulation jusqu'à une valeur finale (kE).

4. Procédé de régulation selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la valeur initiale (kA) du facteur d'application (k) est zéro et la valeur finale (kE) du facteur d'application (k) est un. 5
5. Procédé de régulation selon la revendication 3 ou la revendication 4, **caractérisé en ce que** le régulateur de surface de coulée (18) est conçu sous la forme d'un régulateur avec comportement intégral et **en ce qu'un** temps de réglage (TN) du régulateur de surface de coulée (18) est augmenté pendant et/ou après l'augmentation du facteur d'application (k) d'une valeur initiale (TA) à une valeur finale (TE). 10 15
6. Procédé de régulation selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la valeur finale (TE) du temps de réglage (TN) est infinie. 20
7. Procédé de régulation selon l'une des revendications 3 à 6, **caractérisé en ce que** le régulateur de différence (23) possède une amplification proportionnelle (kP) et **en ce que** l'amplification proportionnelle (kP) est augmentée pendant et/ou après l'augmentation du facteur d'application (k) d'une valeur initiale (kPA) à une valeur finale (kPE). 25 30
8. Procédé de régulation selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la valeur initiale (kPA) de l'amplification proportionnelle (kP) du régulateur de différence (23) est identique à une amplification proportionnelle (k') du régulateur de surface de coulée (18). 35
9. Procédé de régulation selon l'une des revendications ci-dessus, **caractérisé en ce que** le régulateur de différence (23) est conçu sous la forme d'un régulateur P pur. 40
10. Programme informatique qui comporte un code machine (17), lequel peut être exécuté directement par un dispositif de commande (11) pour une installation de coulée continue et dont l'exécution par le dispositif de commande (11) a pour effet que le dispositif de commande (11) régule la surface de coulée (9) d'une coquille de coulée continue (1) de l'installation de coulée continue suivant un procédé de régulation selon l'une des revendications ci-dessus. 45 50
11. Programme informatique selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'il** est stocké sur un support de données (15, 16) sous forme lisible par machine. 55
12. Programme informatique selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** le support de données (15)

est un élément constitutif du dispositif de commande (11).

13. Dispositif de commande pour une installation de coulée continue, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande est conçu de telle sorte qu'il exécute en fonctionnement un procédé de régulation selon l'une des revendications 1 à 9.
14. Installation de coulée continue, **caractérisée en ce qu'elle** est commandée par un dispositif de commande (11) selon la revendication 13.

FIG 1

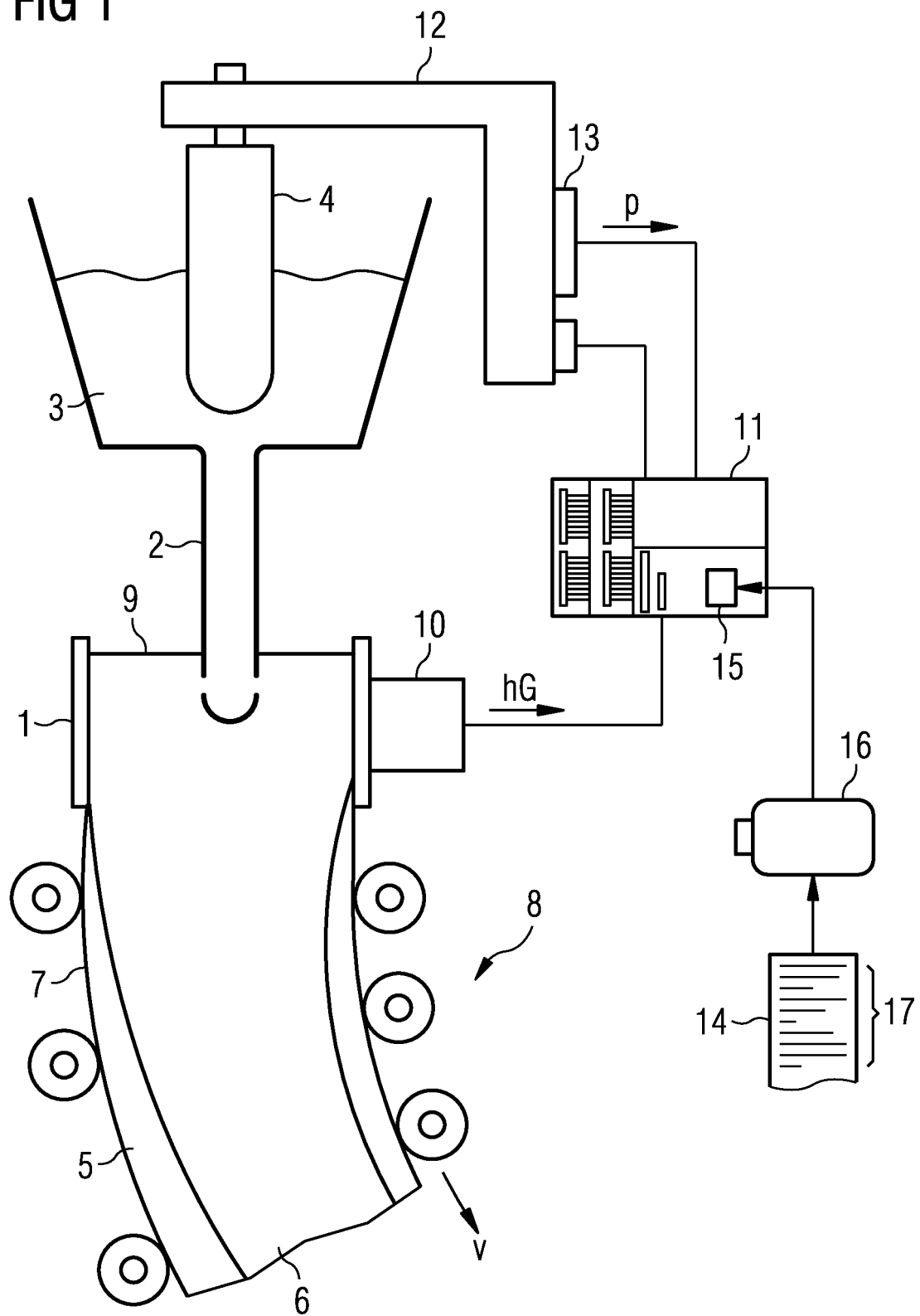


FIG 2

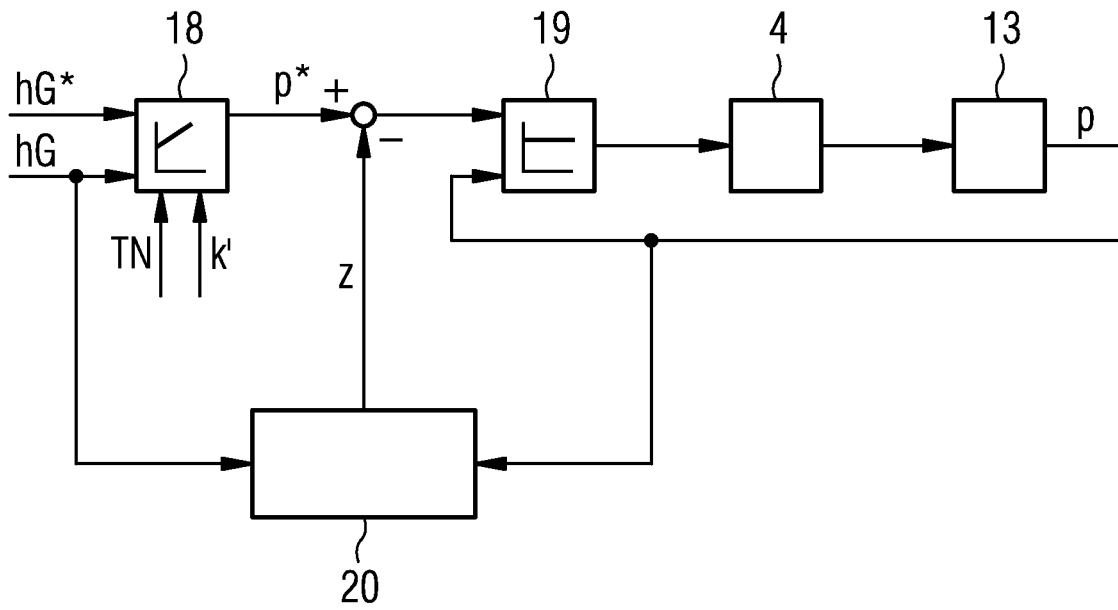


FIG 3

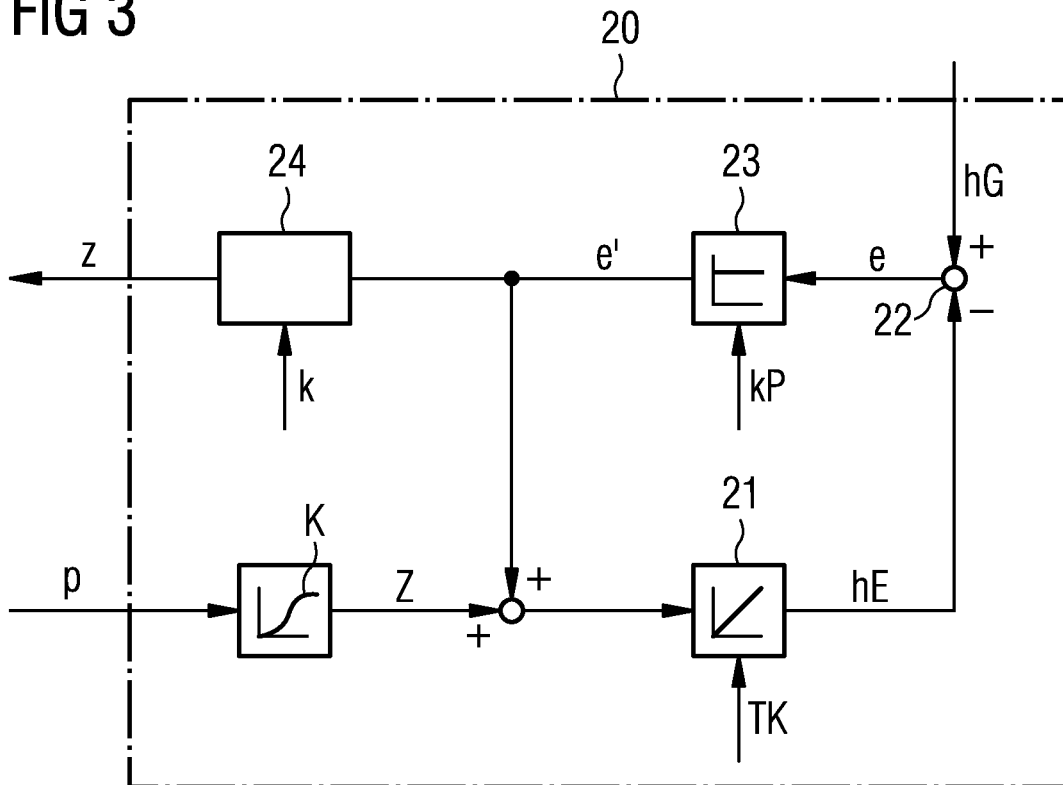


FIG 4

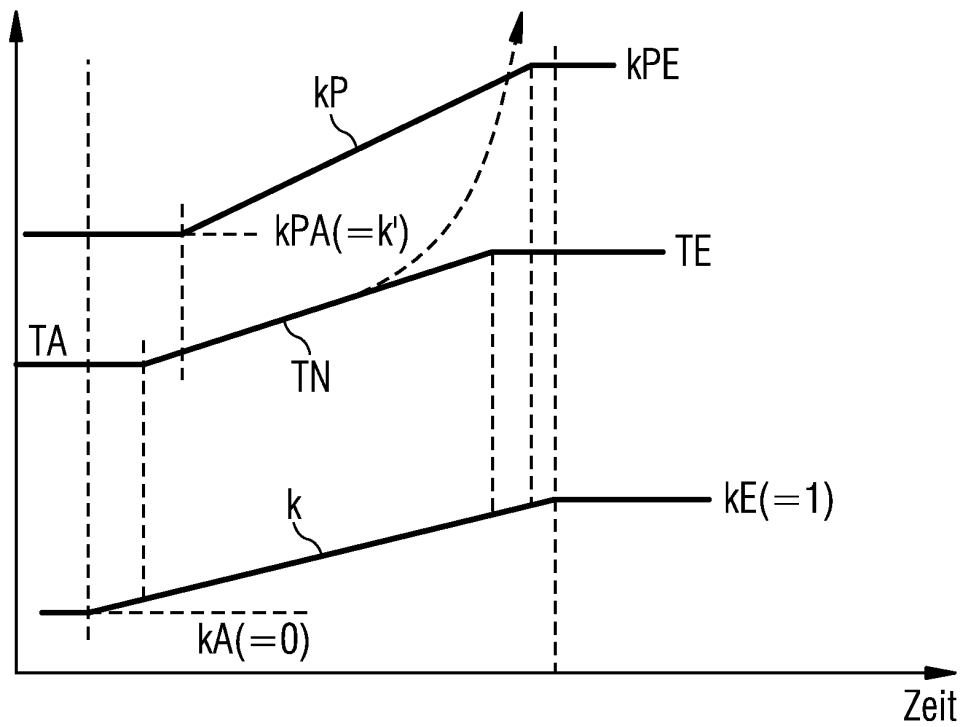
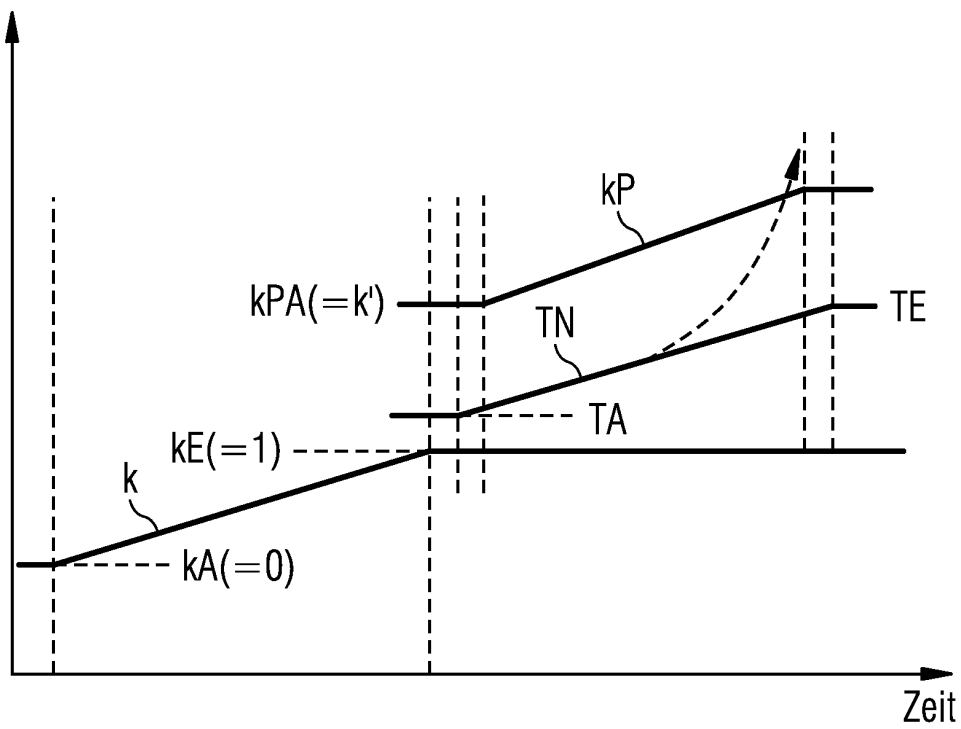


FIG 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5921313 A [0002]