

(19)



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 408 323 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2021/99
(22) Anmeldetag: 01.12.1999
(42) Beginn der Patentdauer: 15.03.2001
(45) Ausgabetag: 25.10.2001

(51) Int. Cl.⁷: **B22D 11/14**
B22D 11/12

(56) Entgegenhaltungen:
DE 4403048C DE 4139242A DE 19529049C
EP 834364A2

(73) Patentinhaber:
VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH
& CO
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
(72) Erfinder:
THALHAMMER MANFRED DIPL.ING. DR.
HAAG, OBERÖSTERREICH (AT).
CHIMANI CHRISTIAN DIPL.ING. DR.
BAD HALL, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUM STAHL-STRANGGIESSEN

(57) Bei einem Verfahren zum Stahl-Stranggießen eines Stranges, insbesondere zum Stranggießen von oberflächenrißempfindlichen Stahlsorten, wie z.B. Aluminiumberuhigter, mikrolegierter oder peritektischer Stähle, wobei der Strang in einer Stranggießanlage einer Verformung unterworfen wird, wird der Strang einer hochtemperaturthermomechanischen Walzung bei einer Oberflächen-Temperatur $> A_{c3}$ unterworfen.

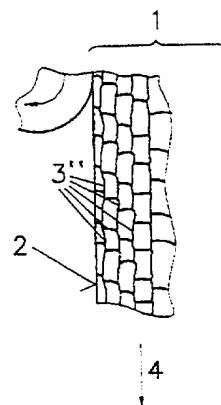


FIG. 3

AT 408 323 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stahl-Stranggießen eines Stranges, insbesondere zum Stranggießen von oberflächenrißempfindlichen Stahlsorten, wie z.B. Aluminiumberuhigter, mikrolegierter oder peritektischer Stähle, wobei der Strang in einer Stranggießanlage einer Verformung unterworfen wird.

5 Es ist bekannt, einen Strang nach dem Austreten aus der Kokille noch innerhalb der Stranggießanlage hinsichtlich seiner Dicke zu reduzieren. Diese Technologie, die auch unter dem Namen "Liquid-Soft-Reduction" in der Literatur Eingang gefunden hat, ist beispielsweise in der DE-C 44 03 048, der DE-A 41 39 242, der DE-C 195 29 049 sowie der EP 0 834 364 A2 beschrieben. Hierbei wird der Strang mit noch flüssigem Kern in seiner Dicke reduziert, mit dem
10 Ziel, eine vorgegebene Dicke des Stranges zu erzielen. Hierdurch soll bei maximaler Produktivität aus einem Gußstrang ein möglichst dünnes Produkt hergestellt werden können (Dünnbrammentechnologie). Durch die "Liquid-Soft-Reduction" im noch nicht durcherstarrten Zustand lassen sich beachtliche Dickenreduktionen erzielen, so daß ein nachträgliches Warm- bzw. Kaltwalzen zu einem dünnen Band erheblich vereinfacht ist, insbesondere was die Zahl der Walzstiche betrifft.
15 Durch eine "Liquid-Soft-Reduction" gelingt es auch, die Innenqualität insofern zu verbessern, als ein Walzen des Stranges mit flüssigem Kern einen Rühreffekt bedingt, und hierdurch Kernseigerungen reduziert werden, wobei jedoch durch die mechanisch aufgebrachten Lasten die Tendenz zur Innenrißbildung steigt.

Weiters ist es bekannt, den Strang im Bereich der Durcherstarrung noch unter Ausnutzung der
20 Stranghitze warmzuwalzen. Solche Strangdickenreduktionen, die im Bereich der Durcherstarrung durchgeführt werden, werden mit einem "Solid-Fraction-Anteil" im Kernbereich zwischen 0,3 und 0,9 durchgeführt, wobei der "Solid-Fraction-Anteil" definiert ist als Anteil des erstarrten Stahles im Zentrum des gegossenen Stranges. Eine solche Fahrweise ist unter dem Namen "Soft-Reduction" in der Literatur bekannt. Die "Soft-Reduction" zielt neben der an erster Stelle stehenden Dicken-
25 reduzierung auf eine bessere Innenqualität des Stranges ab. Durch sie können Zentrumsseigerungen, Porosität und Zentrumsspaltungen vermindert werden.

All diese bekannten Verfahren beruhen auf der Idee, den Strang unterhalb der Kokille noch innerhalb der Stranggießanlage auf eine gewünschte Enddicke bzw. nahe zur gewünschten Enddicke zu bringen, um das Weiterverarbeiten infolge des sich so ergebenden dünneren Stranges
30 kostengünstiger und einfacher gestalten zu können.

Ein besonderes Problem stellt beim Stranggießen von Stahl die Ausbildung von Oberflächenrissen dar. Die Vermeidung von Oberflächenrissen zählt zu den wichtigsten Qualitätsanforderungen an einen modernen Stranggießprozeß. Maßgebend für die Entstehung solcher Oberflächenrisse sind einerseits thermomechanische Belastungen, wie thermischen Eigenspannungen, Biege- und Richtspannungen am erstarrenden Strang, hervorgerufen durch einen Biege- bzw. Richt-
35 prozeß bei Bogenanlagen, und andererseits die Materialeigenschaften der erstarrenden Strangschale, d.h. deren Festigkeit und Duktilität.

Besonders empfindlich sind z.B. Aluminium-beruhigte und mikrolegierte und peritektische Stahlqualitäten in einem Temperaturbereich zwischen 700 und 1100°C; sie weisen in diesem
40 Bereich ein ausgeprägtes Duktilitätstief auf. Der Werkstoff versagt in diesem Bereich bei nur geringer plastischer Verformung durch einen transkristallinen Bruch entlang der Austenitkorgrenzen, wofür nicht-metallische Ausscheidungen, wie Aluminiumnitride, verantwortlich sind. Diese Aluminiumnitride setzen sich an den primären Austenitkorgrenzen ab. Zusätzlich kommt es noch zum Auftreten von voreutektischer Ferritausscheidung, u.zw. ebenfalls bevorzugt entlang der
45 Austenitkorgrenzen. Die Materialeigenschaften werden von der chemischen Analyse des stranggegossenen Stahles, und infolge davon durch die im Material vorliegenden Phasen und deren kristalline Struktur bestimmt. Wesentlich ist auch noch die Mikrostruktur, d.h. die Anordnung von Gitterbaufehlern, wie Versetzungen, Korgrenzen und Einschlüssen.

Als besonders störend im Hinblick auf eine Rißbildung haben sich Oszillationsmarken an den
50 Kantenbereichen eines Stranges erwiesen, da Risse bevorzugt dort entstehen und sich von dort weiter ausbreiten, insbesondere beim Biegen und/oder Richten.

Die Erfindung bezweckt die Vermeidung des Entstehens von Oberflächenrissen und zielt darauf ab, ein Verfahren der eingangs beschriebenen Art zu schaffen, mit dem auch rißempfindliche Stahlqualitäten, wie Aluminium-beruhigte und mikrolegierte Stähle, stranggegossen werden
55 können, wobei ein Strang von hoher Qualität gebildet wird. Insbesondere sollen die Kanten-

bereiche des Stranges frei von Rissen sein.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß der Strang einer hochtemperatur-thermomechanischen Walzung bei einer Oberflächen-Temperatur $> A_{c3}$ unterworfen wird. Unter einer hochtemperatur-thermomechanischen Walzung wird eine Walzung bei Temperaturen im Gebiet des stabilen Austenits verstanden.

Hierdurch gelingt es, das primär entstehende Erstarrungsgefüge zu beseitigen, bevor schädigungskritische Belastungen während des Stranggießens, z.B. beim Biegen und/oder beim Richten des Stranges im Falle des Gießens an einer Stranggießanlage mit bogenförmiger Strangführung, auftreten. Die durch das hochtemperatur-thermomechanische Walzen entstehende neue Mikrostruktur unterscheidet sich vom Primärgefüge durch eine deutliche Kornfeinung, eine verringerte Anisotropie der Kornausrichtung und durch eine schadensunkritische Ausscheidungsmorphologie.

Erfindungsgemäß ergibt sich somit eine wesentliche Verbesserung der Oberflächenqualität, was wie folgt begründet wird: Der Wärmestrom durch die erstarrende Strangschale verläuft annähernd normal zur Oberfläche des Stranges, d.h. dessen Strangschale, wodurch die Richtung der primär dendritischen Erstarrung vorgegeben ist. Durch diese gerichtete Erstarrung bilden sich Dendriten und damit auch primäre γ -Korngrenzen normal zur Oberfläche der Strangschale aus. Eine solche gerichtete Erstarrung ergibt eine Anisotropie der Festigkeit und Duktilitätseigenschaften. Die Festigkeit bei Belastung parallel zur dominierenden Korngrenzenausrichtung liegt deutlich höher als normal zur Korngrenzenausrichtung. Die Hauptlastrichtung, und damit auch die Hauptnormalspannungsrichtung, liegt in der für die Rißentstehung kritischen Richtzone parallel zur Gießrichtung und damit normal zur Kornorientierung. Hier kommt es zu maximalen Zugspannungen im oberflächennahen Bereich der auf Zug belasteten Strangseite und damit zu einem Überschreiten der maximal zulässigen Verformung, was die Bildung von Oberflächenquerrissen zur Folge hat, die bevorzugt im Kantenbereich des Stranges auftreten.

Durch die erfindungsgemäße oberflächennahe plastische Deformation kommt es im kritischen Bereich des Stranges zu einer Umstrukturierung der Korngrenzenstruktur. Die Ausrichtung der Korngrenzen folgt der aufgetragenen plastischen Deformation und weist somit eine schadensunkritische Ausrichtung mit einer Kornorientierung parallel zur Strangoberfläche auf.

Vorzugsweise wird der Strang in einer Stranggießanlage mit bogenförmiger Strangführung gegossen und in einem Bereich von knapp unterhalb einer geraden oder gebogenen Kokille bis vor einem in einer Richtzone stattfindenden Geraderichten der Stranggießanlage hochtemperatur-thermomechanisch gewalzt.

Die hochtemperatur-thermomechanische Walzung soll zweckmäßig in einem Oberflächen-Temperaturbereich zwischen 0,6 insbesondere zwischen 0,75 und 0,8 homologer Temperatur, durchgeführt werden.

Insbesondere soll die Oberflächentemperatur des Stranges während der hochtemperatur-thermomechanischen Walzung unterhalb von 1200°C , vorzugsweise in einem Bereich zwischen 900 und 1150°C , liegen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit einer globalen Deformation von weniger als 10 %, vorzugsweise mit einer globalen Deformation im Bereich zwischen 3 und 10 %, durchgeführt, wobei zweckmäßig die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit lokalen plastischen Deformationen ε_{pl} zwischen 10 und 40 % durchgeführt wird.

Vorteilhaft wird die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit einer lokalen plastischen Mindestdeformation ε_{pl} von 20 % durchgeführt.

Um eine völlige Umstrukturierung des Kornaufbaues durch eine dynamische Rekristallisation zu erreichen, wird vorteilhaft die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit Dehnraten $d\varepsilon/dt$ im Bereich $1,0 \cdot 10^{-3} \leq d\varepsilon/dt \leq 0,1[\text{s}^{-1}]$ durchgeführt, wobei nach einer bevorzugten Ausführungsform die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit einer Dehnraten $d\varepsilon/dt > 1 \times 10^{-2}[\text{s}^{-1}]$ durchgeführt wird.

Erfindungsgemäß wird die hochtemperatur-thermomechanische Walzung vorteilhaft in zwei oder mehreren Stufen durchgeführt.

Zur besseren Ausschaltung des Einflusses von gegebenenfalls vorhandenen Oszillationsmarken wird zweckmäßig ein erster Glättungsstich durchgeführt, worauf eine hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit mindestens einem Walzstich mit plastischer Verformung der

Kanten- und Stegbereiche des Stranges folgt.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand der Beschreibung und der Zeichnung näher erläutert, wobei Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Dendritenwachstums der Strangschale, Fig. 2 eine Ausschnittsvergrößerung der Fig. 1 und Fig. 3 eine erfindungsgemäß hervorgerufene neue Gefügeausbildung veranschaulichen. Fig. 4 gibt ein Schlifffbild eines Oberflächenbereiches eines Stranges mit Rissen in einer Strangschale wieder, und die Fig. 5 und 6 zeigen in Diagrammform Temperaturverläufe in Strängen, gegossen mit unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten, jeweils gemessen in unterschiedlichen Abständen von der Strangoberfläche.

Wie aus den Fig. 1 und 2 erkennbar ist, verläuft der Wärmestrom durch die erstarrende Strangschale 1 annähernd normal zur Strangoberfläche 2, wodurch die Richtung der primär dendritischen Erstarrung vorgegeben ist. Die Ausrichtung der erstarrten Dendriten 3 und damit auch die Ausrichtung der primären γ -Korngrenzen 3' ist etwa normal zur Strangoberfläche 2 gegeben. Diese gerichtete Erstarrung bedingt eine Anisotropie der Festigkeits- und Duktilitätseigenschaften der Strangschale 1. Die Festigkeit bei Belastung parallel zur dominierenden Korngrenzenausrichtung ist deutlich höher als normal zu dieser Richtung, insbesondere im Hochtemperaturbereich.

Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, liegt die Hauptlastrichtung, und damit auch die Hauptnormalspannungsrichtung (Pfeile σ) beim Richten des Stranges, also in der für die Rißentstehung kritischen Richtzone, parallel zur Gießrichtung 4 und damit normal zur Kornorientierung. Die maximalen Zugspannungen treten im oberflächennahen Bereich 5 an der Dehnseite der Strangschale 1 auf. Ein Überschreiten der maximal zulässigen Verformung hat die Bildung von Oberflächenquerrissen zur Folge, wie dies in Fig. 4 veranschaulicht ist.

Durch eine erfindungsgemäße hochtemperatur-thermomechanische Walzung bei einer Oberflächentemperatur $> A_{c3}$, d.h. im Gebiet des stabilen Austenits, vor dem Eintreten des Stranges in die Richtzone, wird die Korngrenzenstruktur im schädigungsrelevanten Oberflächenbereich 5 umstrukturiert, u.zw. derart, daß die Ausrichtung der Korngrenzen 3" der aufgetragenen plastischen Deformation folgt, woraus eine schadensunkritische Ausrichtung der Korngrenzen resultiert, wie dies in Fig. 3 veranschaulicht ist. Diese erfindungsgemäße hochtemperatur-thermomechanische Walzung kann in einem Temperaturintervall zwischen der am Kokillenaustritt des Stranges vorhandenen Oberflächentemperatur bis zu einer Temperatur $T > 0,6$ homologer Temperatur an der Oberfläche des Stranges durchgeführt werden. Bei den geringen plastischen Verformungen, die eine thermomechanische Walzung kennzeichnen, ist in diesem Temperaturintervall ein Korngrenzengleiten als vorherrschender Deformationsmechanismus gegeben.

Gemäß dem Stand der Technik (Stranggießen ohne jede Walzung) kommt es beim Richten durch die hierbei geringen aufgetragenen Dehnungen ($\varepsilon < 1,5\%$) an der Strangschale 1 und infolge der vorliegenden Temperaturen, die zwischen 950 und 850°C liegen, zu keiner Gefügeentlastung durch dynamische Rekristallisation. Dies bedeutet, daß infolge des groben Kornes in der Richtzone jene Faktoren zum Tragen kommen, die beim unrekristallisierten Austenit ein Duktilitäts-tief verursachen.

Erfindungsgemäß kommt es in Abhängigkeit von den eingestellten Verformungsbedingungen (Temperatur- und Deformationsrate) - wie aus Fig. 3 ersichtlich - vor dem Richten zu einer völligen Umstrukturierung des Kornaufbaues durch dynamische Rekristallisation. Die hierfür günstigste Oberflächentemperatur liegt in einem Bereich zwischen 0,6 vorzugsweise zwischen 0,75 und 0,8 homologer Temperatur, wobei nur geringe Dehnraten $d\varepsilon/dt$ von etwa 10^{-4} s^{-1} bei einer Gesamtdehnung von ca. 20 % erforderlich sind.

Da ein Werkstoffversagen durch eine transkristalline Rißbildung eintritt, u.zw. insbesondere bei Vorhandensein von Oberflächenfehlern, wie Oszillationsmarken, können die Duktilitätseigenschaften durch eine bei der Rekristallisation des Werkstoffes stattfindende Kornfeinung entscheidend verbessert werden. Untersuchungen an Nb-legierten Stählen zeigen z.B. ein indirekt proportionales Verhältnis zwischen der Austenitkorngröße und der Duktilität. Ein zusätzlich positiver Einfluß auf die Werkstoffeigenschaften ergibt sich aus der lokalen Trennung von Korngrenzen und Ausscheidungen. Sulfid-Nitridausscheidungen, die sich beim Abkühlen primär an den Austenitkorngrenzen anlagern, liegen nach dem Rekristallisieren im neugebildeten Korn. Die Folge ist eine wesentliche Verbesserung der Duktilitätseigenschaften.

Dieses Verbesserungspotential konnte auch durch experimentelle Untersuchungen an C-Mn-, C-Mn-Al- und C-Mn-Al-Nb-Stählen nachgewiesen werden.

Erfindungsgemäß wird während des Gießprozesses über eine hochtemperatur-thermomechanische Walzung gezielt auf Ausscheidungsvorgänge Einfluß genommen werden. Wie in vielen Untersuchungen bereits gezeigt wurde, kommt der Ausscheidung von Nitriden (AlN, NbN, VN, ...) ein großer Einfluß zu. Durch eine Rekristallisation knapp unterhalb der Löslichkeitstemperatur von nichtmetallischen Phasen kann deren Ausscheidung weitgehend verhindert oder verschoben werden. Bei der Rekristallisation werden potentielle Ausscheidungskeime vernichtet. Die länger in Lösung gehaltenen Fremdatome haben zusätzlich eine Verschiebung der γ - α -Umwandlung zur Folge, d.h. eine für das Duktilitätsverhalten kritische voreutektische Ferritausscheidung kann gezielt verzögert werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich bestens für stark oberflächenrißempfindliche Stähle, die einer ganz bestimmten Strangführungstemperatur bedürfen, um rißfrei vergossen werden zu können. Insbesondere bei Senkrecht-Abbiegemaschinen werden durch den Richtprozeß Dehnungen und Dehnraten erreicht, die bei ungünstigen Prozeßparametern zu Oberflächendefekten führen können. Es handelt sich dabei um Quer-, Längs-, Netz- und insbesondere Kantenrisse.

Erfindungsgemäß erfolgt die hochtemperatur-thermomechanische Walzung durch Einstellen einer bestimmten Spaltverengung des Spaltes der Strangführung unterhalb der Stranggießkokille, also dort, wo der Strang zum Vermeiden von Ausbauchungen an zwei einander gegenüberliegenden Seiten gestützt wird, z.B. durch Rollenbahnen. Dieser Spalt soll zur Reduzierung des Strangquerschnittes, d.h. der Strangdicke, einstellbar und nicht auf eine bestimmte Spaltverengung fix eingestellt sein, denn dies würde bei dynamischen Gießabläufen, die durch einen Pfannenwechsel, Verteilerwechsel, Tauchrohrwechsel bzw. bei Gießbeginn und Gießende erforderlich sind, einen vom optimalen Spalt der Strangführung abweichenden Spalt ergeben. Durch die Spaltverengung ergibt sich die Möglichkeit, die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mehrstufig durchzuführen, d.h. mehrere Verformungswalzen im Bereich der Spaltverengung einzusetzen. Es liegt jedoch auch im Rahmen der Erfindung, die hochtemperatur-thermomechanische Walzung einstufig durchzuführen.

Bei herkömmlichen Spalteinstellungen, bei denen der Spalt der Strangführung lediglich entsprechend einer dem Schrumpfmaß des Stranges folgenden Verjüngung eingestellt ist, werden in der Richtzone zufolge der Richtkräfte die Kanten des Stranges zwar geglättet, jedoch werden die plastischen Deformationen in einem für das vergossene Metall kritischen Temperaturbereich aufgebracht, so daß durch diese beim Richten auftretenden Verformungen keine gefügeverbessernden Prozesse stattfinden können.

Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn im Bereich ab Austritt des Stranges aus der Kokille bis maximal vor der Richtzone ein Glättungsstich mit einem bestimmten definierten Reduktionsmaß vorgenommen wird, so daß die Oszillationsmarken im Kantenbereich bzw. Stegbereich des Stranges ausgewalzt werden. Die so gebildeten sehr glatten Kanten stehen ebenfalls einer Rißbildung entgegen. Durch die hochtemperatur-thermomechanische Walzung im oben beschriebenen Umfang wird anschließend eine Umorientierung der Kornstruktur über den oberflächennahen Bereich des Stranges erzielt, vor allem im Bereich der durchgestarteten Stegbereiche des Stranges. Durch die Kombination Glättungsstich und hochtemperatur-thermomechanische Walzung werden die Belastbarkeit des deformierten Stegbereiches wesentlich erhöht und die Rißanfälligkeit bedeutend gesenkt. Hierdurch verträgt der Strang ein höheres Maß an Deformation beim Richten.

Zur Festlegung des Ortes, an dem die hochtemperatur-thermomechanische Walzung stattfinden soll, eignen sich Abkühlungskurven, wie sie in den Fig. 5 und 6 für Stränge mit Brammenquerschnitt mit etwa einer Dicke von 250 mm dargestellt sind. Es ist notwendig, jeweils die Gießgeschwindigkeit v zu berücksichtigen, da unterschiedliche Gießgeschwindigkeiten stark unterschiedliche Abkühlkurven ergeben, wie die Fig. 5 und 6 (Fig. 5: $v = 0,7$ m/min, Fig. 6: $v = 1,4$ m/min) erkennen lassen. Die Zahlen bei den einzelnen Kurvenzügen der Fig. 5 und 6 geben den jeweiligen Abstand der Temperaturmessung von der Strangoberfläche wieder.

Zusammenfassend lassen sich die Bedingungen für eine erfindungsgemäße hochtemperatur-thermomechanische Walzung wie folgt formulieren:

- Gezielte plastische Verformung. Der optimale Bereich liegt bei 10 - 40 % im schädigungsrelevanten Oberflächenbereich. Damit wird für die meisten rißempfindlichen Stahlqualitäten

eine ausreichende Umstrukturierung der Korngrenzenstruktur erreicht.

- Gezielter Temperaturverlauf im thermomechanisch verformten Bereich, um ein optimales Korngrenzengleiten bei geringer plastischer Verformung zu ermöglichen.
- Beim Verformen im Oberflächen-Temperaturbereich zwischen 0,6 und 0,85 der homologen Temperatur (ca. 900° bis 1200°C) kann eine völlige Umstrukturierung des Kornaufbaues durch dynamische Rekristallisation stattfinden.
- Gezielte Stichabnahme an der Schale: Der anzustrebende Wert soll so eingestellt werden, daß rund 10 - 40 % plastische Verformung im rißempfindlichen Bereich erreicht wird. Bei oberflächennahen Rissen ist die Rißtiefe größtenteils limitiert. Rißtiefen > 10 mm (z.B. Kantenrisse) sind selten anzutreffen. Im rißempfindlichen Bereich ist es damit möglich, schon mit relativ geringer Strangdickenabnahme lokal an der Strangoberfläche eine ausreichende plastische Verformung zu erlangen.
- Dynamische Spaltverstellung an der Strangführung zwischen Kokille und Richtzone.
- Dynamische Kühlmodell-Temperaturkontrolle der Oberfläche. Die Kombination einer dynamischen Spaltverstellung mit einem dynamischen Kühlmodell erlaubt es, den jeweils optimalen Bereich für die Verformung einzustellen.

Aus nachfolgendem Beispiel läßt sich das Einsparungspotential des erfindungsgemäßen Verfahrens erkennen:

An einer Einstranggießanlage zum Gießen von C-Stahlqualitäten wird z.B. eine Jahresproduktion von 1 Mio t stranggegossen. Hierbei sind rißempfindliche Güten von ca. 20 %, d.h. 200.000 t/J enthalten. Durch Ausflämmen von Rissen an den Brammen dieser rißempfindlichen Güten entsteht ein Verlust (bei Maschinenflämmen pro Seite je 3 mm) von etwa 2,2 %, d.s. 4.400 t/J. Dies ergibt einen Wertverlust bei einem Wert von 2.700,00 ATS/t Stahl von 11,88 Mio ATS/J. Hierzu kommen noch die Kosten für das Flämmen, die mit 600,00 ATS/h für 100 t/h angenommen werden können, in der Höhe von 1,2 Mio ATS/J, woraus ein Jahresverlust von 13,08 Mio ATS/J resultiert.

Eine überschlagsmäßige Gegenüberstellung der Umrüstkosten einer herkömmlichen Stranggießanlage auf eine Stranggießanlage zur Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens, d.h. mit einstellbarem Spalt der Strangführung, ergibt eine Amortisation der Investitionskosten nach etwa ein bis zwei Jahren. Vorteile, die durch den Direkteinsatz der stranggegossenen Brammen entstehen, sind dabei noch nicht berücksichtigt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Stahl-Stranggießen eines Stranges, insbesondere zum Stranggießen von oberflächenrißempfindlichen Stahlsorten, wie z.B. Aluminium-beruhigter, mikrolegierter oder peritektischer Stähle, wobei der Strang in einer Stranggießanlage einer Verformung unterworfen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Strang einer hochtemperatur-thermomechanischen Walzung bei einer Oberflächen-Temperatur $> A_{c3}$ unterworfen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strang in einer Stranggießanlage mit bogenförmiger Strangführung gegossen wird und in einem Bereich von knapp unterhalb einer geraden oder gebogenen Kokille bis vor einem in einer Richtzone stattfindenden Geraderichten der Stranggießanlage hochtemperatur-thermomechanisch gewalzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung in einem Oberflächen-Temperaturbereich zwischen 0,6, insbesondere zwischen 0,75 und 0,8 homologer Temperatur, durchgeführt wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberflächen-Temperatur des Stranges während der hochtemperatur-thermomechanischen Walzung unterhalb von 1200°C, vorzugsweise in einem Bereich zwischen 900 und 1150°C, liegt.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit einer globalen Deformation von weniger als 10 %, vorzugsweise mit einer globalen Deformation im Bereich zwischen 3

und 10 %, durchgeführt wird.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit lokalen plastischen Deformationen ε_{pl} zwischen 10 und 40 % durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit einer lokalen plastischen Mindestdeformation ε_{pl} von 20 % durchgeführt wird.
8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit Dehnraten $d\varepsilon/dt$ im Bereich $1,0 \cdot 10^{-3} \leq d\varepsilon/dt \leq 0,1 [s^{-1}]$ durchgeführt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit einer Dehnrate $d\varepsilon/dt > 1 \times 10^{-2} [s^{-1}]$ durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die hochtemperatur-thermomechanische Walzung in zwei oder mehreren Stufen durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß einem ersten Glättungsstich eine hochtemperatur-thermomechanische Walzung mit mindestens einem Walzstich mit plastischer Verformung der Kanten- und Stegbereiche des Stranges folgt.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

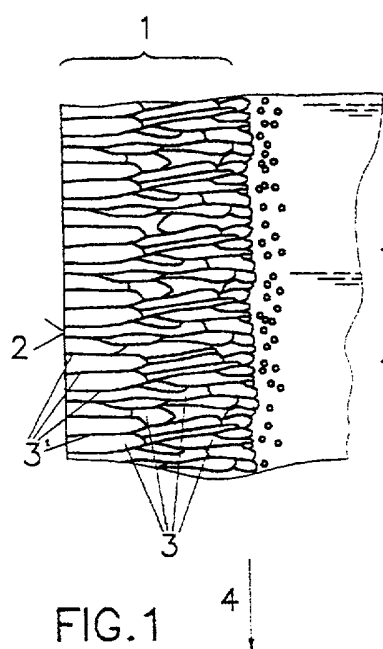


FIG. 1

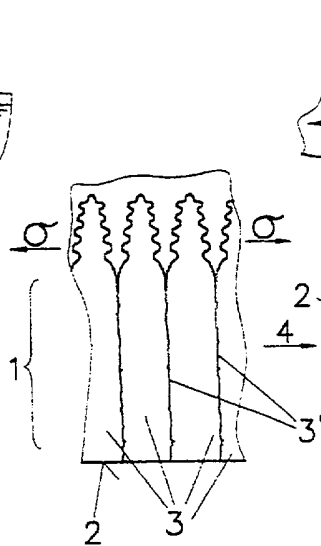


FIG. 2

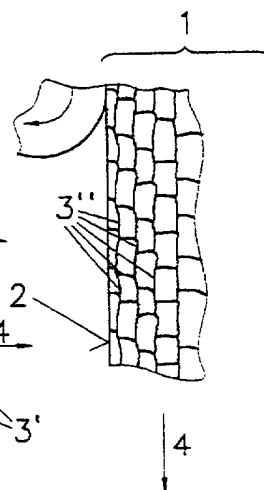


FIG. 3



FIG. 4

FIG. 5

