(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 293 071 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 22 D 11/16

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 22 D / 339 112 6	(22)	28.03.90	(44)	22.08.91
(31)	4759533/02	(32)	28.11.89	(33)	SU

(71) VEB Bandstahlkombinat „Hermann Matern", Werkstraße 1, O - 1220 Eisenhüttenstadt, DE
(72) Schichkow, Alexander N., Prof. Dr.-Ing., SU; Sorokin, Stanislaw W., Dr.-Ing., SU; Jabko, Semen B., Dr.-Ing., SU; Kuzminow, Alexander L., Dr.-Ing., SU; Hering, Ludwig, Dipl. Ing., DE; Sucker, Mario, Dipl.-Ing., DE; Seher, Bertram, Dipl.-Ing., DE
(73) Polytechnisches Institut, Wologda, SU; VEB Eisenhüttenkombinat Ost, O - 1220 Eisenhüttenstadt, DE

(54) Verfahren zur Steuerung des Stranggießens von Metallen

(55) Stranggießprozeß; Gießstrang; Sekundärkühlzone; Ende Flüssigphase; Oberflächentemperatur; Halbzeugqualität

(57) Die Erfindung betrifft die Metallurgie, insbesondere das Stranggießen von Metallen. Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu finden, mit dem ein Stranggießprozeß so gesteuert werden kann, daß sich das Ende der flüssigen Phase eines Gießstranges in einem vorgegebenen Abschnitt einer Strangführung einstellt. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, daß zur Steuerung einer Stranggießprozesse von Metall die Gießparameter, wie z. B. Gießgeschwindigkeit, Halbzeugabmessungen und Oberflächentemperatur eines Stranges einer reglementierten Vorgabe mit anschließender Kontrolle unterzogen werden und unmittelbar nach der Sekundärkühlzone sowie unmittelbar vor der Schneidzone die Oberflächentemperatur des Halbzeuges gemessen wird. Ausgehend von den gemessenen Oberflächentemperaturen werden unter Beachtung der bei einem Stranggießprozeß herrschenden Gesetzmäßigkeiten beim Erstarrungsprozeß eines Metalls die Änderung der Oberflächentemperatur des Halbzeuges bestimmt. Die optimale Lage des Endes der flüssigen Phase in einem Gießstrang wird unter Berücksichtigung der spezifischen Anlagenparameter einer Bogenstranggießanlage und der zu vergießenden Stahlmarke vorher festgelegt und befindet sich zwischen den beiden Meßpunkten. Der ermittelte Wert für die Lage des Sumpfendes wird mit dem vorher festgelegten Wert verglichen und danach je nach Abweichung von der Sollage eine Korrektur durch Änderung der Länge der Kühlzone und/oder des Kühlwasserdurchsatzes vorgenommen.

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Steuerung des Stranggießens von Metallen, einschließlich der reglementierten Vorgabe mit nachfolgender Kontrolle der Gießparameter, wie z. B. Format, Strangabzugsgeschwindigkeit, Kühlwasserdurchsatz in den einzelnen Zonen, Oberflächentemperatur in den Zonen, Ausgabe von Steuerparametern an die Mittel zur Steuerung der Gießgeschwindigkeit und der Zonenkühlung, **dadurch gekennzeichnet,** daß mit dem Ziel der Erlangung eines bestimmten Ortes der Durcherstarrung und damit der Verbesserung der Halbzeugqualität bei vorgegebener Produktivität unmittelbar nach der Sekundärkühlzone und unmittelbar vor der Trennvorrichtung des Halbzeugess die Oberflächentemperatur eines Gießstranges ermittelt wird und in jedem Abschnitt der Messung die Gesetzmäßigkeiten der Temperaturänderung der Oberfläche eines Stranges bezüglich seiner Länge bestimmt, hinsichtlich der Länge des Stranges extrapoliert und so die Koordinate eines Punktes bezüglich der Länge des Stranges ermittelt wird, bei dem die Größe der Oberflächentemperatur des Stranges miteinander übereinstimmen und mit dieser Koordinate des Schnittpunktes die Lage des Sumpfendes bestimmt ist und danach die Abweichung von der vorher festgelegten Lage ermittelt und anschließend die Kühlzeit und/oder die Kühlintensität in der Sekundärkühlzone geändert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß bei einer Abweichung des Endes der flüssigen Phase über Null die Zeit und/oder die Geschwindigkeit der Kühlung in der Sekundärkühlzone verringert und unter Null erhöht werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Oberflächentemperatur des Halbzeuges in jedem Abschnitt vorzugsweise an mindestens zwei Punkten über die Strangbreite gemessen und zur Bestimmung der Gesetzmäßigkeit für die Änderung der Oberflächentemperatur des Halbzeuges über seine Länge der Maximalwert ausgewählt wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft die Metallurgie, insbesondere das Stranggießen von Metallen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zur Steuerung eines Stranggießprozesses von Metall ist gemäß japanischer Patentanmeldung 61-71161; B 22 D 11/20 ein Verfahren bekannt, bei dem die Verringerung der Oberflächentemperatur des Halbzeugs in der Sekundärkühlzone einer Stranggießanlage ermittelt und diese mit einem berechneten optimalen Wert verglichen und danach der Wasserverbrauch in der Sekundärkühlzone entsprechend korrigiert wird. Dieses Verfahren sieht jedoch nicht die Bestimmung der Lage des Endes der flüssigen Phase im Gießstrang vor und ermöglicht demzufolge keine Kontrolle des Erstarrungsprozesses, wodurch eine Qualitätssteigerung beim Halbzeug nicht gewährleistet werden kann.
Bekannt ist weiterhin gemäß einer Veröffentlichung von Jiga Tosiharu u. a. in „Tetsu to Hagane", 1978, 64, Nr. 12, 203 mit dem Titel „Verbesserung der Kontrolltechnik für die Sekundärkühlung beim Stranggießen" ein Verfahren, bei dem die Oberflächentemperatur des Halbzeuges an fünf Stellen vom Bereich der Kokille bis zur Biegung des Halbzeuges gemessen, mit einer Solltemperatur verglichen und danach der Wasserverbrauch reguliert wird.
Dieses Verfahren ermöglicht ebenfalls keine Bestimmung des Endes der flüssigen Phase in einem Gießstrang und gewährleistet folglich keine Kontrolle des Erstarrungsprozesses des Halbzeuges.
Gemäß der japanischen Patentanmeldung 58-35055 B 22 D 11/16 ist ein weiteres Verfahren zur Steuerung eines Stranggießprozesses bekannt geworden. Entsprechend dieser Veröffentlichung werden für eine gegebene Stahlmarke und einen willkürlich festgelegten Wasserverbrauch der Abschnitt für das Ende der flüssigen Phase in der Sekundärkühlzone einer Stranggießanlage sowie die Zeit berechnet, die für das Erreichen der vollständigen Erstarrung des Halbzeuges notwendig ist. Dabei werden Wärmeinhalt und Dicke des Halbzeuges in jedem Punkt des Stranges bestimmt und die optimale Variante für jeden Sektor berechnet, damit der Wärmeinhalt des Halbzeuges in jedem Punkt des Stranges maximal ist. Es wird der Unterschied zwischen der tatsächlich gemessenen Oberflächentemperatur des Halbzeuges und der vorher berechneten, dem willkürlich festgelegten Wasserverbrauch entsprechenden Temperatur ermittelt. Auf der Grundlage der gefundenen Temperaturdifferenz wird der Wasserverbrauch für jeden Abschnitt der Sekundärkühlzone korrigiert. Die Berechnung des Abschnittes für das Ende der flüssigen Phase ist für eine beliebige Stahlmarke mit unterschiedlichen Kühlregimen jedoch mit großen Fehlern bei der Bestimmung der thermophysikalischen Eigenschaften des Metalls verbunden. Aus diesem Grunde kann dieses Verfahren die Einhaltung der vorgegebenen Lage des Endes der flüssigen Phase nicht mit der erforderlichen Genauigkeit sichern und folglich keine Qualitätserhöhung des Halbzeuges gewährleisten.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Mängel des Standes der Technik zu beseitigen und die Qualität des Halbzeuges zu verbessern.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu finden, mit dem ein Stranggießprozeß so gesteuert werden kann, daß sich das Ende der flüssigen Phase eines Gießstranges in einem vorgegebenen Abschnitt einer Strangführung einer Bogenstranggießanlage einstellt.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, das zur Steuerung eines Stranggießprozesses von Metall die Gießparameter wie z.B. Gießgeschwindigkeit, Halbzeugabmessungen und Oberflächentemperatur eines Stranges einer reglementierten Vorgabe mit anschließender Kontrolle unterzogen werden und unmittelbar nach der Sekundärkühlzone sowie unmittelbar vor der Schneidzone die Oberflächentemperatur des Halbzeugs gemessen wird. Ausgehend von den gemessenen Oberflächentemperaturen unter Beachtung der bei einem Stranggießprozeß herrschenden Gesetzmäßigkeiten werden hinsichtlich der unterschiedlichen Abkühlgeschwindigkeit des Stranges in den verschiedenen Kühlzonen die Änderungen der Oberflächentemperatur des Halbzeuges bestimmt und bezüglich der Länge des Gießstranges extrapoliert. Die optimale Lage des Endes der flüssigen Phase in einem Gießstrang wird unter Berücksichtigung der spezifischen Anlagenparameter einer Bogenstranggießanlage und der zu vergießenden Stahlmarke vorher festgelegt und befindet sich zwischen den beiden Meßpunkten. Durch Untersuchungen wurde gefunden, daß mit Ende der flüssigen Phase in einem Gießstrang die Geschwindigkeit der Temperaturverringerung der Halbzeugoberfläche stark zunimmt, von 0,02–0,04 K/s auf 0,15–0,2 K/s, d.h. um mehr als das Dreifache, was damit zu erklären ist, daß nach Beendigung der Erstarrung eines Gießstranges keine Kristallisationswärme mehr erzeugt wird. Die Zeit der Verzögerung der Reaktion der Oberflächentemperatur auf den Abschluß der Kristallisation hängt von der Strangdicke und der Wärmeleitfähigkeit des Metalls ab und wird nach der Formel

$$t_v = K \cdot D/a_M \qquad [1]$$

ermittelt, wobei

K – Proportionalitätsfaktor
D – Halbzeugdicke
a_M – Wärmeleitfähigkeit des Metalls

bedeuten.

Durch die Messung an mindestens zwei Meßstellen in den Bereichen unmittelbar nach Ende der Sekundärkühlzone bzw. unmittelbar vor der Schneidzone und erfolgter Extrapolation des Temperaturverlaufes ergibt sich über die Stranglänge auf Grund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten bei der Temperaturverringerung in diesen Strangabschnitten ein Schnittpunkt, in dem die Werte der Oberflächentemperatur des Stranges übereinstimmen und dessen Koordinate den Beginn der Änderung der Abkühlgeschwindigkeit anzeigt. Ausgehend von der Koordinate des Punktes und unter Berücksichtigung der zeitlich verzögert auftretenden Reaktion der Oberflächentemperatur auf das Ende der Kristallisation erfolgt die Ermittlung des Endes der flüssigen Phase in einem Gießstrang nach der Beziehung

$$L_f = L_D - t_v \cdot v \qquad [2]$$

wobei L_D – Abstand vom Metallbadspiegel des Metalles in der Kokille bis zu dem Beginn des starken Temperaturabfalles der Oberfläche des Stranges in der Sekundärkühlzone
v – Strangabzugsgeschwindigkeit

bedeuten. Der so ermittelte Wert für die Lage des Endes der flüssigen Phase im Gießstrang wird mit der vorher festgelegten Lage des Sumpfendes verglichen und danach in Abhängigkeit von der Größe der Abweichung die Länge der Kühlzone und/oder der Kühlwasserdurchsatz in den einzelnen Zonen der Sekundärkühlung korrigiert. Die Abweichung vom Sollwert kann dabei als positiver als auch negativer Wert vorliegen, je nachdem ob das Sumpfende sich vor oder nach dem vorher festgelegten Punkt für die Durcherstarrung befindet. Nach einer Korrektur des Kühlwasserdurchsatzes und/oder der Länge der Sekundärkühlzone wird die Abweichung der Lage des Sumpfendes vom Sollwert gleich Null. Mit der Angleichung der Durcherstarrung an die optimale Lage des Endes der flüssigen Phase wird eine Erhöhung der Qualität des strangvergossenen Halbzeuges erzielt und das Ausbringen an einer Bogenstranggießanlage gesteigert.

Zur Sicherung einer objektiven Messung der Oberflächentemperaturen des Halbzeuges in den Meßpunkten ist es erforderlich, über die Strangbreite vorzugsweise mindestens zwei Meßwerte zu erfassen, um den Einfluß von Zunder auf die Meßwerterfassung zu vermindern. Von den dabei ermittelten Werten wird der maximale Wert für die weitere Meßwertverarbeitung verwendet.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der dazugehörigen Zeichnung zeigt

Fig. 1: Temperaturverlauf am Halbzeug über die Stranglänge

Das Beispiel bezieht sich auf eine Kreisbogenstranggießanlage mit einem Strangquerschnitt von 1290 × 200 mm, auf der ein Stahl der Marke St 38 mit einer Abzugsgeschwindigkeit von 1,0 m/min vergossen wird. Der Durchlaufkokille mit einer Kokillenlänge von 1 m schließt sich eine Sekundärkühlzone mit einer Länge von 14 m an. Im Abstand von 20 m und 35 m vom

Metallbadspiegel sind Meßgeräte zur Erfassung der Oberflächentemperatur angeordnet. Ausgehend von der vorhandenen Anlagentechnik und unter Berücksichtigung der technologischen Parameter für die zu vergießende Stahlmarke wird die optimale Lage des Endes der flüssigen Phase bei 24m festgelegt. Bei dieser Festlegung wird von der Überlegung ausgegangen, daß die Biegung des Stranges nicht mit völlig erstarrtem Metall erfolgen darf und andererseits es gesichert sein muß, daß die flüssige Phase nicht bis zum Schneiden gelangt. In Fig. 1 sind die charakteristischen, einer gesetzmäßigen Temperaturverteilung unterliegenden Änderungen der Temperatur eines Gießstranges von der Kokille bis zur Schneidzone dargestellt, wobei

Kurve 1 – die Änderung der Oberflächentemperatur
Kurve 2 – die Änderung der Temperatur in etwa 1/4 der Strangdicke
Kurve 3 – die Änderung der Temperatur in Strangmitte

eines 200mm dicken Gießstranges bedeuten.

Der Abschnitt ab widerspiegelt die Änderung der Oberflächentemperatur des Stranges in der Kokille, Abschnitt bc in der Sekundärkühlzone und Abschnitt cde die Kühlung an der Luft. Im Punkt d im Abstand von 27m vom Badspiegel steigt die Geschwindigkeit der Abnahme der Oberflächentemperatur über die Länge des Stranges von 0,03K/s auf 0,167K/s. Aus der Analyse der Temperaturänderung in der Mitte des Stranges (Kurve 3) ist ersichtlich, daß die Änderung der Geschwindigkeit im Punkt f im Abstand von 23,5m vom Metallbadspiegel stark ansteigt. Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß sich in diesem Punkt das Ende der flüssigen Phase im Gießstrang befindet und damit die Kristallisation und die sie begleitende Wärmeentwicklung beendet sind. Die Zeit der Verzögerung der Reaktion der Oberflächentemperatur auf den Abschluß der Kristallisation hängt von der Halbzeugdicke und der Wärmeleitfähigkeit des Metalls ab und wird gemäß Formel [1] berechnet. Die Temperatur der Strangoberfläche im Abstand 20m vom Badspiegel beträgt ca. 1000°C und im Abstand von 35m ca. 920°C. Ausgehend von den Messungen erhält man unter Berücksichtigung der Gesetzmäßigkeiten für die Verteilung der Oberflächentemperatur in diesen Zonen über die Stranglänge in den Abschnitten

$$cd \quad t = -0{,}03 \cdot L_d/V + 1036$$
$$de \quad t = -0{,}167 \cdot L_d/V + 1270 \quad ,$$

wobei $-0{,}03$; $-0{,}167$ – K-Werte;
1036; 1270 – Konstante

bedeuten.

Durch Lösung dieser Gleichungen erhält man die Koordinaten des Punktes bezüglich der Stranglänge, in dem die nach jeder der Gesetzmäßigkeiten berechneten Werte der Oberflächentemperatur des Stranges übereinstimmen.

Nach den Gleichungen [1] und [2] wird die Lage des Abschnittes des Kristallisationsendes ermittelt, der in diesem Beispiel $L_f = 25{,}2$m beträgt. Die Abweichung der Lage des Endes der flüssigen Phase von dem vorgegebenen Wert wird mit 24m–25,2m = –1,2m berechnet. Proportional zu dieser Abweichung wird die Intensität und/oder die Zeit der Kühlung in der Sekundärkühlzone gesteigert, wobei entsprechend der Wasserverbrauch und/oder die Länge der Sekundärkühlzone erhöht werden. Nach der Korrektur des Verbrauchs und/oder der Länge der Sekundärkühlzone wird die berechnete Abweichung der Lage des Endes der flüssigen Phase von der vorgegebenen Lage gleich Null. Damit sind für die zu vergießende Stahlmarke Gießbedingungen an der Stranggießanlage eingestellt, die die Herstellung von Halbzeug mit einer hohen Qualität ermöglichen.

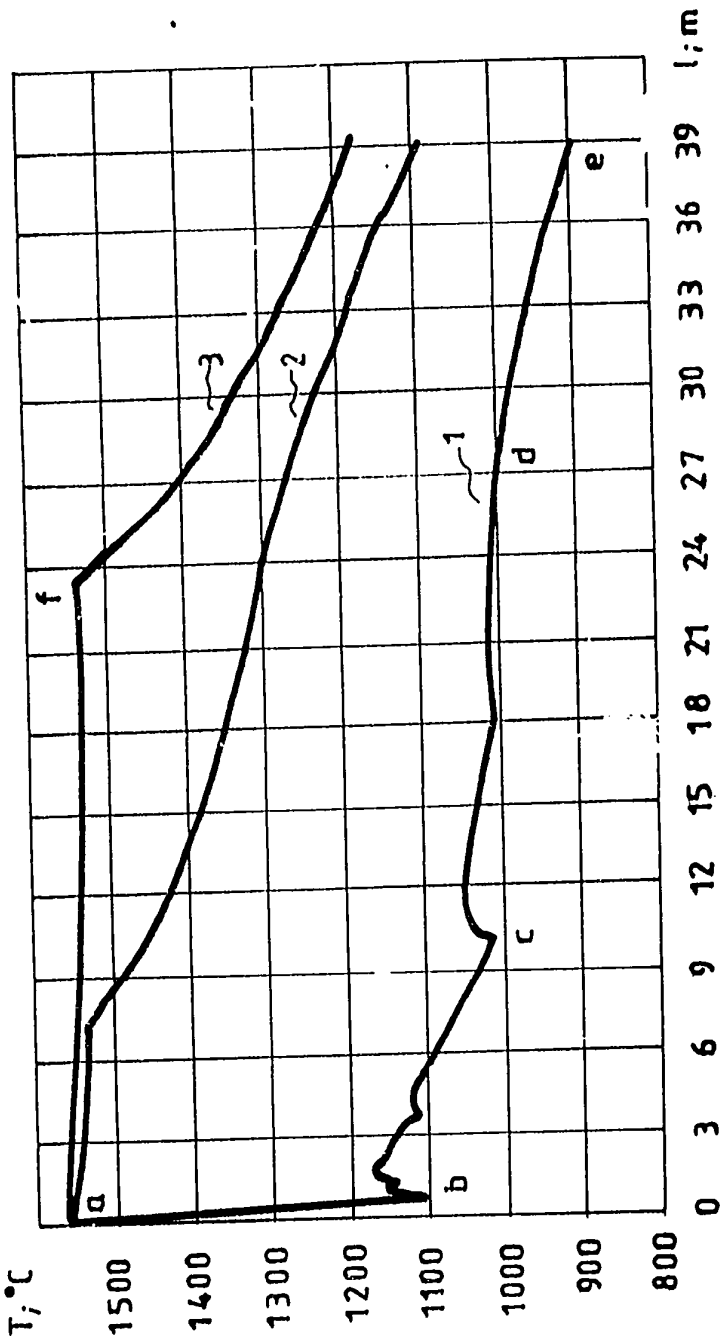
T_i °C
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30 33 36 39 l_i m
a
b
c
d
e
f
1
2
3

Fig. 1