

BLUMBACH · WESER · BERGEN · KRAMER

ZWIRNER · HOFFMANN

0054867

PATENTANWÄLTE IN MÜNCHEN UND WIESBADEN

Patentconsult Radeckestraße 43 8000 München 60 Telefon (089) 883603/883604 Telex 05-212313 Telegramme Patentconsult
Patentconsult Sonnenberger Straße 43 6200 Wiesbaden Telefon (06121) 562943/561996 Telex 04-186237 Telegramme Patentconsult

Hamburger Stahlwerke GmbH
Dradenastr. 33
2103 Hamburg 95

80/0114 EPC

10 Verfahren zum Kühlen von Strängen beim Stranggießen von
Stahl

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kühlen von
Strängen beim Stranggießen von Stahl gemäß dem Ober-
begriff des Patentanspruchs 1.

Bei einer Reihe von Stahlprodukten, z.B. hochkohlenstoff-
20 haltigen Stahldrähten, werden die technologischen Eigen-
schaften durch Seigerungen fühlbar verschlechtert. Diese
Seigerungen können auch bei der heute allgemein ange-
wandten Patentierung derartiger Drähte aus der Walzhitze
zur Bildung spröder Phasen an den Seigerungsstellen füh-
25 ren - häufig als "Martensit" bezeichnet - die die Zieh-
fähigkeit des Drahtes sehr stark herabsetzen.

Während sich beim Blockguß die Seigerungen im oberen Drit-
tel des Blockes befinden und durch entsprechendes Schöpfen
30 entfernt werden können, verteilen sie sich beim Strang-
guß über die gesamte Stranglänge und können durch Ab-
schneiden nicht entfernt werden. Ihre negativen Auswir-
kungen sind beim sogenannten kleinformatigen Strangguß
- Abmessungen von 100 bis 140 mm Kantenlänge - größer als
35 beim großformatigen Strangguß - d.h. Vorblockformaten von
200 - 300 mm Kantenlänge -, da die Verformung bis zum

München: R. Kramer Dipl.-Ing. · W. Weser Dipl.-Phys. Dr. rer. nat. · E. Hoffmann Dipl.-Ing.

Wiesbaden: P. G. Blumbach Dipl.-Ing. · P. Bergen Prof. Dr. jur. Dipl.-Ing., Pat.-Ass., Pat.-Anw. bis 1979 · G. Zwirner Dipl.-Ing. Dipl.-W.-Ing.

- 1 fertigen Walzprodukt bei den kleinen Gußformaten geringer
ist. Es sind seitens der Fachwelt bereits erhebliche
Anstrengungen unternommen worden, die Seigerungen im
Strangguß oder ihre negativen Auswirkungen auf das Walz-
5 produkt zu vermindern. Hierbei hat sich allgemein die
Auffassung herausgebildet, daß ein sogenanntes globuliti-
sches Gefüge mit geringen Seigerungen, ein dendritisches
Gefüge jedoch mit starken Seigerungen verbunden ist. Unter
einem globulitischen Gefüge wird hierbei ein Gefüge ver-
10 standen, bei dem die Kristalle keine bevorzugte Wachstums-
richtung haben, sondern regellos über den Querschnitt
verteilt sind. Fig. 1 stellt das Gefüge eines Strangguß-
knüppels mit einem großen Anteil eines derartigen
globulitischen Gefüges dar. Unter einem dendritischen
15 Gefüge wird hingegen ein Gefüge verstanden, bei dem die
überwiegende Wachstumsrichtung der Kristalle senkrecht
zur Strangoberfläche in das Metall hinein verläuft.
Fig. 2 zeigt das Schliffbild eines Stranggußknüppels mit
einem großen Anteil dendritischen Gefüges.
- 20 Wegen der Auffassung, dendritisches Gefüge würde die Sei-
gerungen begünstigen und globulitisches Gefüge vermindern,
haben sich die Bemühungen der Fachwelt darauf konzentriert,
den Anteil des globulitischen Gefüges zu erhöhen. Zu
25 diesem Zweck sind verschiedene Wege beschritten worden.
- Eine Entwicklungsrichtung geht dahin, durch Rühren des
flüssigen Stahles im erstarrenden Strang die Ausbildung
einer dendritischen Struktur zu verhindern und damit Sei-
30 gerungen zu vermindern (siehe beispielsweise DE-C-
17 83 060). Die Rührwirkung wird im allgemeinen durch
elektromagnetische Rührvorrichtungen erreicht. In jedem
Fall sind aufwendige Vorrichtungen erforderlich.
- 35 Eine andere Entwicklungsrichtung, globulitisches Gefüge
zu erreichen, geht dahin, die Gießtemperatur sehr niedrig

1 zu halten. Hierbei ergeben sich in der Praxis Schwierigkeiten dadurch, daß die Gießdüsen zum Verstopfen neigen.

Umfangreiche Untersuchungen mit der Zielsetzung, Seigerungen durch Gießen bei niedrigen Temperaturen oder durch
5 elektromagnetisches Rühren bei Stählen mit 0,3 bis 1,0 % Kohlenstoff zu vermindern, hatten zum Ergebnis, daß zwar eine leichte Verringerung der Seigerungen erreichbar ist, daß diese Verringerung aber nicht ausreicht, um bei der
10 Produktion von Walzdraht aus solchen Stählen eine merkliche Verbesserung der technologischen Eigenschaften zu erzielen. Bei Anwendung des elektromagnetischen Rührens wurde sogar ein häufigeres Auftreten von "Martensit" beobachtet.

15 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Stahlstranggießverfahren für Stähle mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 1,1 Gewichts%, insbesondere mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,3 bis 1,0 Gewichts%, Knüppel mit ver-
20 ringerten Seigerungen zu erzeugen, aus denen vorzugsweise Walzdraht mit verbesserten mechanischen und technologischen Eigenschaften hergestellt werden kann. Insbesondere sollen die Verhältnisse beim kleinformatigen Strangguß, d.h. bei Abmessungen bis 140 mm Kantenlänge, verbessert werden. Es
25 soll auch verhindert werden, daß beim Vergüten des aus einem Knüppel gewalzten Walzdrahtes an Seigerungsstellen "Martensit" entsteht.

Die Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des
30 Anspruchs 1 gelöst. Weitere Merkmale der Erfindung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Es hat sich herausgestellt, daß sich entgegen der herrschenden Meinung insbesondere bei einem Stahl mit einem
35 Kohlenstoffgehalt von 0,3 bis 1 % die Seigerungen erheblich vermindern lassen, wenn innerhalb der angegebenen

1 Grenzen sehr intensiv gekühlt wird. Dieser Effekt ist auch
bei hohen Gießtemperaturen und Gießgeschwindigkeiten
zu beobachten. Das Ausmaß der Verminderung der Seigerungen
reicht aus, um die technologischen Eigenschaften von Walz-
5 draht, der aus einem so erhaltenen Stranggußknüppel her-
gestellt wird, wesentlich zu verbessern. Auch das Auftre-
ten von "Martensit" an Seigerungsstellen nach dem Vergüten
des Walzdrahtes aus der Walzhitze wird entscheidend ver-
mindert.

10

Bei einer sehr intensiven Kühlung besteht die Gefahr, daß
an der Oberfläche oder im Innern des Knüppels Risse
auftreten. Dieses Problem ist nicht nur von Bedeutung bei
Stählen mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,3 bis 1 Gewichts-%
15 sondern auch bei Stählen mit geringerem Kohlenstoffgehalt,
wenn zur Erhöhung der Produktivität die Gießgeschwindig-
keit und die Intensität der Abkühlung erhöht werden. Das
Problem wird durch die kennzeichnenden Merkmale des
Anspruchs 4 gelöst.

20

Bei einer zweistufigen Kühlung innerhalb der in den An-
sprüchen 4 bis 6 angegebenen Grenzen treten keinerlei
Risse an der Oberfläche des Knüppels oder im Inneren des
Knüppels auf. An der Knüppeloberfläche wird eine sehr
25 feinkörnige Schicht gebildet, die die Anfälligkeit des
Knüppels gegen die Bildung von Rissen bei der Walzung
herabsetzt. Die in Fig. 3 dargestellte Makroätzung einer
geviertelten Knüppelscheibe zeigt diese feinkörnige
Schicht, die bei starker Kühlung im Mittel etwa 4 bis 10
30 mm an den Seitenflächen des Knüppels und bis zu 25 mm
an den Knüppelkanten beträgt.

Die Erfindung wird anhand von vier Fig. näher erläutert.
Es zeigen

35

Fig. 1 einen Schwefelabdruck vom Längsschnitt durch

1 die Mittelachse eines Knüppels mit einem
 großen Anteil an globulitischem Gefüge;

 Fig. 2 einen Schwefelabdruck vom Längsschnitt durch
5 die Mittelachse eines Knüppels mit einem
 großen Anteil an dendritischem Gefüge;

 Fig. 3 eine Makroätzung einer geviertelten Knüppel-
 scheibe aus verstärkt gekühltem Material mit
10 feinkörniger globulitischer Randzone;

 Fig. 4 in schematischer Darstellung eine Vorrichtung
 zur Durchführung des Verfahrens.

15 Fig. 4 stellt schematisch eine Stahlstranggießvorrichtung
 zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dar.
 Aus einer Verteilerrinne 1 wird flüssiger Stahl in eine
 oszillierende gekühlte Stranggießkokille 2 gegossen, in
 der die Außenhaut während der langsamen Abwärtsbewegung
20 des Metallstrangs erstarrt. Hinter der Kokille sind zwei
 Kühlstufen 3 und 4 angeordnet, in denen der Strang an
 seinem gesamten Umfang gleichmäßig mit Wasser angespritzt
 wird. Der flüssige Sumpf des Metallstrangs ist mit 5, die
 erstarrte Strangschale mit 6 bezeichnet. Das gesamte ab-
25 laufende Spritzwasser wird in einer Sammelleitung 7 ge-
 sammelt und einem Wasserbehälter 8 zugeführt. Die Kühl-
 stufen 3 und 4 werden mittels Pumpen 9 und 10 über Lei-
 tungen 11 und 12 mit Spritzwasser aus dem Sammelbehälter 8
 versorgt. Der Spritzwasser-Sammelleitung 7 ist ein Gerät
30 13 zum Erfassen der Temperatur T_A und des Wasservolumen-
 stromes V_A des Abwassers und den Stufen 1 und 2 sind Ge-
 räte 14 bzw. 15 zum Erfassen der Wassertemperatur, des
 Wasservolumenstromes und des Wasserdrucks T_1, V_1, P_1 bzw.
 T_2, V_2, P_2 am Eingang der betreffenden Stufen zugeordnet.
35 Es sind außerdem nicht dargestellte Steuer- und Regelor-
 gane vorhanden, um die genannten Größen verändern zu

1 können. Die Aufteilung auf die beiden Stufen wird dadurch
ermittelt, daß einmal Wasservolumenstrom V_A und Temperatur
 T_A des Abwassers bei Betrieb der beiden Stufen 1 und 2 und
einmal nur bei Betrieb der Stufe 1 gemessen werden.

5

Bei der üblichen Herstellungsweise von Strangguß im Kohlenstoffbereich von 0,3 - 1,0%, beispielsweise bei einem quadratischen Format von 120 mm Kantenlänge und einer Gießgeschwindigkeit von 2,4 m/min wird der Strang unterhalb
10 der Kokille mit Wasser besprüht bei einem Wasservordruck von üblicherweise 3 bar, maximal jedoch 8 bar, bei einer Wassermenge von etwa 20 - 30 m³/h und Strang.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird durch Erhöhung
15 des Wärmeübergangskoeffizienten durch Intensivierung der Wasserkühlung an der Oberfläche der Knüppel die Kühlung verstärkt. Hierdurch wird eine Verringerung der Seigerungen erreicht.

20 Eine sehr intensive Kühlung führt bekanntlich zur Gefahr von Rissen an der Strangoberfläche. Diese Risse werden dadurch vermieden, daß die sehr intensive Kühlung bei dem genannten Knüppelformat und der genannten Gießgeschwindigkeit von 2,4 m/min auf eine Länge von etwa 2 m unter der
25 Kokille, d.h. auf eine Verweilzeit des Stranges von etwa 40 bis 60 sec begrenzt wird. Es stellt sich dann eine Oberflächentemperatur des Stranges von etwa 650°C bis 950°C ein. In diesem - im folgenden als Stufe 1 bezeichneten - Bereich werden dem Strang etwa 50 Wh/kg - 90 Wh/kg,
30 entsprechend einer Abkühlgeschwindigkeit von etwa 65 Wh/(kg·min) - 100 Wh/(kg·min) entzogen. Im Anschluß an diese sehr intensive Kühlung wird über eine Verweilzeit des Stranges von etwa 30 bis 50 sec (beim angegebenen Format) mit verringerter Intensität gekühlt. Die entzogene Wärme-
35 menge in diesem - im folgenden als Stufe 2 bezeichneten -

- 1 Bereich liegt für eine Stranggießanlage mit gebogener
Strangführung unter den angegebenen Bedingungen bei
20 Wh/kg - 40 Wh/kg, entsprechend einer Abkühlgeschwindig-
keit von 30 Wh/(kg·min) - 60 Wh/(kg·min). Bei einer Strang-
5 gießanlage mit gerader Strangführung liegen die Werte für
die entzogene Wärmemenge bei 20 Wh/kg - 80 Wh/kg, das heißt
etwas höher.

- Die entzogene Wärmemenge (Wh) ist feststellbar aus der
10 aufgesprützten Wassermenge und ihrer Temperaturerhöhung
vom Zu- zum Ablauf, d.h. $V_1 \cdot C_w \cdot (T_1 - T_A)$ für Stufe 1 und
 $V_2 \cdot C_w \cdot (T_2 - T_A)$ für Stufe 2, wobei C_w die spezifische
Wärme des Wassers [1,163 Wh/(°C·kg Wasser)] bedeutet. Die-
ser Wärmemenge ist eine Wärmemenge hinzuzufügen, die durch
15 die Verdampfung von Kühlwasser entzogen wird. Der Rechnung
wird zugrunde gelegt, daß 3,5 % des aufgesprützten Wassers
verdampfen, wobei zum Aufheizen des verdampften Wassers
von 20°C auf 100°C 93 Wh/kg Wasser erforderlich sind
und die Verdampfungswärme 627 Wh/kg Wasser beträgt. Neben
20 der durch die Sprühhühlung hervorgerufenen Wärmeabfuhr
durch erzwungene Konvektion werden dem Strang weitere
Wärmemengen durch Strahlung, freie Konvektion und Wärme-
leitung, z.B. an Führungsrollen, entzogen. Die letzten
beiden Anteile sind bei einer Knüppelstranggießanlage
25 vernachlässigbar.

- Der Strahlungsanteil richtet sich nach der Strangober-
flächentemperatur und vermindert sich daher mit zunehmen-
der Intensität der Sprühhühlung relativ und absolut. Er
30 beträgt bei der erfindungsgemäß starken Kühlung in der
ersten Stufe ca. 6% und in der zweiten Stufe ca. 10% der
Gesamtwärmeabfuhr, während er bei üblicher Kühlung bei
15 bis 35% der Gesamtwärmeabfuhr liegt.

- 35 Vorzugsweise wird die Sprühhühlung in einer geschlossenen

1 Kammer durchgeführt. In diesem Fall wird auch der Strahlungsanteil an der Wärmeabfuhr letztlich über das Kühlwasser abgeführt und ist somit in den aus Wassermenge und Wassertemperaturerhöhung ermittelten Werten enthalten.

5 In diesem Fall ist also zu den über das abgeführte Kühlwasser ermittelten Werten lediglich noch die durch Verdampfung des Kühlwassers entzogene Wärmemenge zu berücksichtigen, die in der Regel zwischen 3,0 und 4,0 % der aufgesprühten Wassermenge liegt.

10 Geht man auf andere Gießgeschwindigkeiten oder auf andere Stranggußformate über, so muß die Kühlung so angepaßt werden, daß die Abkühlgeschwindigkeit in Wh/(kg·min) und die in den beiden Kühlstufen abgeführten Wärmemengen etwa
15 konstant bleiben.

Findet ein Richten des Stranges nicht statt, so kann die Stufe 2 verlängert und damit die in dieser Stufe entzogene Wärmemenge erhöht werden.

20 Die hohen, in der ersten Stufe der Sekundärkühlzone entzogenen Wärmemengen werden erreicht, indem gegenüber der üblichen Arbeitsweise der Druck und/oder die Menge des Kühlwassers heraufgesetzt wird. Wirtschaftlich vorteilhaft erscheint ein Vordruck P_1 des Kühlwassers von 15 - 30
25 bar.

Das Gefüge des in dieser Art erzeugten Stranggußmaterials hat einen hohen Anteil dendritischer Struktur, etwa entsprechend Fig. 2.
30

Die Randzone der auf diese Art hergestellten Knüppel hat - wie Fig. 3 zeigt - ein außerordentlich feinkörniges "globulitisches" Gefüge. Die Dicke der Randzone beträgt
35 mindestens 4 mm gegenüber üblicherweise 1 mm. Hierdurch wird erreicht, daß die Knüppel wesentlich widerstands-

1 fähiger gegen die Bildung von Rissen bei hohen Beanspruchungen bei der Walzung sind, da das dendritische Gefüge, das empfindlich gegen Aufreissungen an der Korngrenze ist, nicht so weit an die Oberfläche reicht.

5

Walzt man die auf diese Weise hergestellten Stranggußknüppel mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,3 - 1 % beispielsweise zu Walzdraht aus, so stellt man fest, daß die Seigerungen wesentlich verringert wurden gegenüber der
10 anfangs beschriebenen bekannten Arbeitsweise. Bei Drähten mit den genannten Kohlenstoffgehalten werden die Seigerungen im Walzdraht üblicherweise nach einer Richtzahl der Firma Bekaert beurteilt. Der durchschnittliche Wert der Richtzahl bei 5,5 mm Draht im genannten Kohlenstoffbereich kann durch die beschriebene Arbeitsweise von
15 etwa 1,1 auf 0,6 herabgesetzt werden. Bei der Vergütung aus der Walzhitze entsteht bei üblichem Mangangehalt des Stahles bis zu 0,9 % und üblicher Abkühlgeschwindigkeit bis zu 15°C/sec auch an den verbliebenen Seigerungsstellen
20 des auf diese Art hergestellten Drahtes kein "Martensit" mehr.

Der technische Fortschritt liegt darin, daß auf diese Art aus kleinformatigem Strangguß ein Walzdraht erzeugt werden
25 kann mit geringen Seigerungen, der mit hohen Ziehgeschwindigkeiten verformt werden kann und der nach dem Ziehen bei der sogenannten Biegeprüfung und bei der sogenannten Torsionsprüfung hohe Werte aufweist, d.h. ein gutes plastisches und elastisches Verhalten hat. Dieser Walzdraht kann
30 mit hohen Abkühlgeschwindigkeiten aus der Walzhitze vergütet werden, ohne daß sich die "Martensit" genannte spröde Phase an den Seigerungsstellen bildet.

Das Material neigt ferner bei hohen Beanspruchungen bei
35 der Walzung weniger zur Bildung von Rissen an der Oberfläche als normales Stranggußmaterial, wegen der verstärk-

1 ten globulitischen Randzone.

Ausführungsbeispiel:

5 Ein Stahl mit 0,65% C, 0,27% Si, 0,68% Mn, 0,12% P,
0,013% S, 0,05% Cu, 0,02% Cr und 0,01% Mo wurde im
Strangguß vergossen. Die Gießtemperatur im Verteiler 1 der
Stranggießanlage betrug 1530°C und lag damit 50°C über dem
Liquiduspunkt. Der Stahl wurde in einer Stranggießanlage
10 mit gebogener Strangführung zu quadratischen Strängen mit
einer Kantenlänge von 120 mm vergossen. Ein Strang dieser
Anlage wurde in einer Sekundärkühlzone mit zwei Stufen 3
und 4 gekühlt. Die Gießgeschwindigkeit beträgt 2,5 m/min.
Die erste Stufe 3 verstärkter Kühlung erstreckte sich von
15 der Kokille 2 in Gießrichtung des Stranges über eine Länge
von 1,9 m, entsprechend einer Verweilzeit des Stranges von
46 sec. Hier wurde der Strang bei einem Vordruck P_1 von
22 bar vor den Sprühdüsen mit einer Wassermenge von
31 m³/h gekühlt. Dabei stellt sich an der Strangoberfläche
20 ein Wärmeübergangskoeffizient (durch Konvektion und Strah-
lung) von 1500 W/(m²·K) bis 1700 W/(m²·K) ein. Dies ent-
spricht einer Abkühlgeschwindigkeit von 91 Wh/(kg·min)
und einer entzogenen Wärmemenge von 70 Wh/kg. Der Anteil
der durch Strahlung entzogenen Wärmemenge beträgt hierbei,
25 gerechnet mit einem Emissionsgrad von $\epsilon = 0,8$ 3,9 Wh/kg,
das heißt 5,6%. Darauf folgte eine zweite Stufe 4 mit re-
duzierter Wasserkühlung einer Länge von 1,6 m entsprechend
einer Verweilzeit von 38 sec. Hier lag der Vordruck P_2
vor der Düse bei 7 bar und die Wassermenge bei 12 m³/h.
30 Der Wärmeübergangskoeffizient betrug hier 800 W/(m²·K) bis
900 W/(m²·K), die Abkühlgeschwindigkeit 47 Wh/(kg·min) und
die entzogene Wärmemenge 30 Wh/kg, mit einem Strahlungs-
anteil von 2,8 Wh/kg, das heißt 9,4%.

35 In den parallel laufenden Strängen wurden zum Vergleich in
einer ersten Stufe in üblicher Weise gekühlt mit einem

- 1 Wasserdruck von 3 bar und einer Wassermenge von $14 \text{ m}^3/\text{min}$ pro Strang. Diese Wassermenge wurde in einer Sekundärkühlzone bei einer Verweilzeit von ebenfalls 46 sec aufgebracht. Dies entspricht einer Abkühlgeschwindigkeit von $50 \text{ Wh}/(\text{kg min})$
- 5 bzw. einer abgeführten Wärmemenge von 38 Wh/kg , mit einem Strahlungsanteil von $9,7 \text{ Wh/kg}$, das heißt 25,5%. Der Wärmeübergangskoeffizient betrug ca. $500 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ bis $700 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- 10 Das Material wurde in einer zweiadrigen Drahtstraße zu 5,5 mm Walzdraht ausgewalzt. Eine Untersuchung des Walzdrahtes im Schliffbild und Bewertung des Schliffes nach der Richtreihe der Firma Bekaert ergab für das gemäß der Erfindung verstärkt gekühlte Material einen Wert von 0,6
- 15 und für das in üblicher Weise gekühlte Material einen Wert von 1,4 im Durchschnitt. Während der Draht aus verstärkt gekühlten Knüppeln frei von "Martensit" war, wurden an 12% der Drähte aus normal gekühlten Knüppeln "Martensit" gefunden. Das erfindungsgemäß hergestellte
- 20 Material hatte eine Zugfestigkeit von 1050 N/mm^2 und wurde in einer Drahtzieherei mittels einer 6-stufigen Zugmaschine auf einen Durchmesser von 2,3 mm gezogen. Es hatte danach eine Zugfestigkeit von 1743 N/mm^2 und konnte über einen Radius von 7,5 mm 23 mal gebogen werden,
- 25 während das Vergleichsmaterial nur auf 17 Biegungen kam. Anschließend wurde das Material auf eine Dicke von 1,7 mm in einem Druck kaltgewalzt ohne Zwischenglühung. Bei dem verstärkt gekühlten Material ergaben sich keine Ausfälle, während das normal gekühlte Material nach der Kaltwalzung
- 30 auf 1,7 mm keine ausreichenden technologischen Eigenschaften mehr aufwies. Der Qualitätsunterschied drückt sich auch darin aus, daß die Gleichmaßdehnung des Bandes aus erfindungsgemäß hergestelltem Material 2,9% beträgt, während sie bei dem Vergleichsmaterial nur 1,8% betrug.
- 35 Die Seigerungskennzahlen und mechanisch-technologischen

- 1 Werte der aus diesen Chargen erzeugten Drähte sind sowohl für das stark gekühlte als auch für das Vergleichsmaterial den obenbeschriebenen Werten direkt vergleichbar.
- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren ist insbesondere anwendbar auf einen Stahl der in den Ansprüchen 11 und 12 genannten Zusammensetzung.

10

15

20

25

30

35

1

5 Patentansprüche:

1. Verfahren zum Kühlen von Strängen beim Stranggießen von Stahl mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,05 bis 1,1 Gewichts% bei dem der aus der Stranggießkokille austretende Strang in einer Sekundärkühlzone mittels einer aufgesprühten Flüssigkeit gekühlt wird, dadurch gekennzeichnet, daß einer ersten Stufe (3) in der Sekundärkühlzone eine Wärmemenge von 50 Wh/kg bis 90 Wh/kg entzogen wird, wobei die Kühlung intensiv mit einer Abkühlgeschwindigkeit von 65 Wh/(kg·min) bis 100 Wh/(kg·min) erfolgt.

2. Stranggießverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Stufe (3) der Sekundärkühlzone eine Wärmemenge von 50 Wh/kg bis 80 Wh/kg entzogen wird.

3. Stranggießverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Stufe (3) die Abkühlgeschwindigkeit 75 Wh/(kg·min) bis 90 Wh/(kg·min) beträgt.

4. Stranggießverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in einer sich anschließenden zweiten Stufe (4) eine Wärmemenge von 20 Wh/kg bis 80 Wh/kg mit einer verringerten Abkühlgeschwindigkeit von 30 Wh/(kg·min) bis 60 Wh/(kg·min) entzogen wird.

5. Stranggießverfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß in der zweiten Stufe (4) der Sekundärkühlzone eine Wärmemenge von 30 Wh/kg bis 60 Wh/kg entzogen wird.

- 1 6. Stranggießverfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß in der zweiten Stufe
(4) die Abkühlgeschwindigkeit 35 Wh/(kg·min) bis 45 Wh/
(kg·min) beträgt.
- 5 7. Stranggießverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß der Wasser-
druck vor den Spritzdüsen der ersten Stufe (3) wenigstens
15 bar beträgt.
- 10 8. Stranggießverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
g e k e n n z e i c h n e t durch seine Anwendung beim
Stahlstranggießen von Knüppeln.
- 15 9. Stranggießverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
g e k e n n z e i c h n e t durch seine Anwendung beim
Gießen von Stahlsträngen eines runden, ovalen, rechtecki-
gen oder quadratischen Querschnitts von 2500 mm^2 bis
20000 mm^2 , wobei das Achsenverhältnis bei einem ovalen
20 Querschnitt und das Seitenverhältnis bei einem rechtecki-
gen Querschnitt maximal 2:1 beträgt.
- 25 10. Stranggießverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
g e k e n n z e i c h n e t durch seine Anwendung auf
einen Stahl mit
- 0,05 bis 1,1 Gewichts% Kohlenstoff,
0,2 bis 1,7 Gewichts% Mangan,
0,1 bis 0,7 Gewichts% Silizium,
30 0 bis 1,7 Gewichts% Chrom,
0 bis 0,5 Gewichts% Nickel,
0 bis 0,3 Gewichts% Schwefel,

Rest Eisen und übliche Verunreinigungen.

1 11. Stranggießverfahren nach Anspruch 10, g e k e n n -
z e i c h n e t durch seine Anwendung auf einen Stahl
mit

5 • 0,3 bis 1,00 Gewichts% Kohlenstoff,
 0,3 bis 0,9 Gewichts% Mangan,
 0,15 bis 0,4 Gewichts% Silizium,
 0 bis 0,25 Gewichts% Chrom,
 0 bis 0,30 Gewichts% Nickel,
10 0 bis 0,04 Gewichts% Schwefel,

Rest Eisen und übliche Verunreinigungen.

12. Stranggießverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis
15 11 g e k e n n z e i c h n e t durch seine Anwendung auf
Stahl eines Kohlenstoffgehalts von 0,4 bis 1 Gewichts%.

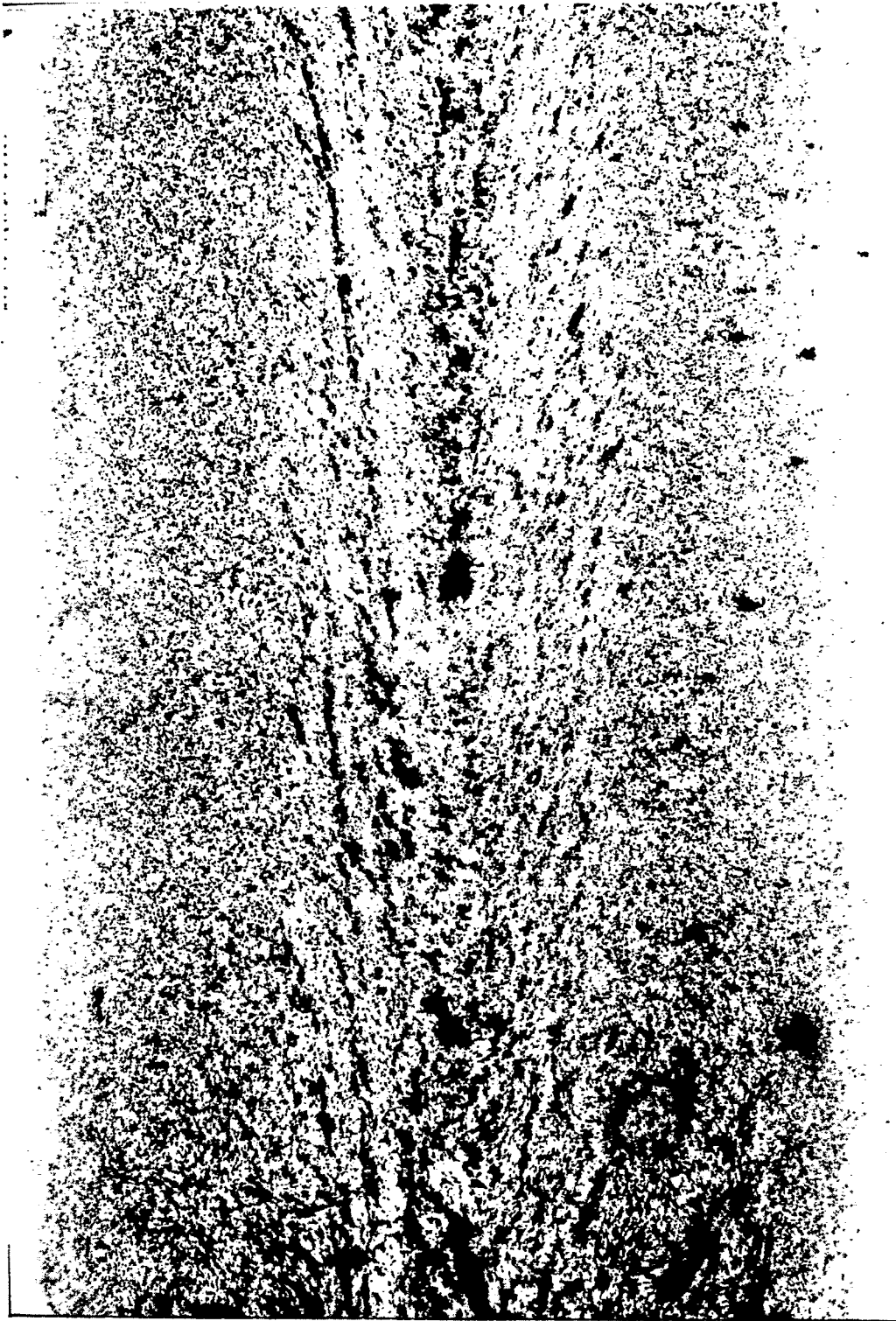
20

25

30

35

FIG. 1



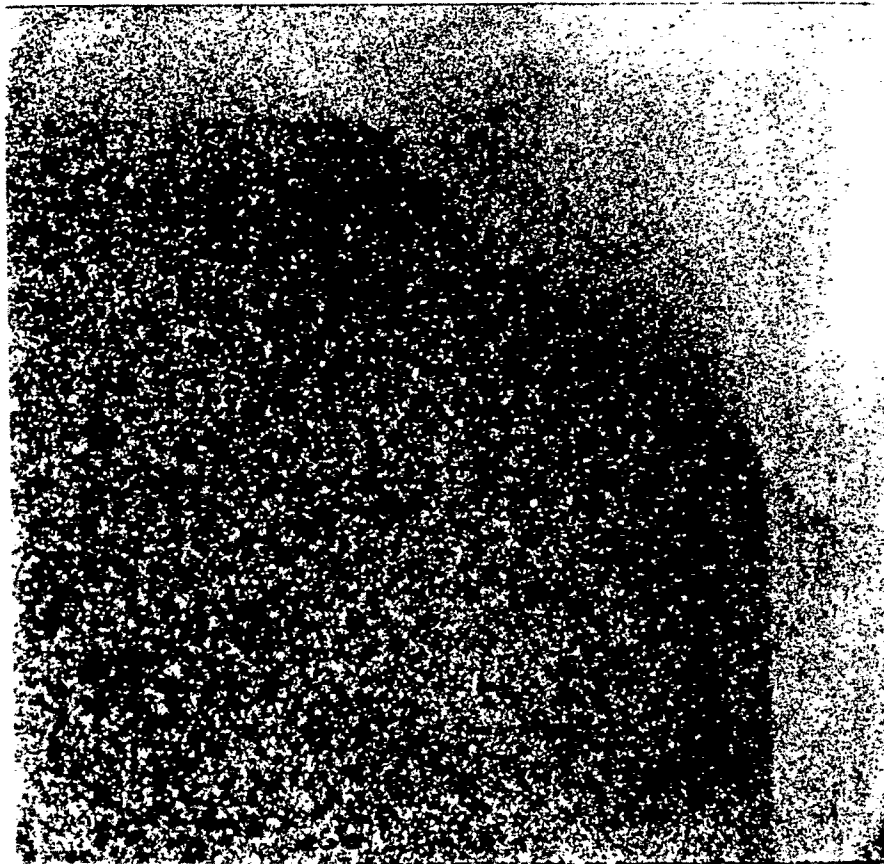
(Stahl mit 0,76 % C, 0,22 % Si, 0,50 % Mn, 0,016 % P und 0 017 % S)

FIG. 2



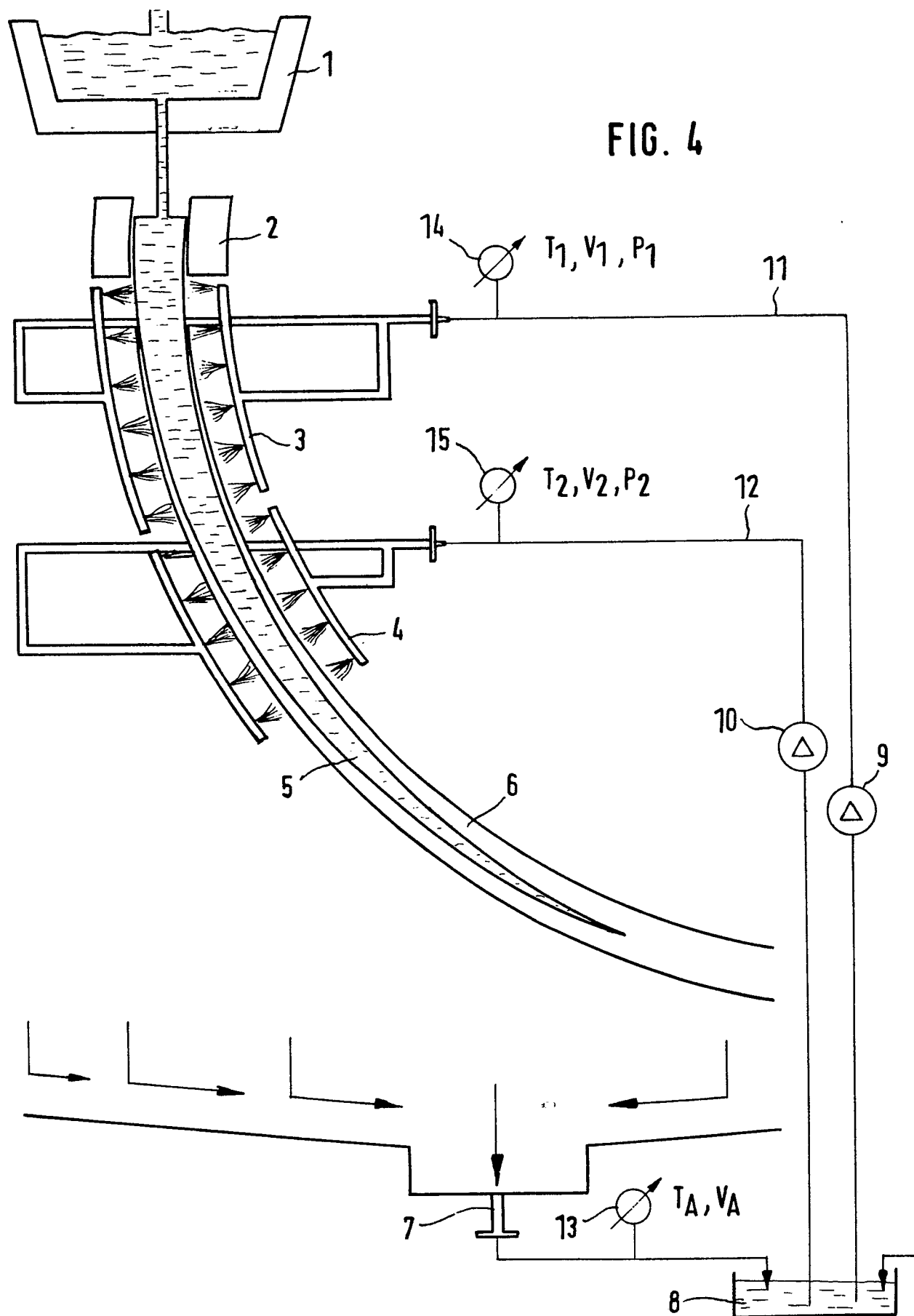
(Stahl mit 0,56 %C, 0,22 % Si, 0,57 % Mn, 0,013 % P und 0,020 % S)

FIG. 3



(Stahl mit 0,66 % C, 0,22 % Si, 0,63 % Mn, 0,016 % P und 0,012 % S)

FIG. 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0054867
Nummer der Anmeldung

EP 81 11 0372

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ³)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
Y	<u>DE - C - 806 376</u> (P.BRENNER) * Patentanspruch 1 * --	1	B 22 D 11/124
Y	<u>US - A - 3 512 574</u> (H.L.TAYLOR) * Spalte 4, Zeilen 67-75; Spalte 5, Zeilen 1-25; 55-65 * --	1,2,3, 8,9, 10,11	
Y	<u>DE - B - 2 165 944</u> (MANNESMANN) * Anspruch 4 * --	7	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)
A	<u>US - A - 3 918 467</u> (R.ALBERNY)		B 22 D
A	<u>US - A - 3 693 352</u> (DEMAG)		
A	<u>FR - A - 2 034 758</u> (KAISER ALUMINIUM) -----		
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A: technologischer Hintergrund O: nichtschriftliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument
☒ Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			&: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
DEN HAAG	10-03-1982	MAILLIARD	