



(19)

Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 563 786 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
11.11.1998 Patentblatt 1998/46

(51) Int. Cl.⁶: **B22D 11/16, B22D 11/20**

(21) Anmeldenummer: 93104905.0

(22) Anmeldetag: 25.03.1993

(54) Verfahren zum Giessen von höchstlegierten Stählen auf Kreisbogen-Stranggiessanlagen

Method of casting high-alloy steels on bow-type continuous casting plant

Procédé de coulée continue du type courbe d'acier hautement allié

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI LU NL PT SE

(30) Priorität: 31.03.1992 DE 4210495

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.10.1993 Patentblatt 1993/40

(73) Patentinhaber:
IBVT INGENIEURBÜRO FÜR
VERFAHRENSTECHNIK GmbH
66346 Püttlingen (DE)

(72) Erfinder:
Rosenstock, Hans-Georg, Dr.-Ing.
W-6625 Püttlingen (DE)

(74) Vertreter:
Vièl, Georg, Dipl.-Ing.
Patentanwälte VIEL & VIEL,
Postfach 65 04 03
66143 Saarbrücken (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 116 030 US-A- 3 478 808

- WERNER SCHWENZFEIER ET AL. 'Direktes
Messen der Strangl engskraft w hrend der
Angiessphase in einer Kn
ppelstranggiessanlage' 20. Juli 1987, STAHL &
EISEN , D SSELDORF (DE)
- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 365
(M-542)(2422) 6. Dezember 1986 & JP-A-61 159
254 (NIPPON STEEL CORP) 18. Juli 1986
- Book no. , 1976, 'STAHLSTRANG-
GIE\$ANLAGEN', H.G. BAUMANN VERLAG
STAHLLEISEN M.B.H., DÜSSELDORF

EP 0 563 786 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Gießen von höchstlegierten Stählen auf Kreisbogen-Stranggießanlagen, wobei die Stahlschmelze durch eine wassergekühlte Kokille geführt wird, aus der ein oberflächig erstarrter Stahlstrang austritt, der unter Beaufschlagung von Kühlmitteln zur weiteren Erstarrung gekühlt, über Stützrollen kreisförmig umgelenkt und anschließend über eine Mehrpunktbiegeeinrichtung vom Kreisbogen wieder in die Horizontale zurückgebogen wird.

Höchstlegierte Stähle, wie die austenitischen oder ferritischen Chrom-Nickel-, Nickel-Chrom- oder 13%igen Chromstähle, denen je nach Einsatz und Beanspruchung noch Molybdän, Vanadin, Wolfram, Silizium oder Aluminium als weitere Legierungskomponente zugesetzt sind, und die als rost- und säurebeständige, als hochwarmfeste oder zunderbeständige Stähle und Werkzeugstähle Verwendung finden, erstarrten umwandlungsfrei: Je nach der chemischen Zusammensetzung scheiden sich während der Erstarrung Karbide und andere Phasen aus, die sich metallurgisch im Gefüge der Stahllegierung in ihrer Zusammensetzung von der Grundmatrix erheblich unterscheiden und sich ungünstig auf Zähigkeit und Formänderungsvermögen auswirken. Spannungen, die während des Erstarrens, Erkaltens und Warmumformens, insbesondere während des Richten dieser Stähle auftreten, führen leicht zu Aufreißungen zwischen den Grenzflächen der Kristalle.

Deshalb gelten diese Stähle als sehr anfällig gegen Oberflächenrisse, und sie lassen sich trotz erheblicher Anstrengungen und Erfolge zur Begrenzung der Spannungsspitzen bei der Kühlung und dem Richten in Kreisbogenanlagen nur unter großen Schwierigkeiten abgießen. Diese Stähle werden deshalb bei Erzeugung über Strangguß vornehmlich auf Senkrecht- oder Horizontal-Stranggießanlagen abgegossen. Beide Anlagentypen arbeiten nach Verfahren, die hinsichtlich der Erstarrung des Stahles ohne Rißbildung an der Strangoberfläche optimiert sind, und die ohne das bei Kreisbogenanlagen erforderliche Richten der Stränge auskommen. Allerdings verfügen diese Anlagen nur über ein begrenztes Kapazitätsangebot in t/h.

Senkrecht-Stranggießanlagen für größere Abmessungen und Leistungen würden dagegen unwirtschaftlich hohe Investitionen erfordern und hätten wegen der für diesen Stahlmarkenbereich geringen Erzeugungsmengen in t/Monat keine ausreichende Auslastung. Deshalb werden höchstlegierte Stähle heute noch aus Losgrößenüberlegungen in vielen Fällen als Schmiedeblöcke oder Walzblöcke abgegossen. Die Erzeugung der Blöcke und ihre Bearbeitung für ihren Einsatz in die nächste Fertigungsstufe und das Verformen sind aufwendig und belasten die Fertigerzeugnisse mit sehr hohen Herstellkosten.

Aus dem Buch "Stahlstrang-Gießanlagen" von H.G. Baumann 1976, Verlag Stahleisen, Düsseldorf, Seiten

86 bis 93 sind u.a. Programme für das rechnergestützte Konstruieren von Gießanlagen bekannt. Baumann will in erster Linie den Konstrukteur von Stahlstrang-Gießanlagen Hilfen zur Bemessung der verschiedenen Aggregate geben. Dazu werden in diesem Buch aus der Sicht des Konstrukteurs verschiedene Parameter weitgehend berechnet. In diesem Buch ist nicht zu Verfahrensfragen des Stranggießens Stellung genommen worden, sondern es finden sich dort Hinweise für die Konstruktion von Stranggießanlagen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, das die fehlerfreie Erzeugung von höchstlegierten Stählen auf solchen Stranggießanlagen erlaubt, die hinsichtlich des Einsatzes aller im Edelstahlbereich vorkommenden Stahlmarken und Losgrößen flexibel sind, wobei im Verfahrensablauf dafür Sorge getragen wird, daß die Stahlmatrix die auftretenden Spannungen aufnehmen kann und Oberflächenrisse vermieden werden können.

Die Erfindung gibt ein Verfahren zum Gießen von höchstlegierten Stählen auf Kreisbogen-Stranggießanlagen an die Hand, wobei die Stahlschmelze durch eine wassergekühlte Kokille geführt wird, aus der ein oberflächig erstarrter Stahlstrang austritt, der unter Beaufschlagung von Kühlmitteln zur weiteren Erstarrung gekühlt, über Stützrollen kreisförmig umgelenkt und anschließend über eine Mehrpunktbiegeeinrichtung vom Kreisbogen wieder in die Horizontale zurückgebogen wird, wobei im Bereich der Mehrpunktbiegeeinrichtung die Strangtemperaturen über die Dicke des Strangquerschnitts ermittelt werden und unter Berücksichtigung der aus an sich bekannten Heiß-Umformversuchen in Form von Fließkurven ermittelten Fließspannungen in Abhängigkeit von der Umformgeschwindigkeit und der Strangtemperatur die Richtkraft für die Mindestverformung berechnet wird, die erforderlich ist, um den Stahlstrang in der Mehrpunktbiegeeinrichtung vom Kreisbogen in die Horizontale zurückzubiegen, und daß ein Soll-Ist-Wertevergleich der Richtkraft durchgeführt wird und bei Über- oder Unterschreiten des rechnerisch ermittelten Grenzwertes der Richtkraft die Strangtemperatur in der Mehrpunktbiegeeinrichtung durch Erhöhen oder Zurücknehmen der Sekundärkühlung im Rahmen ihrer Steuernsparameter und weiter durch Erhöhen oder Zurücknehmen der Gießgeschwindigkeit als Steuernsparameter für die Strangtemperatur gesteigert oder abgesenkt wird.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß eine moderne Technologie zur Verfügung gestellt wird, die die Erzeugung von rißempfindlichen, höchstlegierten Stählen fehlerfrei und kostengünstig auf den für die Erzeugung von Edelstählen bewährten Kreisbogen-Stranggießanlagen gestattet.

Im folgenden wird die Erfindung näher beschrieben und anhand einer Zeichnung erläutert.

Das Bestreben, Energie-, Betriebs- und Investiti-

onskosten zu sparen sowie die Qualität der Produkte zu steigern, führte in der Stahlindustrie zur Umstellung von Block- auf Strangguß. Trotz verfeinerter Prozeßsteuerung beim Stranggießen wird bei einer Reihe von Stählen, insbesondere bei den höchstlegierten Stählen, eine fehlerfreie Erzeugung noch nicht sicher beherrscht. Weitere Parameter wichtiger Einflußgrößen müssen zur Optimierung der Fertigung herangezogen werden.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, schonende, auf die jeweilige Stahlmarke, das zu gießende Format und die Gießgeschwindigkeit bzw. Strangkühlung abgestimmte Richtoperationen beim Geradebiegen des auf Kreisbogen-Stranggießanlagen erzeugten bogenförmigen Stahlstranges im Bereich einer Mehrpunktbiegeeinrichtung durchzuführen, um die gefürchtete Oberflächenrißbildung in den Strängen besser zu beherrschen. Die Erfindung schlägt vor, die Richtkraft für das Geradebiegen des gebogenen Stahlstranges zu berechnen unter der Vorgabe, die dabei auftretenden Spannungen so zu begrenzen, daß die Stahlmatrix sie ohne Trennungen aufnehmen kann. Einen Beitrag dazu liefern die bekannten Heißzugversuche zur Ermittlung der Hochtemperaturfestigkeits- und -zähigkeitseigenschaften der Stähle, die als Spannungs-Dehnungs-Kurven aufgenommen werden, und deren Kenntnis Hinweise auf den Kraft- und Arbeitsbedarf von Umformeinrichtungen sowie auf die maximal zulässigen Verformungen ohne Werkstoffschädigungen gibt.

Die derart gewonnenen Hochtemperatur-Werkstoffeigenschaften werden den Strangtemperaturen zugeordnet, die gemäß der Erfindung im Bereich des Richtpunktes über den Strangquerschnitt ermittelt werden, beispielsweise dadurch, daß die Strangoberflächentemperatur gemessen und daraus das Temperaturprofil über den Strangquerschnitt berechnet wird. Aus diesen Vorgaben wird unter Berücksichtigung der Gießbedingungen und der Strangformate die Richtkraft errechnet, die benötigt wird, um den Stahlstrang vom Kreisbogen über eine Mehrpunktbiegeeinrichtung in die Horizontale zurückzubiegen. In der Figur ist ein Blockdiagramm dargestellt, aus dem entnommen werden kann, in welcher Weise die Hochtemperatur-eigenschaften eines Stahles zur Ermittlung der über die Richttemperaturen beeinflußbaren und damit durch die Gießbedingungen und die Strangkühlung regelbare, erforderliche Richtkraft und Richtarbeit herangezogen werden können.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht einen Soll-Ist-Wertevergleich der Richtkraft vor, mit dessen Hilfe eine Steuerung der Gießgeschwindigkeit und/oder der Strangkühlung vorgenommen wird, wie ebenfalls in der Figur gezeigt wird. Steigt die benötigte Richtkraft über den berechneten Grenzwert für den benötigten Verformungsaufwand hinaus an, kann durch die Erhöhung der Gießgeschwindigkeit und/oder die Anpassung der Strangkühlung die Richttemperatur entsprechend gesteigert werden und damit die benötigte Richtkraft niedriger ausfallen und dem aus den Werk-

stoffeigenschaften hergeleiteten Grenzwert angepaßt werden.

Wird dagegen die benötigte Richtkraft im Soll-Ist-Wertevergleich unterschritten, muß die Gießgeschwindigkeit zurückgenommen und/oder die Strangkühlung entsprechend angepaßt werden. Damit wird die Richttemperatur abgesenkt und die für das Erzielen eines geraden Stranges erforderliche Mindestverformung nicht überschritten.

Es liegt im Sinne der Erfindung, daß das Verfahren nicht allein auf das Richten von gegossenen Stahlsträngen beschränkt bleibt, die in der Biegeeinrichtung bereits vollständig erstarrt sind. Das erfindungsgemäß Verfahren läßt sich ohne jegliche Einschränkung auch auf das Richten von teilerstarren Strängen anwenden, die eine erstarrte Randzone und einen noch flüssigen Kernbereich aufweisen. In diesem Fall wird die Festigkeit der erstarrten Randzone im Bereich des Richtpunktes nach dem beschriebenen Verfahren ermittelt und für die Errechnung der erforderlichen Richtkraft bzw. Richtarbeit herangezogen. Das Richten von teilerstarren Stahlsträngen erfordert eine geringere Richtverformung als vollständig erstarrte Stränge, so daß die Verformung insgesamt schonender erfolgen kann. Dies wirkt sich auch vorteilhaft beim Richten von hochwarmfesten Stählen auf die Anlagenteile der Mehrpunktbiegeeinrichtung aus, die geringeren Beanspruchungen ausgesetzt sind.

Die Auslegung und Steuerung der Stranggießanlage muß diesen Anforderungen Rechnung tragen. Es müssen deshalb in Abhängigkeit von der Stahlmarke und dem zu gießenden Format unterschiedliche Gießgeschwindigkeiten und Regelungsmöglichkeiten der Strangkühlung eingestellt werden können, und es ist dafür Sorge zu tragen, daß Erstarrungsverhalten, entstehende Spannungszustände und die Wärmeabfuhr aufeinander abgestimmt und geregelt werden können. Mit dieser Regelung werden die Stahlstränge auf die denkbar schonendste Weise beim Richten behandelt, so daß Oberflächenrisse weitgehend ausgeschlossen werden können.

Zur Ermittlung der Richtkraft, die im Bereich der Mehrpunktbiegeeinrichtung auf den Stahlstrang übertragen wird, bietet sich vorteilhaft das in der EP-OS 0 315 043 beschriebene Verfahren zur Walzkraftmessung an Walzwerkswalzen an, das ohne weiteres übernommen werden kann und das einen Vergleich der tatsächlich vorliegenden Kraft mit der maximal zulässigen Kraft durchführt, der ein Anspruch des beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahrens ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Gießen von höchstlegierten Stählen auf Kreisbogen-Stranggießanlagen, wobei die Stahlschmelze durch eine wassergekühlte Kokille geführt wird, aus der ein oberflächig erstarrter Stahlstrang austritt, der unter Beaufschlagung von

Kühlmitteln zur weiteren Erstarrung gekühlt, über Stützrollen kreisförmig umgelenkt und anschließend über eine Mehrpunktbiegeeinrichtung vom Kreisbogen wieder in die Horizontale zurückgebogen wird, wobei im Bereich der Mehrpunktbiegeeinrichtung die Strangtemperaturen über die Dicke des Strangquerschnitts ermittelt werden und unter Berücksichtigung der aus an sich bekannten Heiß- Unformversuchen in Form voll Fließkurven ermittelten Fließspannungen in Abhängigkeit von der Uniformgeschwindigkeit und der Strangtemperatur die Richtkraft für die Mindestverformung berechnet wird, die erforderlich ist, um den Stahlstrang in der Mehrpunktbiegeeinrichtung vom Kreisbogen in die Horizontale zurückzubiegen, und daß ein Soll-Ist- Wertevergleich der Richtkraft durchgeführt wird und bei Über- oder Unterschreiten des rechnerisch ermittelten Grenzwertes der Richtkraft die Strangtemperatur in der Mehrpunktbiegeeinrichtung durch Erhöhen oder Zurücknehmen der Sekundärkühlung im Rahmen ihrer Steuerungsparameter und weiter durch Erhöhen oder Zurücknehmen der Gießgeschwindigkeit als Steuerungsparameter für die Strangtemperatur gesteigert oder abgesenkt wird.

Claims

1. A method of casting very-high-alloy steels in circular-arc continuous casters, the molten steel being passed through a water-cooled mould from which a superficially solidified steel strand exits, said steel strand then being exposed to a coolant to promote further solidification, being bent circularly by way of supporting rolls and subsequently bent back to the horizontal position again by way of a multi-point straightening mechanism, the temperatures across the transverse section of the strand being determined in the region of the multi-point straightening mechanism and the bending moment for the minimum deformation necessary to bend the curved steel strand back to the horizontal position in the multi-point straightening mechanism being computed from the yield stresses obtained through the stress-strain curves of familiar high-temperature forming tests, as a function of the forming rate, and from the temperature of the strand, and a variance comparison being carried out for the bending moment and, if the measured bending moment falls short of or exceeds the computed limiting value thereof, the strand temperature in the multi-point straightening mechanism being raised or lowered by increasing or reducing the secondary cooling as one control parameter and also by increasing or reducing the pouring rate as another control parameter for the strand temperature.

Revendications

1. Procédé pour le coulage d'acières hautement alliés dans des installations de coulée continue en arc de cercle, l'acier fondu étant conduit à travers une coquille refroidie à l'eau d'où sort une coulée d'acier solidifiée superficiellement, ladite coulée d'acier étant ensuite refroidie afin de poursuivre la solidification, puis cintrée en arc de cercle par passage sur des rouleaux d'appui et finalement redressée à l'horizontale par un dispositif de redressement multipoints, les températures de la coulée d'acier sur la section transversale étant mesurées dans la région du dispositif de redressement multipoints et la force de redressement pour la déformation minimum nécessaire pour redresser à l'horizontale la coulée d'acier en arc de cercle à l'aide du dispositif de redressement multipoints étant calculée en tenant compte des contraintes à la limite élastique déterminées à partir des essais de déformation à sous forme de courbes d'écoulement, en soi connues, en fonction de la vitesse de déformation et de la température de la coulée d'acier, la valeur réelle de la force de redressement étant comparée à la valeur théorique, et la température de la coulée d'acier dans le dispositif de redressement multipoints étant augmentée ou diminuée par augmentation ou réduction du refroidissement secondaire dans le cadre de ses paramètres de contrôle ainsi que par augmentation ou par réduction de la vitesse de coulée comme paramètre de contrôle de la température de la coulée lorsque la valeur mesurée de la force de redressement est inférieure ou supérieure à la valeur moyenne obtenue par calcul.

