



(19) Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 403 351 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 988/93

(51) Int.Cl.⁶ : B22D 11/22
B22D 11/16

(22) Anmelddatum: 19. 5.1993

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 6.1997

(45) Ausgabedatum: 26. 1.1998

(56) Entgegenhaltungen:

US 4463795A US 4483387A AT 378707B DE 2552635A
DE 2504986A DE 2360018A AT 300238B

(73) Patentinhaber:

VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

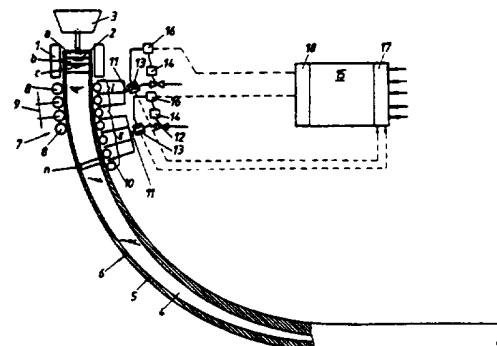
(72) Erfinder:

HOHENBICHLER GERALD DR.
ENNS, OBERÖSTERREICH (AT).
MÖRWALD KARL DR.
ENNS, OBERÖSTERREICH (AT).
DITTMERBERGER KURT DR.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUM STRANGGIESSEN EINES METALLSTRANGES

(57) Bei einem Verfahren zum Stranggießen eines Metallstranges, wird ein Strang (6) mit von einer Strangschale (5) eingeschlossenem flüssigem Kern (4) aus einer Durchlaufkokille (1) ausgezogen, in einer der Durchlaufkokille (1) nachgeordneten, von Stützrollen (8) gebildeten Strangstützeinrichtung (7) gestützt und mit Kühlmittel gekühlt.

Zur Begrenzung der sich zwischen den Stützrollen (8) bildenden Ausbauchungen der Strangschale (5) erfolgt die Kühlung des Stranges (6) gemäß einem jeweils einem einzelnen Strangquerschnittselement (a, b, ..., n) zugeordneten Kennwert, dessen Größe in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung des zu vergießenden Metalles, der augenblicklichen Schalenstärke des jeweiligen Strangquerschnittselementes (a, b, ..., n) sowie in Abhängigkeit des im Inneren des Strangquerschnittselementes (a, b, ..., n) augenblicklich wirkenden Druckes des flüssigen Kernes (4) gebildet wird.



B

403 351

AT

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stranggießen eines Metallstranges, insbesondere eines Stahlstranges, wobei ein Strang mit von einer Strangschale eingeschlossenem flüssigem Kern aus einer Durchlaufkokille ausgezogen, in einer der Durchlaufkokille nachgeordneten, von Stützrollen gebildeten Strangstützeinrichtung gestützt und mit Kühlmittel gekühlt wird.

5 Beim Stranggießen wird der knapp unterhalb der Durchlaufkokille noch eine sehr dünne Strangschale aufweisende Strang, in dessen Innerem sich ein flüssiger Kern befindet, in der Regel mit Hilfe einer von Stützrollen gebildeten Strangstützeinrichtung sorgfältig abgestützt und durch Besprühen mit einem Kühlmittel, wie Wasser, gekühlt. Der vom flüssigen Kern verursachte Druck bewirkt ein Ausbauchen der Strangschale zwischen den Berührungsstellen der Stützrollen mit der Strangschale. Hierdurch ergeben sich 10 metallurgische Nachteile, wie z.B. Innenrißbildungen. Um solche Innenrißbildungen zu vermeiden, ist es bekannt (DE-A - 2 360 018), den Strang zwischen den Stützrollen mittels Kühlplatten und/oder Kühlgitter abzustützen oder die Strangoberfläche einem gasförmigen Medium auszusetzen, das unter einem dem Innendruck des flüssigen Kerns entsprechenden Druck steht so daß in etwa ein ein Ausbauchen verhindern-des Druckgleichgewicht gebildet wird.

15 Diese bekannten Methoden sind jedoch nachteilig, da sie einerseits (Verwendung von Kühlplatten) eine große Reibung an der Strangoberfläche verursachen und andererseits (Verwendung eines Gases mit Gegendruck) eine komplizierte Einhausung für den Strang erfordern.

Die Erfindung bezweckt die Vermeidung dieser Nachteile und Schwierigkeiten und stellt sich die Aufgabe, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, mit dem es gelingt, ein Ausbauchen 20 der Strangschale zu begrenzen, u.zw. dahingehend, daß zwar Ausbauchungen, die noch keine Innenrißbildung oder sonstige metallurgische Nachteile verursachen, in Kauf genommen werden, jedoch stärkere, mit nachteiligen Auswirkungen behaftete Ausbauchungen zuverlässig vermieden werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Begrenzung der sich zwischen den Stützrollen bildenden Ausbauchungen der Strangschale die Kühlung des Stranges gemäß einem jeweils 25 einem einzelnen Strangquerschnittselement zugeordneten Kernwert erfolgt, dessen Größe in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung des zu vergießenden Metalles, der augenblicklichen Schalenstärke des jeweiligen Strangquerschnittselementes sowie in Abhängigkeit des im Inneren des Strangquerschnittselementes augenblicklich wirkenden Druckes des flüssigen Kernes gebildet wird.

Dadurch, daß je Strangquerschnittselement die aktuell augenblicklichen Werte für die Schalenstärke 30 und der vom flüssigen Kern im Augenblick verursachte Druck berücksichtigt werden, gelingt es, die Innenrißgefahr in dynamischer Weise hintanzuhalten.

Aus der AT-B - 300.238 ist ein Verfahren zum Kühlen eines aus einer Durchlaufkokille austretenden Stranges bekannt, wobei die Sollwerte der Kühlwassermenge in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung des Strangmaterials, der Erstarrungszeit und weiters in Abhängigkeit vom augenblicklichen 35 Integralwert der Gießgeschwindigkeit während des Weges des Stranges bis zur jeweiligen Kühlzone eingestellt werden so daß die Strangoberflächentemperatur vorbestimbar bleibt. Auf diese Weise gelingt es zwar, die Kühlmittelmenge bei Vorgabe einer Strangoberflächentemperatur sehr genau auf die Schalenstärke einzustellen, jedoch bleibt die Gefahr einer erhöhten Ausbauchung und damit die Gefahr des Auftretens von Innenrissen unberücksichtigt.

40 Die Begrenzung der Ausbauchungen läßt sich erfindungsgemäß noch genauer einhalten, wenn die Größe der einzelnen Strangquerschnittselementen jeweils zugeordneten Kennwerte zusätzlich in Abhängigkeit der auf die einzelnen Strangquerschnittselemente auf ihrem Weg von der Kokille bis zum augenblicklich eingenommenen Ort bereits je Zeit- und/oder je Wegeinheit eingewirkt habenden Kühlmittelmenge gebildet wird, wobei es zusätzlich von Vorteil ist, wenn die Größe der einzelnen 45 Strangquerschnittselementen jeweils zugeordneten Kennwerte weiters in Abhängigkeit der Geometrie der Stützrollen, insbesondere deren Rollenteilung, gebildet wird.

Vorzugsweise wird zur Berücksichtigung der Temperatur des zur Stranggießanlage angelieferten Metalle die Größe der einzelnen Strangquerschnittselementen jeweils zugeordneten Kennwerte weiters in Abhängigkeit der Temperatur des Metalle im Augenblick des Entstehens der einzelnen Strangquerschnittselemente gebildet.

50 Wird die Kühlung zonenweise vorgenommen, wobei mehrere Strangquerschnittselemente gleichzeitig in jeweils einer Kühlzone gekühlt werden, wird vorteilhaft aus den Kennwerten der in einer Kühlzone befindlichen Strangquerschnittselemente ein Mittel-Kennwert gebildet und die Kühlung in dieser Kühlzone gemäß diesem Mittel-Kennwert durchgeführt.

55 Gemäß einer bevorzugten Variante, bei der ebenfalls die Kühlung zonenweise vorgenommen wird, wobei ebenfalls mehrere Strangquerschnittselemente gleichzeitig in jeweils einer Kühlzone gekühlt werden, werden die Kennwerte der in einer Kühlzone befindlichen Strangquerschnittselemente entsprechend der Länge der Strangquerschnittselemente gewichtet und wird die Kühlung in dieser Kühlzone gemäß der

Summe der gewichteten Kennwerte durchgeführt.

Die Innenrißgefahr ist hintangehalten, wenn die Kühlung eines Stahlstranges in dem Maß durchgeführt wird, daß das Maximum sich bildender Ausbauchungen unterhalb eines Wertes von 2 mm, vorzugsweise unterhalb von 1 mm, liegt, wobei bei über die lange der Strangstützeinrichtung ungleicher Rollenteilung vorteilhaft die Kühlung des Stranges in dem Maß durchgeführt wird, daß das Maximum sich bildender Ausbauchungen unterhalb eines Wertes von 5 %, vorzugsweise unterhalb von 2 %, der Rollenteilung liegt.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispieles einer Stranggießanlage näher erläutert.

10 Eine gekühlte Stranggießkokille, die mit 1 bezeichnet ist, wird mit flüssigem Stahl 2, der aus einem Zwischengefäß 3 zugeführt wird, gespeist. Der sich in der Kokille 1 bildende, einen flüssigen Kern 4 und zunächst nur eine dünne Strangschale 5 aufweisende Strang 6 wird über eine bogenförmig ausgebildete Strangstützeinrichtung 7, die mit eng benachbarten Stützrollen 8 versehen ist, in die Horizontale umgeleitet, wo er nach Durcherstarrung in Strangstücke vorbestimmter Länge unterteilt wird. Vorzugsweise sind die 15 Stützrollen 8 knapp unterhalb der Kokille 1 in engeren Abständen angeordnet als an dem in Strangausziehrichtung liegenden Ende der Strangstützeinrichtung 7.

Der Abstand 9 von Achse zu Achse der Stützrollen 8, d.h. die Rollenteilung, kann kontinuierlich von der Kokille 1 bis zum Ende der Strangstützeinrichtung 7 zunehmen oder auch zonenweise abgestuft zunehmen.

Zur Kühlung des Stranges 6 sind entlang der Strangstützeinrichtung 7 Kühlmittel zuführende Düsen 10 20 vorgesehen, von denen in der Zeichnung nur solche an der Strangoberseite am Beginn der Strangstützeinrichtung 7 eingezeichnet sind. Jeweils mehrere Düsen 10 sind an eine gemeinsame Zuleitung 11 angeschlossen, wodurch die gemeinsam versorgten Düsen jeweils eine Kühlzone I, II, ... bilden, entlang der Strang 6 aus jeder dieser Düsen 10 mit gleicher Kühlmittelmenge versorgt wird.

In den Kühlmittelzuführleitungen 11 eingebaut ist jeweils ein Stellventil 12, dem eine Durchflußmeßeinrichtung 13 nachgeordnet ist. Jedes Stellventil 12 ist über ein Stellglied 14 verstellbar, das über einen von einem zentralen Prozeßrechner 15 angesteuerten Regler 16 betätigbar ist. Von jeder Durchflußmeßeinrichtung 13 erfolgt über eine Koppelung zum Prozeßrechner 15 eine Eingabe an diesen über eine Eingabeeinheit 17 desselben. Alle Regler 16 stehen über eine Ausgabeeinheit 18 mit dem Prozeßrechner 15 in Verbindung.

30 In die Eingabeeinheit 17 des Prozeßrechners 15 können noch Werte der chemischen Zusammensetzung des zu vergießenden Metalls, im vorliegenden Fall des Stahls 2, eingegeben werden. Weiters werden hier noch Werte der ortsabhängigen Rollenteilung und Werte des ortsabhängigen ferrostatischen Druckes (unter Berücksichtigung der Dichte des zu vergießenden Metalles) eingegeben. Weiters können das Strangquerschnittsformat, die Sollgießgeschwindigkeit und weitere Werte der Anlagengeometrie in die 35 Eingabeeinheit 17 eingegeben werden.

Der Prozeßrechner 15 errechnet die orts- und zeitabhängige Schalenstärke, wobei gemäß einem vereinfachten Modell die Schalenstärke nach der näherungsweisen Formel $s = k \cdot \sqrt{t}$ errechnet werden kann, wobei s die Schalenstärke und t das Strangalter an einer bestimmten Stelle des Stranges 6 und k einen konstanten Faktor darstellen. Nimmt man diese Formel zur Berechnung der Schalenstärke zu Hilfe, ergibt sich eine Abhängigkeit des einzelnen Strangquerschnittselementen a, b, ..., n zugeordneten Kennwertes alleine von der Zeit, die das jeweilige Strangquerschnittselement a, b, ..., n von seinem Entstehen in der Kokille 1 bis zu der Stelle, an der es augenblicklich gekühlt werden soll, benötigt hat.

Unter Zugrundelegung dieser Vereinfachung wird anstelle der Schalenstärke nur die Zeit, die eines von gedachten Strangquerschnittselementen a, b, ..., n vom Austritt aus der Kokille 1 bis zur entsprechenden 45 Stelle an der Strangstützeinrichtung 7 benötigt, berücksichtigt.

Erfindungsgemäß erfolgt die Kühlung des Stranges 6 an einer bestimmten Stelle der Strangstützeinrichtung 7 gemäß einem jedem der Strangquerschnittselemente a, b, ..., n zugeordneten Kennwert, der mittels des Prozeßrechners 15 in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung des Stahles und der augenblicklichen, d.h. an der bestimmten Stelle der Strangstützeinrichtung 7 vorhandenen Schalenstärke des 50 Stranges 6 bzw. bei wie oben dargelegter Vereinfachung in Abhängigkeit der Zeit, die das jeweilige Strangquerschnittselement a, b, ..., n von seinem Entstehen in der Kokille 1 bis zu der Stelle, an der es augenblicklich gekühlt werden soll, benötigt hat, ermittelt wird. Zusätzlich erfolgt für die Festlegung des Kennwertes eine Berücksichtigung des ferrostatischen Druckes, u.zw. unabhängig von der Schalenstärke. D.h., daß der ferrostatische Druck Berücksichtigung findet, egal, ob an der bestimmten Stelle der Strang- 55 stützeinrichtung 7 die Schalenstärke infolge einer verringerten Gießgeschwindigkeit überdurchschnittlich groß oder wegen Gießens mit maximaler Gießgeschwindigkeit nur sehr gering ist. Hierdurch gelingt es in allen Fällen, d.h. unter allen Betriebsbedingungen, ein zu starkes Ausbauchen der Strangschale 5 zu vermeiden.

Die Erfindung beruht auf der Überlegung, daß die Ausbauchung umso größer ist, je kleiner die Biegesteifigkeit der Strangschale 5 (d.h. je geringer die Schalenstärke und je kleiner der "Elastizitätsmodul" ist), je niedriger die Streckgrenze und der Widerstand gegen Materialkriechen und je höher der ferrostatische Druck (proportional zum vertikalen Abstand von der freien Badoberfläche in der Durchgangskokille 1) ist.

Da weiters für die Ausbauchung der Abstand 9 der Stützrollen 8 maßgebend ist, ist es bei über die Länge der Strangstützeinrichtung 7 ungleichen Abständen 9 der Stützrollen 8 von Vorteil, diese Abstände 9 ebenfalls zu berücksichtigen.

Ein weiterer Faktor, der bei schwankenden Betriebsbedingungen der Stranggießanlage von Bedeutung für die Ausbauchung sein kann, ist die auf ein Strangquerschnittselement a, b, ..., n auf seinem Weg von der Kokille bis zur bestimmten Stelle der Strangstützeinrichtung 7 bereits je Zeit- und/oder je Wegeinheit eingewirkt habende Kühlmittelmenge, da zwischen Schalenstärke und Kühlmittelmenge keine Proportionalität besteht. Daher ist es von Vorteil, auch diese Kühlmittelmenge bei der Berücksichtigung des einem Strangquerschnittselement a, b, ..., n zugeordneten Kennwertes zu berücksichtigen.

Erfnungsgemäß ist somit nicht wie beim Stand der Technik der "Wärmeleitungsgedanke: je dicker die Schalenstärke, umso geringer die abzuführende Wärmemenge, daher weniger Wasser erforderlich" maßgebend, sondern der "Festigkeits- und Ausbauchungsgedanke", der darauf beruht, weniger Kühlwasser dann zu verwenden, wenn die Belastung der Strangschale 5 geringer ist (z.B. geringer ferrostatischer Druck, kleiner Rollenabstand, große Schalenstärke), weil dann auch bei höherer Oberflächentemperatur die Ausbauchung gering sein wird.

Die erfundungsgemäß erzielten Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß bei stationärem Betrieb - d.h. bei etwa konstanten Betriebsbedingungen mit Gießgeschwindigkeiten unterhalb der Auslegungs-Gießgeschwindigkeit der Stranggießanlage - weniger Kühlwasser benötigt wird; die Anlage somit wirtschaftlicher betrieben wird als bei herkömmlicher Kühlung, die nur das Alter der Strangquerschnittselemente berücksichtigt.

Bei stark schwankenden Betriebsbedingungen werden die Kühlwassermengen automatisch schneller angepaßt als bei herkömmlicher Kühlung. Bei einer Beschleunigung nach einer Periode langsamen Gießens sind kurzzeitig auch Geschwindigkeiten oberhalb der im stationären Betrieb maximal zulässigen Gießgeschwindigkeit möglich, ohne ein erhöhtes Ausbauchen der Strangschale 5 in den Bereichen sehr geringer Schalenstärke zu verursachen, da durch Berücksichtigung des ferrostatischen Druckes und der Rollenteilung eine erhöhte Ausbauchung und damit Innenrisse hintangehalten werden.

Patentansprüche

- 35 1. Verfahren zum Stranggießen eines Metallstranges, insbesondere eines Stahlstanges (6), wobei ein Strang (6) mit von einer Strangschale (5) eingeschlossenem flüssigem Kern (4) aus einer Durchlaufkokille (1) ausgezogen, in einer der Durchlaufkokille (1) nachgeordneten, von Stützrollen (8) gebildeten Strangstützeinrichtung (7) gestützt und mit Kühlmittel gekühlt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Begrenzung der sich zwischen den Stützrollen (8) bildenden Ausbauchungen der Strangschale (5) die Kühlung des Stranges (6) gemäß einem jeweils einem einzelnen Strangquerschnittselement (a, b, ..., n) zugeordneten Kennwert erfolgt, dessen Größe in Abhängigkeit der chemischen Zusammensetzung des zu vergießenden Metalles, der augenblicklichen Schalenstärke des jeweiligen Strangquerschnittselementes (a, b, ..., n) sowie in Abhängigkeit des im Inneren des Strangquerschnittselementes (a, b, ..., n) augenblicklich wirkenden Druckes des flüssigen Kernes (4) gebildet wird.
- 45 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der einzelnen Strangquerschnittselementen (a, b, ..., n) jeweils zugeordneten Kennwerte zusätzlich in Abhängigkeit der auf die einzelnen Strangquerschnittselemente (a, b, ..., n) auf ihrem Weg von der Kokille bis zum augenblicklich eingenommenen Ort bereits je Zeit- und/oder je Wegeinheit eingewirkt habenden Kühlmittelmenge gebildet wird.
- 50 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der einzelnen Strangquerschnittselementen (a, b, ..., n) jeweils zugeordneten Kennwerte weiters in Abhängigkeit der Geometrie der Stützrollen (8), insbesondere deren Rollenteilung, gebildet wird.
- 55 4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Größe der einzelnen Strangquerschnittselementen (a, b, ..., n) jeweils zugeordneten Kennwerte weiters in Abhängigkeit der Temperatur des Metalles im Augenblick des Entstehens der einzelnen Strangquer-

AT 403 351 B

schnittselemente gebildet wird.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlung zonenweise vorgenommen wird, wobei mehrere Strangquerschnittsselemente (a, b, ..., n) gleichzeitig in jeweils einer Kühlzone (I, II, ...) gekühlt werden, und daß aus den Kennwerten der in einer Kühlzone (I, II, ...) befindlichen Strangquerschnittsselemente (a, b, ..., n) ein Mittel-Kennwert gebildet wird und die Kühlung in dieser Kühlzone (I, II, ...) gemäß diesem Mittel-Kennwert durchgeführt wird.
10. 6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlung zonenweise vorgenommen wird, wobei mehrere Strangquerschnittsselemente (a, b, ..., n) gleichzeitig in jeweils einer Kühlzone (I, II, ...) gekühlt werden, und daß die Kennwerte der in einer Kühlzone (I, II, ...) befindlichen Strangquerschnittsselemente (a, b, ..., n) entsprechend der Länge der Strangquerschnittsselemente (a, b, ..., n) gewichtet und die Kühlung in dieser Kühlzone (I, II, ...) gemäß der Summe der gewichteten Kennwerte durchgeführt wird.
15. 7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlung eines Stahlstranges (6) in dem Maß durchgeführt wird, daß das Maximum sich bildender Ausbauchungen unterhalb eines Wertes von 2 mm, vorzugsweise unterhalb von 1 mm, liegt.
20. 8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlung eines Stahlstranges (6) in dem Maß durchgeführt wird, daß das Maximum sich bildender Ausbauchungen unterhalb eines Wertes von 5 %, vorzugsweise unterhalb von 2 %, der Rollenteilung liegt.

25

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

