

(19)



(11)

EP 4 101 552 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.12.2022 Patentblatt 2022/50

(21) Anmeldenummer: **21178473.1**

(22) Anmeldetag: **09.06.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B21B 1/46 (2006.01)	B22D 11/00 (2006.01)
C22C 38/12 (2006.01)	C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)	C21D 1/667 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)	C21D 9/46 (2006.01)
C21D 9/573 (2006.01)	C21D 9/60 (2006.01)
C21D 1/42 (2006.01)	C21D 11/00 (2006.01)
B21B 45/00 (2006.01)	B21B 31/00 (2006.01)
B21B 37/00 (2006.01)	

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C22C 38/12; B22D 11/0408; B22D 11/1206;
B22D 11/124; C21D 1/667; C21D 8/0215;
C21D 8/0226; C21D 8/0263; C21D 9/46;
C21D 9/573; C21D 9/5737; C21D 11/005;
C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/16; (Forts.)

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Grosseiber, Simon**
4060 Leonding (AT)
- **Lengauer, Thomas**
4616 Weißkirchen a.d. Traun (AT)
- **Schwarz, Gero**
4030 Linz (AT)

(71) Anmelder: **Primetals Technologies Austria GmbH**
4031 Linz (AT)

(74) Vertreter: **Metals@Linz**
Primetals Technologies Austria GmbH
Intellectual Property Upstream IP UP
Turmstraße 44
4031 Linz (AT)

(72) Erfinder:
 • **Baumgartner, Kerstin**
4224 Wartberg ob der Aist (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES MIKROLEGIERTEN STAHLS, EIN MIT DEM VERFAHREN HERGESTELLTER MIKROLEGIERTER STAHL UND GIESS-WALZ-VERBUNDANLAGE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mikrolegierten Stahls, einen mikrolegierten Stahl sowie eine Gieß-Walz-Verbundanlage, wobei die Gieß-Walz-Verbundanlage (10) eine Stranggießmaschine (15) mit einer Kokille (90), eine ein- oder mehrgerüstige Vorwalzstraße (20), eine Fertigwalzstraße (50) mit einer ersten Gerüstgruppe (115) mit wenigstens einem ersten Fertigwalzgerüst (125) und einer zweiten Gerüstgruppe (120) mit wenigstens einem zu einem Gerüstkühler (135) umgebauten zweiten Fertigwalzgerüst (130) aufweist, wobei eine metallische Schmelze (95) in der Kokille (90) zu einem teilerstarten Dünnbrammenstrang (100) vergossen wird, wobei der teilerstarte Dünnbrammenstrang (100) gestützt, umgelenkt und abgekühlt wird, wobei der Dünnbrammenstrang (100) der Vorwalzstraße (20) durcherstartet zugeführt wird und die Vorwalzstraße

(20) den Dünnbrammenstrang (100) zu einem Vorwalzband (110) walzt, wobei die erste Gerüstgruppe (115) das Vorwalzband (110) zu dem Fertigwalzband (145) fertigwalzt, wobei unmittelbar anschließend an das Fertigwalzen das fertiggewalzte Fertigwalzband (145) der zweiten Gerüstgruppe (120) zugeführt wird und in der zweiten Gerüstgruppe (120) das Fertigwalzband (145) unter Beibehaltung einer Dicke des Fertigwalzbands (145) derartig zwangsgekühlt wird, dass eine Abkühlgeschwindigkeit eines Kerns des Fertigwalzbands (145) in der zweiten Gerüstgruppe (120) größer 20°C/s und kleiner 200°C/s ist.

EP 4 101 552 A1

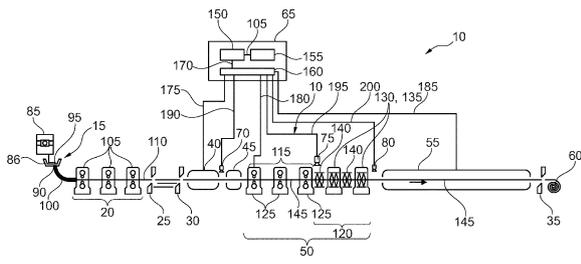


Fig. 1

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC): (Forts.)
B21B 1/463; C21D 1/42; C21D 9/60;
C21D 2211/004; C21D 2261/00

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines mikrolegierten Stahls gemäß Patentanspruch 1, einen mikrolegierten Stahl gemäß Patentanspruch 12 sowie eine Gieß-Walz-Verbundanlage gemäß Patentanspruch 13.

[0002] Aus WO 2019/020492 A1 ist ein Walzgerüst mit einem Gerüstkühler zum Abkühlen eines Stahlbands bekannt.

[0003] Ferner ist aus WO 2020/126473 A1 eine Kühlung von einem Metallband in einem Walzgerüst bekannt.

[0004] Aus AT 512 399 B1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines mikrolegierten Röhrenstahls in einer Gieß-Walz-Verbundanlage bekannt.

[0005] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines mikrolegierten Stahls in einer Gieß-Walz-Verbundanlage, einen verbesserten mikrolegierten Stahl und eine verbesserte Gieß-Walz-Verbundanlage bereitzustellen.

[0006] Diese Aufgabe wird mittels eines Verfahrens gemäß Patentanspruch 1, mittels eines mikrolegierten Stahls, insbesondere eines mikrolegierten Röhrenstahls, gemäß Patentanspruch 12 und einer Gieß-Walz-Verbundanlage gemäß Patentanspruch 13 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Es wurde erkannt, dass ein verbessertes Verfahren zur Herstellung eines mikrolegierten Stahls in einer Gieß-Walz-Verbundanlage dadurch bereitgestellt werden kann, dass die Gieß-Walz-Verbundanlage eine Stranggießmaschine mit einer Kokille, eine ein- oder mehrgerüstige Vorwalzstraße, eine Fertigwalzstraße mit einer ersten Gerüstgruppe mit wenigstens einem ersten Fertigwalzgerüst und einer zweiten Gerüstgruppe mit wenigstens einem zu einem Gerüstkühler umgebauten zweiten Fertigwalzgerüst aufweist. Eine metallische Schmelze wird in der Kokille zu einem teilerstarten Dünnbrammenstrang vergossen. In dieser Anmeldung werden stranggegossene Stränge mit einer Dicke ≤ 130 mm als Dünnbrammenstränge bezeichnet. Der teilerstarte Dünnbrammenstrang wird gestützt, umgelenkt und abgekühlt. Der Dünnbrammenstrang wird zu einem Vorwalzband in der Vorwalzstraße gewalzt. Die erste Gerüstgruppe der Fertigwalzstraße walzt das Vorwalzband zu dem Fertigwalzband fertig. Unmittelbar anschließend an das Fertigwalzen wird das fertiggewalzte Fertigwalzband der zweiten Gerüstgruppe zugeführt und in der zweiten Gerüstgruppe wird das Fertigwalzband unter Beibehaltung einer Dicke des Fertigwalzbands derartig zwangsgekühlt, dass eine Abkühlgeschwindigkeit eines Kerns des Fertigwalzbands in der zweiten Gerüstgruppe größer 20°C/s und kleiner 200°C/s ist.

[0008] Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass - vorzugsweise in einem Endlosbetrieb - der mikrolegierte Stahl auf einfache Art und Weise hergestellt werden kann. Insbesondere kann beispielsweise dadurch auch mit einer metallischen Schmelze mit 10 % weniger Mi-

krolegierungselementen (beispielsweise Titan, Niob und/oder Vanadium), die beispielsweise einem X60- bis X120-Stahl gemäß dem Standard API 5L/ISO3183:2007 entspricht, ein mikrolegierter Stahl hergestellt werden, der die mechanischen Anforderungen für die Stahlgüten gemäß dem genannten Standard erfüllt. Durch das Verfahren kann somit besonders einfach und kostengünstig der mikrolegierte Stahl hergestellt werden.

[0009] Im Endlosbetrieb der Gieß-Walz-Verbundanlage wird ein endlos produzierter Dünnbrammenstrang ungeschnitten vor- und fertiggewalzt und der mikrolegierte Stahl erstmals nach dem Durchlaufen der Kühlstrecke auf Bundlänge abgeschnitten.

[0010] In einer weiteren Ausführungsform wird eine dritte Oberflächentemperatur, mit der das Fertigwalzband die zweite Gerüstgruppe verlässt, ermittelt. Die Zwangskühlung in der zweiten Gerüstgruppe wird in Abhängigkeit der dritten Oberflächentemperatur und einer dritten Solltemperatur derart gesteuert bzw. geregelt, dass die dritte Oberflächentemperatur im Wesentlichen der dritten Solltemperatur entspricht. Die dritte Solltemperatur ist dabei kleiner als eine Ferrit-Perlit-Umwandlungstemperatur, vorzugsweise kleiner als eine Bainitstarttemperatur, insbesondere kleiner als eine Martensitstarttemperatur. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass ein besonders kostengünstiger und mechanisch hochwertiger mikrolegierter Stahl hergestellt werden kann, der besonders wenig Mikrolegierungselemente aufweist.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform wird eine zweite Oberflächentemperatur, mit der das Fertigwalzband die erste Gerüstgruppe verlässt, ermittelt. Die zweite Oberflächentemperatur wird bei Steuerung der Zwangskühlung des Fertigwalzbands in der zweiten Gerüstgruppe mitberücksichtigt. Dadurch kann besonders genau die Abkühlgeschwindigkeit des Kerns des Fertigwalzbands mittels der Zwangskühlung eingestellt werden.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform beträgt die Abkühlgeschwindigkeit des Kerns des Fertigwalzbands 20°C/s bis 80°C/s , insbesondere 45°C/s bis 55°C/s . Dadurch wird sichergestellt, dass ein hochfester z.B. bainitischer und/oder martensitischer mikrolegierter Stahl hergestellt werden kann.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform wird der Kern des fertiggewalzten Fertigwalzbands mit einer ersten Austrittstemperatur von 830°C bis 950°C , insbesondere von 880°C bis 920°C , in die zweite Gerüstgruppe der Fertigwalzstraße transportiert. Bei Austritt des Fertigwalzbands aus der zweiten Gerüstgruppe weist der Kern des Fertigwalzbands eine zweite Austrittstemperatur kleiner 700°C , insbesondere von 350°C bis 700°C , vorzugsweise von 400°C bis 460°C , auf.

[0014] In einer weiteren Ausführungsform wird der Kern des Fertigwalzbands in einem Zeitintervall von 2 Sekunden bis 40 Sekunden von der ersten Austrittstemperatur auf die zweite Austrittstemperatur, vorzugsweise kontinuierlich, abgekühlt. Dadurch können ungewollte

Gefügeänderungen durch die kontinuierliche Abkühlung in dem Fertigwalzband vermieden werden.

[0015] In einer weiteren Ausführungsform tritt innerhalb eines Zeitintervalls von 1 Sekunde bis 15 Sekunden nach dem Fertigwalzen des Fertigwalzbands in der ersten Gerüstgruppe das Fertigwalzband in die zweite Gerüstgruppe ein. Durch das kurze Zeitintervall wird das Fertigwalzband von einer besonders hohen ersten Austrittstemperatur abgekühlt. Ferner wird eine ungewollte Abkühlung des Fertigwalzbands zwischen der ersten Gerüstgruppe und der zweiten Gerüstgruppe besonders gering gehalten.

[0016] In einer weiteren Ausführungsform weist die Gieß-Walz-Verbundanlage eine der Fertigwalzstraße bezogene auf eine Förderrichtung des Fertigwalzbands nachgeordnete Kühlstrecke und eine der Kühlstrecke nachgeordnete Haspeleinrichtung auf. Eine Zwangskühlung des Fertigwalzbands in der Kühlstrecke ist deaktiviert und das Fertigwalzband wird durch die Kühlstrecke von der zweiten Gerüstgruppe zu der Haspeleinrichtung transportiert. Dadurch kann das Fertigwalzband in der Kühlstraße abtrocknen, sodass das Fertigwalzband trocken zu einem Coil aufgehaspelt wird. Ferner ist ein Verschleiß der Kühlstraße reduziert und dadurch ist ein Wartungsaufwand für die Kühlstrecke minimiert.

[0017] In einer weiteren Ausführungsform beträgt eine Korngröße des Vorwalzbands bei Verlassen der Vorwalzstraße 10 µm bis 30 µm. Die Korngröße des Vorwalzbands zwischen der Vorwalzstraße und dem Eintritt in die erste Gerüstgruppe wächst auf 20 µm bis 60 µm an oder die Korngröße bleibt erhalten. Die Korngröße des Fertigwalzbands beim Walzen in der ersten Gerüstgruppe auf 2 µm bis 20 µm reduziert wird. Insbesondere weist das Gefüge eine "Pancake-Struktur" auf, wenn das Fertigwalzband aus der ersten Gerüstgruppe austritt.

[0018] In einer weiteren Ausführungsform beträgt eine Dicke des Vorwalzbands beim Eintritt in die erste Gerüstgruppe 40 mm bis 62 mm, insbesondere 45 mm. Die erste Gerüstgruppe reduziert die Dicke des Vorwalzbands auf 10 mm bis 25 mm, insbesondere 16 mm bis 20 mm. Diese Dicke eignet sich insbesondere zur Herstellung von Röhren aus dem mikrolegierten Stahl.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform weist die metallische Schmelze für einen X60- oder einen X70-Stahl eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,05 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-1,5 %; Cr <0,15 %; Mo <0,2 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; N <0,008 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen auf. Im Vergleich zum beispielsweise zur AT 512 399 B1 sind durch das Verfahren die Grenzen von Kohlenstoff, Silizium und Chrom herabgesetzt. Molybdän kann hinzugefügt werden, um die Festigkeit zu erhöhen.

Die metallische Schmelze für X80- bis X120-Stähle hat vorzugsweise eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,09 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-2,0 %, Cr <0,5 %; Mo <0,5 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; Ni <0,5%; Cu <0,4%; N <0,01 %;

Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen.

[0020] Ein verbesserter und kostengünstiger mikrolegierter Stahl kann mittels des oben beschriebenen Verfahrens hergestellt werden. Der mikrolegierte Stahl für einen X60- oder einen X70-Stahl weist vorzugsweise eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,05 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-1,5 %, Cr <0,15 %; Mo <0,2 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; N <0,008 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen auf. Der mikrolegierte Stahl für X80- bis X120-Stähle hat vorzugsweise eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,09 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-2,0 %, Cr <0,5 %; Mo <0,5 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; Ni <0,5%; Cu <0,4%; N <0,01 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen. Der mikrolegierte Stahl weist bei Raumtemperatur wenigstens eine der folgenden Ausscheidungen auf: Ti(C, N), Nb(C, N) und/oder V(C, N). Eine Ausscheidungsichte der Ausscheidungen beträgt 10^{15} - 10^{25} 1/m³. Die Ausscheidungen weisen eine durchschnittliche Größe von 1 nm bis 20 nm auf.

[0021] Es wurde erkannt, dass eine verbesserte Gieß-Walz-Verbundanlage zur Herstellung eines mikrolegierten Stahls dadurch bereitgestellt werden kann, dass die Gieß-Walz-Verbundanlage eine Stranggießmaschine mit einer Kokille, eine ein- oder mehrgerüstige Vorwalzstraße und eine Fertigwalzstraße mit wenigstens einer ersten Gerüstgruppe und einer zweiten Gerüstgruppe aufweist. Eine metallische Schmelze ist in der Kokille zu einem teilerstarrten Dünnbrammenstrang vergießbar und der Vorwalzstraße ist der Dünnbrammenstrang zuführbar.

Die Vorwalzstraße ist ausgebildet, den vollständig erstarrten Dünnbrammenstrang zu einem Vorwalzband zu walzen, wobei der Fertigwalzstraße das Vorwalzband zuführbar ist. Die erste Gerüstgruppe ist ausgebildet, das Vorwalzband zu einem Fertigwalzband fertigzuwalzen. Bezogen auf eine Förderrichtung des Fertigwalzbands ist die zweite Gerüstgruppe der ersten Gerüstgruppe nachgeordnet und weist wenigstens ein zu einem Gerüstkühler umgebautes zweites Fertigwalzgerüst auf. Die zweite Gerüstgruppe ist ausgebildet, unter Beibehaltung einer Dicke des Fertigwalzbands das Fertigwalzband derartig zwangszukühlen, dass eine Abkühlgeschwindigkeit eines Kerns des Fertigwalzbands in der zweiten Gerüstgruppe größer 20°C/s und kleiner 200°C/s ist. Dadurch kann mit einer Gieß-Walz-Verbundanlage, die im Endlosbetrieb arbeitet und üblicherweise herkömmliche Stahlfertigbänder herstellt, auf einfache Art und Weise genutzt werden, um Fertigwalzbänder mit mikrolegiertem Stahl, insbesondere mit mikrolegiertem Röhrenstahl, herzustellen. Dadurch kann die Gieß-Walz-Verbundanlage flexibel dazu genutzt werden, um dünne Bleche mit einer Dicke von 0,8 mm bis 2,5 mm und um das Fertigwalzband aus dem mikrolegierten Stahl mit der oben genannte Dicke von 8 mm bis 25 mm herzustellen.

[0022] In einer weiteren Ausführungsform weist die Gieß-Walz-Verbundanlage eine der zweiten Gerüst-

gruppe bezogen auf die Förderrichtung des Fertigwalzbands nachgeordnete Kühlstrecke und eine der Kühlstrecke nachgeordnete Haspeleinrichtung auf. Bei Zwangskühlung des Fertigwalzbands in der zweiten Gerüstgruppe ist eine Zwangskühlung des Fertigwalzbands in der Kühlstrecke deaktiviert. Die Kühlstrecke ist ausschließlich ausgebildet, das Fertigwalzband zu der Haspeleinrichtung zu transportieren und das Fertigwalzband vorzugsweise zu trocknen. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass die Gieß-Walz-Verbundanlage besonders energieeffizient betrieben werden kann. Ferner kann das Fertigwalzband trocken aufgehaspelt werden, so dass eine Korrosion des Fertigwalzbands vermieden wird.

[0023] In einer weiteren Ausführungsform weist Gieß-Walz-Verbundanlage eine dritte Temperaturmesseinrichtung und ein Steuergerät auf, wobei die dritte Temperaturmesseinrichtung und die zweite Gerüstgruppe datentechnisch mit dem Steuergerät verbunden sind. Die dritte Temperaturmesseinrichtung ist bezogen auf die Förderrichtung des Fertigwalzbands zwischen der zweiten Gerüstgruppe und der Kühlstrecke angeordnet und ist ausgebildet, eine dritte Oberflächentemperatur des Fertigwalzbands zu ermitteln. Das Steuergerät ist ausgebildet, auf Grundlage der ermittelten dritten Oberflächentemperatur des Fertigwalzbands und einer vordefinierten dritten Solltemperatur die Zwangskühlung der zweiten Gerüstgruppe zu steuern. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass ein Regelkreis zur Verfügung gestellt werden kann, um die Abkühlung des Fertigwalzbands in der zweiten Gerüstgruppe zu regeln.

[0024] Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

- FIG 1 eine schematische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage gemäß einer ersten Ausführungsform;
- FIG 2 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage;
- FIG 3 ein erstes Diagramm einer Kerntemperatur in der Herstellung eines Fertigwalzbands aufgetragen über der Zeit;
- FIG 4 einen ersten in FIG 3 markierten Ausschnitt A des in FIG 3 gezeigten ersten Diagramms;
- FIG 5 einen zweiten in FIG 3 markierten Ausschnitt B des in FIG 3 gezeigten ersten Diagramms;
- FIG 6 ein zweites Diagramm eines Verlaufs einer Korngröße in der Herstellung des Fertigwalzbands aufgetragen über der Zeit;
- FIG 7 ein ZTU-Diagramm für eine X60-Stahlschmelze; und

FIG 8 eine schematische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage gemäß einer zweiten Ausführungsform.

5 **[0025]** FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage 10 gemäß einer ersten Ausführungsform.

[0026] Die Gieß-Walz-Verbundanlage 10 weist beispielsweise eine Stranggießmaschine 15, eine Vorwalzstraße 20, eine erste bis dritte Trenneinrichtung 25, 30, 35, eine Zwischenheizung 40, vorzugsweise einen Entzunderer 45, eine Fertigwalzstraße 50, eine Kühlstrecke 55, eine Haspeleinrichtung 60 und ein Steuergerät 65 auf. Zusätzlich kann die Gieß-Walz-Verbundanlage 10 eine erste bis dritte Temperaturmesseinrichtung 70, 75, 80, beispielsweise ein Pyrometer, aufweisen.

[0027] Die Stranggießmaschine 15 ist beispielhaft als Bogenstrangmaschine ausgebildet. Die Stranggießmaschine 15 weist eine Pflanze 85, einen Verteiler 86 und eine Kokille 90 auf. Im Betrieb der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 wird der Verteiler 86 mittels der Pflanze 85 mit einer metallischen Schmelze 95 befüllt. Die metallische Schmelze 95 kann beispielsweise mittels eines Konverters, beispielsweise in einem Linz-Donawitz-Verfahren hergestellt werden. Die metallische Schmelze 95 ist eine Stahlschmelze. Vom Verteiler 86 strömt die metallische Schmelze 95 in die Kokille 90. In der Kokille 90 wird die metallische Schmelze 95 zu einem Dünnbrammenstrang 100 vergossen. Der teilerstarre Dünnbrammenstrang 100 wird aus der Kokille 90 gezogen und durch die Ausgestaltung der Stranggießmaschine 15 als Bogenstranggießmaschine bogenförmig in eine Horizontale umgelenkt, dabei gestützt und erstarrt. Der Dünnbrammenstrang 100 wird in Förderrichtung von der Kokille 90 weggeführt.

[0028] Von besonderem Vorteil ist hierbei, wenn die Stranggießmaschine 15 einen endlosen Dünnbrammenstrang 100 gießt und diesen einer in Förderrichtung des Dünnbrammenstrangs 100 nachgeordneten Vorwalzstraße 20 zuführt. Dabei folgt in der Ausführungsform die Vorwalzstraße 20 direkt der Stranggießmaschine 15.

[0029] Die Vorwalzstraße 20 kann ein oder mehrere Vorwalzgerüste 105 aufweisen, die in der Förderrichtung des Dünnbrammenstrangs 100 hintereinander angeordnet sind. Die Anzahl von der Vorwalzgerüste 105 ist im Wesentlichen frei wählbar und ist im Wesentlichen abhängig von einem Format des Dünnbrammenstrangs 100 und von einer gewünschten Dicke des Vorwalzbands 110. Dabei sind in der Ausführungsform beispielhaft drei Vorwalzgerüste 105 für die in FIG 1 gezeigte Vorwalzstraße 20 vorgesehen. Die Vorwalzstraße 20 ist ausgebildet, den bei Zuführung in die Vorwalzstraße 20 heißen Dünnbrammenstrang 100 zu einem Vorwalzband 110 zu walzen.

[0030] Die erste und zweite Trenneinrichtung 25, 30 sind der Vorwalzstraße 20 nachgeordnet bezogen auf die Förderrichtung des Vorwalzbands 110 angeordnet.

Die zweite Trenneinrichtung 30 ist bezogen auf die Förderrichtung des Vorwalzbands 110 beabstandet zu der Vorwalzstraße 20 angeordnet. Zwischen der ersten Trenneinrichtung 25 und der zweiten Trenneinrichtung 30 kann eine Ausfördereinrichtung angeordnet sein. Auf die zweite Trenneinrichtung 30 kann auch verzichtet werden. Die erste und/oder zweite Trenneinrichtung 25, 30 kann beispielsweise als Trommelschere oder Pendelschere ausgebildet sein.

[0031] Bei der Herstellung des mikrolegierten Stahls bzw. des mikrolegierten Röhrenstahls wird die Gieß-Walz-Verbundanlage im Endlosbetrieb betrieben, d.h. dass der Dünnbrammenstrang ungeschnitten in die Vorwalzstraße 105 eintritt, das Vorwalzband ungeschnitten die erste und/oder zweite Trenneinrichtung durchläuft und das Vorwalzband ungeschnitten in der Fertigwalzstraße 50 fertiggewalzt wird und erst nach dem Durchlaufen der Kühlstrecke 55 auf Bundlänge abgeschnitten wird.

[0032] Bezogen auf die Fördereinrichtung des Vorwalzbands 110 folgt in der Ausführungsform beispielhaft auf die zweite Trenneinrichtung 30 die Zwischenheizung 40. Die Zwischenheizung 40 ist beispielsweise als Induktionsofen ausgebildet. Auch eine andere Ausgestaltung der Zwischenheizung 40 wäre möglich. Die Zwischenheizung 40 ist bezogen auf die Förderrichtung des Vorwalzbands 110 der Fertigwalzstraße 50 und dem Entzunderer 45 vorgeordnet. Der Entzunderer 45 ist der Fertigwalzstraße 50 direkt vorgeordnet und der Zwischenheizung 40 nachgeordnet.

[0033] Die Fertigwalzstraße 50 weist in der Ausführungsform eine erste Gerüstgruppe 115 und eine zweite Gerüstgruppe 120 auf. Die erste Gerüstgruppe 115 ist bezogen auf die Förderrichtung des Vorwalzbands 110 der zweiten Gerüstgruppe 120 vorgeordnet. Die erste Gerüstgruppe 115 kann beispielsweise zwei bis vier erste Fertigwalzgerüste 125 aufweisen. Die ersten Fertigwalzgerüste 125 sind bezogen auf die Förderrichtung des Vorwalzbands 110 hintereinander angeordnet. Dabei schließt sich die erste Gerüstgruppe 115 direkt bezogen auf die Förderrichtung des Vorwalzbands 110 an den Entzunderer 45 an, sofern der Entzunderer 45 vorgesehen ist. Wird auf den Entzunderer 45 verzichtet, so schließt sich die erste Gerüstgruppe 115 direkt an die Zwischenheizung 40 an.

[0034] Die zweite Gerüstgruppe 120 weist wenigstens ein, vorzugsweise zwei zweite Fertigwalzgerüste 130 auf, wobei das erste Fertigwalzgerüst 125 und das zweite Fertigwalzgerüst 130 identisch aufgebaut sein können. In der Ausführungsform weist jedoch zusätzlich das zweite Fertigwalzgerüst 130 eine Umbaumöglichkeit zu einem Gerüstkühler 135 auf. In der Ausführungsform sind die beiden zweiten Fertigwalzgerüste 130 zu jeweils einem Gerüstkühler 135 umgebaut. In der Funktion des Gerüstkühlers 135 führt das zweite Fertigwalzgerüst 130 kein Walzverfahren mehr durch.

[0035] Zusätzlich kann die zweite Gerüstgruppe 120 wenigstens einen Zwischenkühler 140 aufweisen. Der

Zwischenkühler 140 kann zwischen zwei Fertigwalzgerüsten 125, 130 jeweils angeordnet sein. In der Ausführungsform weist die zweite Gerüstgruppe 120 beispielhaft zwei Zwischenkühler 140 auf, wobei ein erster der beiden Zwischenkühler 140 beispielhaft zwischen dem in Förderrichtung letzten ersten Fertigwalzgerüst 125 der ersten Gerüstgruppe 115 und dem in Förderrichtung zuvorderst angeordneten zweiten Fertigwalzgerüst 130 angeordnet ist. Auch kann zwischen den beiden zweiten Fertigwalzgerüsten 130 ein weiterer Zwischenkühler 140 angeordnet sein. Auch kann auf die Zwischenkühler 140 verzichtet werden oder nur einer der beiden Zwischenkühler 140 vorgesehen sein.

[0036] Der Gerüstkühler 135 und der Zwischenkühler 140 weisen jeweils wenigstens einen Kühlbalken auf. Die Kühlbalken der Gerüstkühler 135 und/oder des Zwischenkühlers 140 sind jeweils vorzugsweise sowohl oberseitig als auch unterseitig zu dem Fertigwalzband 145 angeordnet, um beidseitig das Fertigwalzband 145 besonders schnell und effektiv abzukühlen.

[0037] Dabei können durch die in FIG 1 gezeigte Ausgestaltung mittels zweier Zwischenkühler 140 und zweier Gerüstkühler 135 insgesamt beispielsweise 16 Kühlbalken vorgesehen sein. Dabei kann beispielsweise jeder Gerüstkühler 135 jeweils zwei oberseitig angeordnete Kühlbalken und zwei unterseitig zu dem Fertigwalzband 145 angeordnete Kühlbalken aufweisen.

[0038] Im Betrieb der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 walzen die ersten Fertigwalzgerüste 125 das in die erste Gerüstgruppe 115 zugeführte Vorwalzband 110 zu einem Fertigwalzband 145 fertig. Die Kühlstrecke 55 ist bezogen auf eine Förderrichtung des Fertigwalzbands 145 der Fertigwalzstraße 50 nachgeordnet. In Förderrichtung des Fertigwalzbands 145 ist die dritte Trenneinrichtung 35 der Kühlstrecke 55 nachgeordnet. Dabei ist die dritte Trenneinrichtung 35 zwischen der Haspeleinrichtung 60 und der Kühlstrecke 55 angeordnet. Die dritte Trenneinrichtung 35 kann beispielsweise als Trommelschere oder Pendelschere ausgebildet sein.

[0039] Das Steuergerät 65 weist eine Steuereinrichtung 150, einen Datenspeicher 155 und eine Schnittstelle 160 auf. Der Datenspeicher 155 ist mittels einer ersten Datenverbindung 165 mit der Steuereinrichtung 150 datentechnisch verbunden. Ebenso ist die Schnittstelle 160 mittels einer zweiten Datenverbindung 170 datentechnisch mit der Steuereinrichtung 150 verbunden.

[0040] In dem Datenspeicher 155 sind eine vordefinierte erste Solltemperatur, eine vordefinierte zweite Solltemperatur und eine vordefinierte dritte Solltemperatur TS3 abgespeichert. Ferner ist in dem Datenspeicher 155 ein Verfahren zur Herstellung des mikrolegierten Stahls abgespeichert, auf dessen Grundlage die Steuereinrichtung 150 die Komponenten der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 steuert.

[0041] Die Schnittstelle 160 ist datentechnisch mittels einer dritten Datenverbindung 175 mit der Zwischenheizung 40 verbunden. Eine vierte Datenverbindung 180 verbindet datentechnisch die Fertigwalzstraße 50 mit der

Schnittstelle 160. Eine fünfte Datenverbindung 185 verbindet die Kühlstrecke 55 mit der Schnittstelle 160. Die Temperaturmesseinrichtung 70, 75, 80 ist jeweils über eine zugeordnete sechste bis achte Datenverbindung 190, 195, 200 mit der Schnittstelle 160 datentechnisch verbunden. Ferner können weitere Datenverbindungen (in FIG 1 nicht dargestellt) zu den weiteren Komponenten der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 zusätzlich vorgesehen sein, sodass ein Informationsaustausch zwischen den verschiedenen Komponenten der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 und dem Steuergerät 65 möglich ist. Die dritte bis achte Datenverbindung 175, 180, 185, 190, 195, 200 kann beispielsweise Teil eines Industrienetzwerkes sein.

[0042] FIG 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10.

[0043] Bevor das im Folgenden beschriebene Verfahren durchgeführt wird, werden die zweiten Fertigwalzgerüste 130 oder das zweite Fertigwalzgerüst 130 der zweiten Gerüstgruppe 120 auf die Ausgestaltung als Gerüstkühler 135 umgebaut. Dazu können Arbeitswalzen aus dem zweiten Fertigwalzgerüst 130 entnommen und durch die Kühlbalken ersetzt werden. Ferner kann der Kühlbalken so ausgerichtet sein, dass er direkt in Richtung einer Durchführung, durch die das Fertigwalzband 145 durchgeführt wird, gerichtet ist.

[0044] Durch den Vorbereitungsschritt entspricht der Aufbau der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 nicht mehr dem herkömmlichen Aufbau einer Endlosstranggießanlage, sondern weicht von deren Aufbau ab. Durch den Umbau ist die Gieß-Walz-Verbundanlage 10 nicht mehr geeignet, um ein dünnes Fertigwalzband 145 mit einer Dicke von 0,8 mm bis 8 mm herzustellen.

[0045] FIG 3 zeigt ein erstes Diagramm einer Kerntemperatur eines Kerns des Fertigwalzbands 145 in der Herstellung des Fertigwalzbands 145 aufgetragen über einer Zeit t . FIG 4 zeigt einen ersten in FIG 3 markierten Ausschnitt A des in FIG 3 gezeigten ersten Diagramms. FIG 5 zeigt einen zweiten in FIG 3 markierten Ausschnitt B des in FIG 3 gezeigten ersten Diagramms. FIG 6 zeigt ein zweites Diagramm eines Verlaufs einer Korngröße K in der Herstellung des Fertigwalzbands 145 aufgetragen über der Zeit t . Im Folgenden werden die FIGN 2 bis 6 gemeinsam erläutert. Um einzelne Verfahrensschritte in den FIGN 3 bis 7 zu markieren, ist das jeweilige Bezugszeichen des zugeordneten Verfahrensschritts in den FIGN 3 bis 7 angegeben.

[0046] In FIG 4 sind ein erster Graph 400 und ein zweiter Graph 405 aufgetragen. Der erste Graph 400 zeigt den Temperaturverlauf des Kerns bei Durchführung des im Folgenden zu FIG 2 beschriebenen Verfahrens. Der zweite Graph 405 zeigt einen Temperaturverlauf des Kerns, wenn mittels der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 und drei walzenden Fertigwalzgerüsten 125, 130 und der Kühlstrecke 55 das Fertigwalzband 145 mit der oben angegebenen Dicke von 10 mm bis 25 mm hergestellt wird.

[0047] Im Betrieb der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 wird in einem ersten Verfahrensschritt 305 die Kokille 90 (in FIG 1 dargestellt) der Stranggießmaschine 15 mit einem Kaltstrangkopf (nicht dargestellt in FIG 1) verschlossen und durch zusätzliches Dichtmaterial abgedichtet. Mit der Pfanne 85 wird die metallische Schmelze 95 in einen Verteiler der Stranggießmaschine 15 eingefüllt. Um den Strangguss zu beginnen, wird ein Stopfen von einem Gießrohr der Stranggießmaschine 15 entfernt. Die metallische Schmelze 95 weist für einen X60- oder einen X70-Stahl eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,05 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-1,5 %, Cr <0,15 %; Mo <0,2 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; N <0,008 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen auf. Die metallische Schmelze 95 kann für X80- bis X120-Stähle vorzugsweise eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,09 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-2,0 %, Cr <0,5 %; Mo <0,5 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; Ni <0,5%; Cu <0,4%; N <0,01 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen aufweisen. Die Angabe des Stahls bezieht sich auf den Standard API 5L/IS03183:2007. Auch kann die metallische Schmelze 95 eine andere chemische Zusammensetzung aufweisen.

[0048] Die im Folgenden angegebenen Temperaturen und Verfahrensschritte beziehen sich auf die in der Ausführungsform bevorzugten Zusammensetzungen des Stahls, um mittels der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 einen mikrolegierten Stahl, insbesondere einen mikrolegierten Röhrenstahl mit einer Stahlgüte X60 bis X120 gemäß dem Standard API 5L/IS03183:2007 herzustellen.

[0049] Zu Beginn des Stranggusses umfließt die metallische Schmelze 95 in der Kokille 90 den Kaltstrangkopf und verfestigt sich durch Abkühlung im Kaltstrangkopf. Der Kaltstrangkopf wird langsam aus der Kokille 90 der Stranggießmaschine 15 in Richtung der Vorwalzstraße 20 gezogen. In Förderrichtung hinter dem Kaltstrangkopf kühlt die metallische Schmelze 95 in der Kokille 90 an ihren Kontaktflächen zu der Kokille 90 ab und bildet eine Schale des Dünnbrammenstrangs 100 aus. Die Schale umschließt einen noch flüssigen Kern und hält den flüssigen Kern. Am Kokillenausgang kann der Dünnbrammenstrang 100 beispielsweise eine Dicke von 100 mm bis 150 mm betragen.

[0050] In der Stranggießmaschine 15 wird der Dünnbrammenstrang 100 umgelenkt und auf dem Weg zur Vorwalzstraße 20 weiter abgekühlt, sodass sich der Dünnbrammenstrang 100 von außen nach hin verfestigt. In der Ausführungsform ist beispielhaft die Stranggießmaschine 15 als Bogenstranggießmaschine ausgebildet, sodass durch die Umlenkung des Dünnbrammenstrangs 100 um im Wesentlichen 90° aus der Senkrechten der Dünnbrammenstrang 100 in die Vorwalzstraße 20 im Wesentlichen horizontal verlaufend zugeführt wird.

[0051] In einem zweiten Verfahrensschritt 310 wird der

Dünnbrammenstrang 100, wie bereits oben erläutert, in der Vorwalzstraße 20 durch die Vorwalzgerüste 105 zu dem Vorwalzband 110 gewalzt. Beim Eintritt in die Vorwalzstraße 20 weist ein Gefüge des Dünnbrammenstrangs 100 etwa eine Korngröße K von etwa 800 μm bis 1000 μm auf. An den Vorwalzgerüsten 105 wird jeweils die Dicke sukzessive auf beispielsweise 40 mm bis 62 mm, insbesondere 45 mm reduziert. Ferner rekristallisiert das Gefüge des Dünnbrammenstrangs 100 beim Warmwalzen zu dem Vorwalzband 110, sodass das Gefüge des Vorwalzbands 110, wenn es aus der Vorwalzstraße 20 geführt wird, vorzugsweise vollständig rekristallisiert ist. Durch die einzelnen Warmwalzschritte in den Vorwalzgerüsten 105, wird das Gefüge des Dünnbrammenstrangs 100 zu dem Vorwalzband 110 hin homogenisiert. Die Korngröße K kann beim Verlassen der Vorwalzstraße 10 μm bis 30 μm betragen.

[0052] Eine Kerntemperatur T des Kerns des Dünnbrammenstrangs 100 beim Eintritt in die Vorwalzstraße 20 bei den oben genannten chemischen Zusammensetzungen beträgt etwa 1300 bis 1450 °C. Bei jedem Walzschritt in der Vorwalzstraße 20 wird die Kerntemperatur des Kerns reduziert, sodass beim Austritt das Vorwalzband 110 eine Kerntemperatur von etwa 980 bis 1150 °C aufweist.

[0053] In einem dritten Verfahrensschritt 315 wird das Vorwalzband 110 durch die erste und zweite Trenneinrichtung 25, 30 geführt, wobei ein Abtrennen des Vorwalzbands 110 nicht durchgeführt wird. Die erste und zweite Trenneinrichtung 25, 30 wird somit nur durchlaufen. Durch Konvektion kühlt dabei das Vorwalzband 110 weiter ab, wobei durch eine Schutzabdeckung die Abkühlung reduziert werden kann. Während des Transports des Vorwalzbands 110 zu der Zwischenheizung 40 und der damit einhergehenden Abkühlung kann die Korngröße K im Vorwalzband 110 auf 20 μm bis zu 60 μm anwachsen. Auch kann die Korngröße K, insbesondere bei den oben genannten chemischen Zusammensetzungen der Schmelze 95 erhalten bleiben und nicht anwachsen.

[0054] In dem vierten Verfahrensschritt 320 aktiviert die Steuereinrichtung 150 die Zwischenheizung 40, sodass die Zwischenheizung 40, die beispielsweise als Induktionsofen ausgebildet ist, die Kerntemperatur des Vorwalzbands 110 von etwa 870 °C bis 980 °C beim Eintritt in die Zwischenheizung 40 auf etwa 1050 °C bis 1100 °C erwärmt (vgl. FIG 3). Die Korngröße K kann in dem Gefüge beim Erwärmen im Wesentlichen konstant gehalten werden (vgl. FIG 6).

[0055] In einem fünften Verfahrensschritt 325 ermittelt die erste Temperaturmesseinrichtung 70, die beispielsweise als erstes Pyrometer ausgebildet ist, eine erste Oberflächentemperatur des aus der Zwischenheizung 40 geführten Vorwalzbands 110. Die erste Temperaturmesseinrichtung 70 stellt eine erste Information über die erste Oberflächentemperatur des Vorwalzbands 110 zwischen der Zwischenheizung 40 und dem Entzunderer 45 über die sechste Datenverbindung 190 der Schnittstelle 160 bereit, die die erste Information der Steuerein-

richtung 150 bereitstellt.

[0056] In einem sechsten Verfahrensschritt 330 regelt die Steuereinrichtung 150 eine Heizleistung der Zwischenheizung 40 derart, dass die ermittelte erste Oberflächentemperatur des Vorwalzbands 110 zwischen der Zwischenheizung 40 und dem Entzunderer 45 im Wesentlichen der ersten Solltemperatur entspricht. Dabei kann die Steuereinrichtung 150 den fünften und sechsten Verfahrensschritt 325, 330 in einer Schleife in einem vordefinierten Zeitintervall regelmäßig wiederholen.

[0057] In einem siebten Verfahrensschritt 335 aktiviert die Steuereinrichtung 150 den Entzunderer 45 (sofern vorhanden). Der Entzunderer 45 entzündet das Vorwalzband 110. Dabei kühlt das Vorwalzband 110 beispielsweise um etwa 80 C bis 100 C bezogen auf den Kern des Vorwalzbands 110 ab.

[0058] Mit der ersten Eintrittstemperatur TE1 wird das Vorwalzband 110 in einem achten Verfahrensschritt 340 zu der ersten Gerüstgruppe 115 der Fertigwalzstraße 50 transportiert. Die erste Eintrittstemperatur TE1 bezogen auf den Kern des Vorwalzbands 110, mit der das Vorwalzband 110 nach dem Entzunderer 45 in die erste Gerüstgruppe 115 eintritt, kann zwischen 850 °C und 1060 °C, insbesondere zwischen 920 °C und 980 °C betragen. Beim Eintritt in die erste Gerüstgruppe 115 ist vorzugsweise das Gefüge des Vorwalzbands 110 homogen austenitisch und rekristallisiert.

[0059] In einem neunten Verfahrensschritt 345 wird das Vorwalzband 110 beispielsweise mittels drei erster Fertigwalzgerüste 125 zu dem Fertigwalzband 145 fertigwalzt. Dabei kühlt bei jedem Walzschritt in der ersten Gerüstgruppe 115 das zu dem Fertigwalzband 145 zu walzende Vorwalzband 110 um etwa 50 °C ab. Über die drei ersten Fertigwalzgerüste 125 wird dabei die Dicke des Vorwalzbands 110 von beispielsweise 40 mm bis 62 mm, insbesondere 45 mm, auf eine Dicke von 10 mm bis 25 mm, insbesondere auf 16 mm bis 20 mm, reduziert.

[0060] Durch die drei Walzschritte in den jeweils ersten Fertigwalzgerüsten 125 bildet sich ein "Pancake" oder ein rekristallisiertes austenitisches Gefüge in dem zum Fertigwalzband 145 gewalzten Vorwalzband 110 aus (vgl. FIG 5). Dabei beträgt vorzugsweise nach dem neunten Verfahrensschritt 345 die Korngröße K beim Austritt aus der ersten Gerüstgruppe 115 2 μm bis 20 μm . Eine erste Austrittstemperatur TA1 des Fertigwalzbands 145 nach Durchlaufen der ersten Gerüstgruppe 115 beträgt vorzugsweise 830 °C bis 950 °C. Insbesondere beträgt die erste Austrittstemperatur TA1 880 °C bis 920 °C. Die erste Austrittstemperatur TA1 ist auf den Kern des Fertigwalzbands 145 bezogen.

[0061] Mit der ersten Austrittstemperatur TA1 wird das fertiggewalzte Fertigwalzband 145 in einem zehnten Verfahrensschritt 350 weiter in Richtung der zweiten Gerüstgruppe 120 transportiert. Dadurch dass sich die zweite Gerüstgruppe 120 unmittelbar an die erste Gerüstgruppe 115 anschließt, ist eine Zeitdauer vom Austritt aus der ersten Gerüstgruppe 115 in die zweite Gerüstgruppe 120

minimal. Insbesondere kann die Zeitdauer, beispielsweise bei einer Fördergeschwindigkeit von 0,4 m/s bis 1 m/s durch die unmittelbare Anordnung der zweiten Gerüstgruppe 120 stromabwärtsseitig der ersten Gerüstgruppe 115 nur 1 Sekunde bis 15 Sekunden betragen. Insbesondere kann sich der an die erste Gerüstgruppe 115 anschließende Zwischenkühler 140 räumlich bis auf wenige Meter (kleiner 10 m) bis hin zu etwa 0,5 Meter an die erste Gerüstgruppe 115 anschließen.

[0062] Durch den räumlich geringen Abstand zwischen der ersten Gerüstgruppe 115 und der zweiten Gerüstgruppe 120 entspricht die erste Austrittstemperatur TA1 im Wesentlichen einer zweiten Eintrittstemperatur TE2, mit der das fertiggewalzte Fertigwalzband 145 in die zweite Gerüstgruppe 120 eintritt.

[0063] Ferner wird in dem zehnten Verfahrensschritt 350 mittels der zweiten Temperaturmesseinrichtung 75 eine zweite Oberflächentemperatur des aus der ersten Gerüstgruppe 115 kommenden Fertigwalzbands 145 ermittelt. Die zweite Temperaturmesseinrichtung 75 stellt eine zweite Information mit der ersten Austrittstemperatur TA1 über die siebte Datenverbindung 195 und die Schnittstelle 160 der Steuereinrichtung 150 bereit. Die Steuereinrichtung 150 kann die zweite Oberflächentemperatur bei der Steuerung der Zwischenheizung 40 mitberücksichtigen. Die zweite Oberflächentemperatur korreliert mit der ersten Austrittstemperatur TA1, wobei die zweite Oberflächentemperatur im Wert von der ersten Austrittstemperatur TA1 abweicht. Die Regelung der Zwischenheizung 40 erfolgt dabei derartig, dass die zweite Oberflächentemperatur einer zweiten Solltemperatur im Wesentlichen entspricht. Auf die zweite Temperaturmesseinrichtung 75 und den zehnten Verfahrensschritt 350 kann auch verzichtet werden.

[0064] In einem elften Verfahrensschritt 355 aktiviert die Steuereinrichtung 150 den Zwischenkühler 140 sowie den Gerüstkühler 135. Der Zwischenkühler 140 und der Gerüstkühler 135 sprühen ein Kühlmedium, beispielsweise Wasser ggf. mit einem Additiv, auf das Fertigwalzband 145, sodass das Fertigwalzband 145 in der zweiten Gerüstgruppe 120 zwangsgekühlt wird. Dabei ist die Fördermenge des Kühlmediums derart gewählt, dass innerhalb der zweiten Gerüstgruppe 120 das Fertigwalzband 145 von der zweiten Eintrittstemperatur TE2 auf eine zweite Austrittstemperatur TA2 kleiner 700 °C, insbesondere von 350 °C bis 700 °C, insbesondere von 400 °C bis 460 °C, innerhalb von 2 bis 40 Sekunden abgekühlt wird. Dabei steuert die Steuereinrichtung 150 die Fördermenge des Kühlmediums derart, dass eine Kühlleistung der zweiten Gerüstgruppe 120 eine Abkühlgeschwindigkeit des Kerns des Fertigwalzbands 145 von wenigstens 20°C/s bis 200°C/s sicherstellt. Vorzugsweise beträgt die Abkühlgeschwindigkeit 20°C/s bis 80°C/s, insbesondere 45°C/s bis 55°C/s, wobei die Abkühlung im Kern über die zweite Gerüstgruppe 120 vorzugsweise kontinuierlich erfolgt.

[0065] Diese Abkühlgeschwindigkeit wird in der Ausführungsform dadurch sichergestellt, dass vorzugsweise

zwei Zwischenkühler 140 und zwei Gerüstkühler 135 vorgesehen sind. Dabei können beispielsweise pro Kühlbalken des Gerüstkühlers 135 etwa 100 m³/h bis 300 m³/h des Kühlmediums bei einem Druck von 2 bar bis 4 bar auf das Fertigwalzband 145 aufgebracht werden. Dies stellt sicher, dass innerhalb der kurzen Durchlaufzeit des Fertigwalzbands 145 durch die zweite Gerüstgruppe 120 der Kern des Fertigwalzbands 145 von der zweiten Eintrittstemperatur TE2 von beispielsweise 870 °C bis 910 °C auf die zweite Austrittstemperatur TA2, beispielsweise 400 °C bis 460 °C, abgekühlt wird.

[0066] Dabei kann jeder Gerüstkühler 135 derart ausgebildet sein, dass für jeden Kühlbalken jeweils ein durch die Steuereinrichtung 150 steuerbares Steuerventil vorgesehen ist, um vorzugsweise stufenlos und getrennt von dem jeweils anderen Kühlbalken des Zwischenkühlers 140 oder des anderen Gerüstkühlers 135 diese getrennt voneinander anzusteuern. Dadurch ist ein Volumenstrom des Kühlmediums stufenlos zwischen 0 % bis 100 % durch die Steuereinrichtung 150 für jeden Kühlbalken regelbar.

[0067] Durch die rasche und sehr frühe Abkühlung des Fertigwalzbands 145 direkt unmittelbar nach der ersten Gerüstgruppe 115 kann sichergestellt werden, dass die maximal mögliche Abkühlgeschwindigkeit mit der hohen zweiten Austrittstemperatur TE2 begonnen wird. Ein Abkühlen des Fertigwalzbands 145 bei einem reinen Durchlaufen der zweiten Gerüstgruppe 120 und deaktivierter Förderung des Kühlmediums durch die zweiten Gerüstgruppen 120 und eine erst in der Kühlstrecke 55 begonnene Abkühlung wird dadurch vermieden.

[0068] In einem zwölften Verfahrensschritt 360 ermittelt die dritte Temperaturmesseinrichtung 80, die beispielsweise als drittes Pyrometer ausgebildet ist, eine dritte Oberflächentemperatur, die mit der zweiten Austrittstemperatur TA2 korreliert, nach Austritt des Fertigwalzbands 145 aus der zweiten Gerüstgruppe 120. Die dritte Temperaturmesseinrichtung 80 stellt eine dritte Information über die dritte Oberflächentemperatur über die achte Datenverbindung 200 der Schnittstelle 160 und über die Schnittstelle 160 der Steuereinrichtung 150 bereit. Die Steuereinrichtung 150 kann bei Regelung des Volumenstroms des Kühlmediums in der zweiten Gerüstgruppe 120 im elften Verfahrensschritt 355 die Information über die dritte Oberflächentemperatur mitberücksichtigen und den Volumenstrom des Kühlmediums derart regeln, dass die dritte Oberflächentemperatur im Wesentlichen der dritten Solltemperatur TS3 entspricht. Ferner kann bei der Regelung des Volumenstroms zusätzlich die zweite Oberflächentemperatur mitberücksichtigt werden, um eine gleichmäßige hohe Abkühlrate in der zweiten Gerüstgruppe 120 sicherzustellen. Dabei kann die Steuereinrichtung 150 den elften und zwölften Verfahrensschritt 355, 360 in einer Schleife in einem vordefinierten Zeitintervall regelmäßig wiederholen.

[0069] In einem dreizehnten Verfahrensschritt 365 wird das Fertigwalzband 145 in abgekühltem Zustand in die Kühlstrecke 55 transportiert. Im dreizehnten Verfah-

rensschritt 365 deaktiviert oder hält die Steuereinrichtung 150 die Kühlstrecke 55 in deaktiviertem Zustand, sodass beim Durchlaufen des Fertigwalzbands 145 durch die Kühlstrecke 55 kein weiteres Kühlmedium auf das Fertigwalzband 145 zum weiteren Zwangskühlen des Fertigwalzbands 145 gebracht wird. Dies ist zum einen aufgrund der hohen Kühlleistung der zweiten Gerüstgruppe 120 nicht notwendig, zum anderen genügt die konvektive Kühlung beim Durchlaufen der Kühlstrecke 55 zur weiteren Abkühlung des Fertigwalzbands 145 von der zweiten Austrittstemperatur TA2 auf eine unterhalb der zweiten Austrittstemperatur TA2 liegende dritte Austrittstemperatur TA3. Ferner trocknet das auf dem Fertigband verbliebende Kühlmedium, insbesondere Kühlwasser, in der Kühlstrecke 55 ab. Dadurch kühlt das Fertigwalzband 145 in der Kühlstrecke 55 weiter ab.

[0070] Selbstverständlich kann im dreizehnten Verfahrensschritt 365 auch die Steuereinrichtung 150 die Kühlstrecke 55 aktivieren, um das Fertigwalzband 145 von der zweiten Austrittstemperatur TA2 auf die dritte Austrittstemperatur TA3 zwangszukühlen.

[0071] In einem vierzehnten Verfahrensschritt 370 wird das in der Kühlstrecke 55 weiter abgekühlte Fertigwalzband 145 durch die dritte Trenneinrichtung 35 hin zu der Haspeleinrichtung 60 geführt. In der Haspeleinrichtung 60 wird das fertiggewalzte, getrocknete und abgekühlte Fertigwalzband 145 zu einem Coil aufgewickelt. Nach Aufwickeln des Coils kann die Steuereinrichtung 150 die dritte Trenneinrichtung 35 aktivieren, sodass das kontinuierlich aus der Kühlstrecke 55 geförderte Fertigwalzband 145 vom Coil abgetrennt wird und das Coil entfernt werden kann. Das weitere, durch die Kühlstrecke 55 transportierte Fertigwalzband 145 kann auf einem neuen Coil aufgewickelt werden.

[0072] Die oben beschriebene Gieß-Walz-Verbundanlage 10 und das in FIG 2 beschriebene Verfahren haben den Vorteil, dass mit der chemischen Zusammensetzung, beispielsweise mit einer chemischen Zusammensetzung für einen X60-Stahl, die mechanischen Bedingungen für einen X70 bis X120 mikrolegierten Stahl erfüllt werden können. Der mikrolegierte Stahl eignet sich insbesondere als mikrolegierter Röhrenstahl zur Herstellung von Röhren, Pipelines oder Drucktanks. Durch die unmittelbar an die erste Gerüstgruppe 115 folgende Abkühlung mittels der zu Gerüstkühlern 135 umgebauten zweiten Fertigwalzgerüsten 130 und den Zwischenkühlern 140 können besonders gute Materialeigenschaften für den mikrolegierten Stahl sichergestellt werden. Dadurch ist der mikrolegierte Stahl besonders zäh und fest. Ferner weist die Gieß-Walz-Verbundanlage 10 eine besonders exakte Temperaturführung auf.

[0073] Dadurch dass ausschließlich die beiden Gerüstkühler 135 bzw. die zweiten Fertigwalzgerüste 130 zu Gerüstkühlern 135 umzubauen sind, um das oben beschriebene Verfahren durchführen, kann, sofern kein mikrolegierter Stahl, insbesondere kein mikrolegierter Röhrenstahl herzustellen ist, die Gieß-Walz-Verbundanlage 10 konventionell betrieben werden, wobei in kon-

ventionellem Betrieb die Gerüstkühler 135 wieder zu zweiten Fertigwalzgerüsten 130 umgebaut sind. Ferner sind im konventionellen Betrieb die Zwischenkühler 140 deaktiviert und die Kühlstrecke 55 aktiviert. Im konventionellen Betrieb, beispielsweise, um dünne Bleche mit einer Dicke von 0,8 mm bis 8 mm herzustellen, wird das Fertigwalzband 145 dann von allen fünf Fertigwalzgerüsten 125, 130 gewalzt und die Abkühlung des Fertigwalzbandes 145 erfolgt im Wesentlichen in der Kühlstrecke 55 anstatt in der zweiten Gerüstgruppe 120 auf die zweite Austrittstemperatur TA2.

[0074] Der zweite Graph 405 (vgl. FIG 4) zeigt anschaulich wie das Fertigwalzband 145 langsam von der ersten Austrittstemperatur TA1 bis hin zur zweiten Austrittstemperatur TA2 abkühlt. Beim konventionellen Betrieb der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 beträgt die erste Austrittstemperatur TA1 etwa 800 °C bis 950 °C. Erst in der Kühlstrecke 55 wird das Fertigwalzband 145 abgekühlt und eine Kerntemperatur sinkt dort dann rapide ab. Dadurch dass das Fertigwalzband 145 langsam um etwa 50 °C bis 100 °C über etwa eine Zeitdauer von etwa 15 bis 50 Sekunden abkühlt, kann der mittels des in FIG 2 beschriebenen Verfahrens herstellbare mikrolegierte Stahl nicht hergestellt werden. Um einen gewünschten mikrolegierten Stahl mit diesen Eigenschaften herzustellen, sind zusätzliche Legierungszusätze beim konventionellen Betrieb der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 notwendig.

[0075] Der erste Graph 400, der den Temperaturverlauf des in FIG 2 gezeigten Verfahrens darstellt, zeigt anschaulich, wie schnell der Kern des Fertigwalzbands 145 von der ersten Austrittstemperatur TA1 auf die zweite Austrittstemperatur TA2 abgekühlt wird. Dadurch können mittels beispielsweise einer chemischen Legierung, die einem X60-Stahl entspricht, die mechanischen Eigenschaften eines höher legierten, beispielsweise eines X70- bis X120-Stahls zu geringeren Kosten erreicht werden.

[0076] FIG 7 zeigt ein schematisches ZTU-Diagramm für eine X60-Stahlschmelze.

[0077] In FIG 7 ist die dritte Solltemperatur TS3 in Abhängigkeit eines herzustellenden gewünschten mikrolegierten Stahls angegeben. Die dritte Solltemperatur TS3 ist zumindest niedriger als eine Ferrit-Perlit-Umwandlungstemperatur Ar_1 , vorzugsweise niedriger als eine Bainitstarttemperatur, insbesondere niedriger als eine Martensitstarttemperatur M_s , gewählt.

[0078] In Abhängigkeit der dritten Solltemperatur TS3 kann ausgehend von der zweiten Eintrittstemperatur TE2 bzw. der ersten Austrittstemperatur TA1 das Fertigwalzband 145 in der zweiten Gerüstgruppe 120 im zwölften Verfahrensschritt 360 abgekühlt werden. Je nach Wahl der vordefinierten dritten Solltemperatur TS3 steuert die Steuereinrichtung 150 den Volumenstrom des an das Fertigwalzband 145 geführten Kühlmediums und somit die Abkühlgeschwindigkeit. Ist die dritte Solltemperatur TS3 besonders niedrig gewählt, steuert die Steuereinrichtung 150 die zweite Gerüstgruppe 120 derart an, dass

diese mit einer besonders großen Menge von Kühlmedium das Fertigwalzband 145 abkühlt. Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise mittels der oben angegebenen chemischen Zusammensetzung, die beispielsweise im Wesentlichen einem X60-Stahl entspricht, ein mikrolegierter Stahl mit den mechanischen Eigenschaften eines X120-Stahls hergestellt werden kann.

[0079] Ist die dritte Solltemperatur TS3 oberhalb einer Martensitstarttemperatur M_s angesetzt, so kann mittels der oben genannten X60-Stahlschmelze 95 ein mikrolegierter Stahl mit den mechanischen Eigenschaften eines X80-Stahls hergestellt werden. Ebenso kann, sollte die dritte Solltemperatur TS3 höher als eben beschrieben angesetzt werden, mit der X60-Stahlschmelze mikrolegierter Stahl mit den mechanischen Eigenschaften eines X70-Stahls hergestellt werden. Der X70- und der X80-mikrolegierte Stahl weisen jeweils überwiegend einen bainitischen Phasenanteil B auf, während hingegen der X120-mikrolegierte Stahl im Wesentlichen einen Phasenanteil von 25-65 % Martensit M aufweist.

[0080] Ebenso kann mit dem in FIG 2 beschriebenen Verfahren ein typischer X60- oder X70- mikrolegierter Stahl mit einem perlitischen Phasenanteil P in Höhe von 5-50 Volumenprozent auf einfache Weise hergestellt werden.

[0081] Der mikrolegierte Stahl kann wenigstens eine der folgenden Ausscheidungen aufweisen: Ti (C, N), Nb (C, N) und/oder V (C, N). Eine Ausscheidungsichte der Ausscheidung(en) beträgt 10^{15} bis 10^{25} $1/m^3$. Die Ausscheidung weist eine durchschnittliche Größe von 1 nm bis 20 nm auf.

[0082] FIG 8 zeigt eine schematische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage 10 gemäß einer zweiten Ausführungsform.

[0083] Die Gieß-Walz-Verbundanlage 10 ist im Wesentlichen identisch zu der in FIG 1 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 ausgebildet. Im Folgenden wird ausschließlich auf die Unterschiede der in FIG 8 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 gegenüber der ersten Ausführungsform der Gieß-Walz-Verbundanlage 10, die in FIG 1 gezeigt ist, eingegangen.

[0084] Abweichend von FIG 1 ist in FIG 8 nur das letzte zweite Fertigwalzgerüst 130 der zweiten Gerüstgruppe 120 zu dem Gerüstkühler 135 umgebaut. Das in Förderrichtung bezogen auf das Fertigwalzband 145 vorgeordnete zweite Fertigwalzgerüst 130 ist nicht umgebaut und ist als Fertigwalzgerüst 130 zum Walzen ausgebildet. Die beiden in FIG 1 gezeigten Zwischenkühler 140 sind in FIG 8 ebenso vorgesehen.

[0085] Die in FIG 8 gezeigte Ausgestaltung hat gegenüber FIG 1 den Vorteil, dass in Förderrichtung nur das letzte zweite Fertigwalzgerüst 130 in der Vorbereitung der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 zum Gerüstkühler 135 umgebaut werden muss, um das in FIG 2 beschriebene Verfahren durchzuführen. Dadurch ist ein Umbauaufwand einer konventionellen Gieß-Walz-Verbundanlage 10 besonders gering gehalten. Diese Ausgestaltung eignet sich insbesondere dann, wenn nur kleine Mengen

des mikrolegierten Stahls im Rahmen eines ESP-Prozesses hergestellt werden sollen. Dadurch dass nur eines der beiden zweiten Fertigwalzgerüste 130 zum Gerüstkühler 135 umgerüstet ist, ist auch eine Umrüstzeit zurück zum konventionellen Aufbau, das heißt mit fünf ersten und zweiten Fertigwalzgerüsten 125, 130, die walzfähig sind, besonders kurz.

[0086] Das in FIG 2 beschriebene Verfahren wird ebenso mit der in FIG 8 gezeigten Gieß-Walz-Verbundanlage 10 beschrieben durchgeführt, wobei jedoch bei Durchführung des Fertigwalzbands 145 durch das in Förderrichtung vordere zweite Fertigwalzgerüst 130 der zweiten Gerüstgruppe 120 kein Walzen des Fertigwalzbands 145 durchgeführt wird, sondern das zweite Fertigwalzgerüst 130 ausschließlich zum Transport des Fertigwalzbands 145 dient. Dies bedeutet, dass das Fertigwalzband 145 im Wesentlichen unter Aufrechterhaltung seiner Dicke durch das nicht-umgebaute zweite Fertigwalzgerüst 130 geführt wird. Die in FIG 8 gezeigte Ausgestaltung der Gieß-Walz-Verbundanlage 10 hat den Vorteil, dass mittels geringer Umbauzeiten beispielsweise auf Basis einer chemischen Zusammensetzung eines mikrolegierten Stahls für einen X60-Stahl kostengünstig ein mechanisch höherwertiger mikrolegierter Stahl beispielsweise X70-Stahl herstellbar ist.

Bezugszeichenliste

[0087]

10	Gieß-Walz-Verbundanlage
15	Stranggießmaschine
20	Vorwalzstraße
25	erste Trenneinrichtung
30	zweite Trenneinrichtung
35	dritte Trenneinrichtung
40	Zwischenheizung
45	Entzunderer
50	Fertigwalzstraße
55	Kühlstrecke
60	Haspeleinrichtung
65	Steuergerät
70	erste Temperaturmesseinrichtung
75	zweite Temperaturmesseinrichtung
80	dritte Temperaturmesseinrichtung
85	Pfanne
86	Verteiler
90	Kokille
95	metallische Schmelze
100	Dünnbrammenstrang
105	Vorwalzgerüst
110	Vorwalzband
115	erste Gerüstgruppe
120	zweite Gerüstgruppe
125	erstes Fertigwalzgerüst
130	zweites Fertigwalzgerüst
135	Gerüstkühler
140	Zwischenkühler

145	Fertigwalzband			
150	Steuereinrichtung			
155	Datenspeicher			
160	Schnittstelle			
165	erste Datenverbindung	5		
170	zweite Datenverbindung			
175	dritte Datenverbindung			
180	vierte Datenverbindung			
185	fünfte Datenverbindung			
190	sechste Datenverbindung	10		
195	siebte Datenverbindung			
200	achte Datenverbindung			
305	erster Verfahrensschritt			
310	zweiter Verfahrensschritt	15		
315	dritter Verfahrensschritt			
320	vierter Verfahrensschritt			
325	fünfter Verfahrensschritt			
330	sechster Verfahrensschritt			
335	siebter Verfahrensschritt	20		
340	achter Verfahrensschritt			
345	neunter Verfahrensschritt			
350	zehnter Verfahrensschritt			
355	elfter Verfahrensschritt			
360	zwölfter Verfahrensschritt	25	2. Verfahren nach Anspruch 1,	
365	dreizehnter Verfahrensschritt			
370	vierzehnter Verfahrensschritt			
400	erster Graph			
405	zweiter Graph	30		
K	Korngröße			
M ₁	Martensitumwandlungstemperatur			
M _s	Martensitstarttemperatur			
Ar ₁	Ferrit-Perlit-Umwandlungstemperatur	35		
TS3	dritte Solltemperatur			
TA1	erste Austrittstemperatur			
TA2	zweite Austrittstemperatur			
TA3	dritte Austrittstemperatur	40		
TE1	erste Eintrittstemperatur			
TE2	zweite Eintrittstemperatur		3. Verfahren nach Anspruch 2,	

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines mikrolegierten Stahls in einer Gieß-Walz-Verbundanlage (10), vorzugsweise im Endlosbetrieb,
- wobei die Gieß-Walz-Verbundanlage (10) eine Stranggießmaschine (15) mit einer Kokille (90), eine einoder mehrgerüstige Vorwalzstraße (20), eine Fertigwalzstraße (50) mit einer ersten Gerüstgruppe (115) mit wenigstens einem ersten Fertigwalzgerüst (125) und einer zweiten Gerüstgruppe (120) mit wenigstens einem zu ei-
2. Verfahren nach Anspruch 1,
- wobei eine dritte Oberflächentemperatur, mit der das Fertigwalzband (145) die zweite Gerüstgruppe (120) verlässt, ermittelt wird,
- wobei die Zwangskühlung in der zweiten Gerüstgruppe (120) in Abhängigkeit der dritten Oberflächentemperatur und einer dritten Solltemperatur (TS3) derart gesteuert bzw. geregelt wird, dass die dritte Oberflächentemperatur im Wesentlichen der dritten Solltemperatur (TS3) entspricht,
- wobei die dritte Solltemperatur (TS3) kleiner als eine Ferrit-Perlit-Umwandlungstemperatur (Ar₁), vorzugsweise kleiner als eine Bainitstarttemperatur, insbesondere kleiner als eine Martensitstarttemperatur (M_s) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
- wobei eine zweite Oberflächentemperatur, mit der das Fertigwalzband (145) die erste Gerüstgruppe (120) verlässt, ermittelt wird,
- wobei die zweite Oberflächentemperatur bei der Steuerung der Zwangskühlung des Fertigwalzbands (145) in der zweiten Gerüstgruppe (125) mitberücksichtigt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
- wobei die Abkühlgeschwindigkeit des Kerns des Fertigwalzbands (145) 20°C/s bis 80°C/s, insbesondere 45°C/s bis 55°C/s, beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei der Kern des fertiggewalzten Fertigwalzbands (145) mit einer ersten Austrittstemperatur (TA1) von 830 °C bis 950 °C, insbesondere von 880 °C bis 920 °C, in die zweite Gerüstgruppe (120) der Fertigwalzstraße (50) transportiert wird,
 - wobei bei Austritt des Fertigwalzbands (145) aus der zweiten Gerüstgruppe (120) der Kern des Fertigwalzbands (145) eine zweite Austrittstemperatur (TA2) von kleiner 700 °C, insbesondere 350 °C bis 700 °C, vorzugsweise von 400 °C bis 460 °C, aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
 - wobei der Kern des Fertigwalzbands (145) in einem Zeitintervall von 2 Sekunden bis 40 Sekunden von der ersten Austrittstemperatur (TA1) auf die zweite Austrittstemperatur (TA2), vorzugsweise kontinuierlich, abgekühlt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei innerhalb eines Zeitintervalls von 1 Sekunden bis 15 Sekunden nach dem Fertigwalzen des Fertigwalzbands (145) in der ersten Gerüstgruppe (115) das Fertigwalzband (145) in die zweite Gerüstgruppe (120) eintritt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei die Gieß-Walz-Verbundanlage (10) eine der Fertigwalzstraße (50) bezogen auf eine Förderrichtung des Fertigwalzbands (145) nachgeordnete Kühlstrecke (55) und eine der Kühlstrecke (55) nachgeordnete Haspeleinrichtung (60) aufweist,
 - wobei eine Zwangskühlung des Fertigwalzbands (145) in der Kühlstrecke (55) deaktiviert ist und das Fertigwalzband (145) durch die Kühlstrecke (55) von der zweiten Gerüstgruppe (120) zu der Haspeleinrichtung (60) transportiert wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei eine Korngröße (K) des Vorwalzbands (110) bei Verlassen der Vorwalzstraße (20) 10 µm bis 30 µm beträgt,
 - wobei die Korngröße (K) des Vorwalzbands (110) zwischen der Vorwalzstraße (20) und dem Eintritt in die erste Gerüstgruppe (115) auf 20 µm bis 60 µm anwächst oder die Korngröße (K) erhalten bleibt,
 - wobei die Korngröße (K) des Fertigwalzbands (145) beim Walzen in der ersten Gerüstgruppe (115) auf 2 µm bis 20 µm reduziert wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei eine Dicke des Vorwalzbands (110) beim Eintritt in die erste Gerüstgruppe (115) 40 mm bis 62 mm, insbesondere 45 mm, beträgt,
 - wobei die erste Gerüstgruppe (115) die Dicke des Vorwalzbands (110) zu dem Fertigwalzband (145) auf 10 mm bis 25 mm, insbesondere 16 mm bis 20 mm, reduziert.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - wobei die metallische Schmelze (95) für einen X60- oder einen X70-Stahl eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,05 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-1,5 %, Cr <0,15 %; Mo <0,2 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; N <0,008 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen aufweist, oder
 - wobei die metallische Schmelze (95) für X80- bis X120- Stähle eine chemische Zusammensetzung in Gewichtsprozent von C 0,025-0,09 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-2,0 %, Cr <0,5 %; Mo <0,5 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; Ni <0,5%; Cu <0,4%; N <0,01 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen aufweist.
12. Mikrolegierter Stahl, hergestellt mit einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 - mit einer chemischen Zusammensetzung für einen X60- oder einen X70-Stahl in Gewichtsprozent von C 0,025-0,05 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-1,5 %, Cr <0,15 %; Mo <0,2 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; N <0,008 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen
 - oder
 - mit einer chemischen Zusammensetzung in Gewichtsprozent für einen X80- bis X120-Stahl von C 0,025-0,09 %; Si 0,1-0,3 %; Mn 0,07-2,0 %, Cr <0,5 %; Mo <0,5 %; Nb 0,02-0,08 %; Ti <0,05 %; V <0,08 %; Ni <0,5%; Cu <0,4%; N <0,01 %; Rest Fe und unvermeidliche Verunreinigungen,
 - wobei der mikrolegierte Stahl bei Raumtemperatur wenigstens eine der folgenden Ausscheidungen aufweist: Ti(C,N), Nb(C,N) und/oder V(C,N),
 - wobei eine Ausscheidungsichte der Aus-

scheidungen 10^{15} - 10^{25} $1/m^3$ beträgt,

- wobei die Ausscheidungen eine durchschnittliche Größe von 1 nm bis 20 nm aufweisen.

13. Gieß-Walz-Verbundanlage (10) zur Herstellung eines mikrolegierten Stahls mittels eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

- aufweisend eine Stranggießmaschine (15) mit einer Kokille (90), eine ein- oder mehrgerüstige Vorwalzstraße (20) und eine Fertigwalzstraße (50) mit wenigstens einer ersten Gerüstgruppe (115) und einer zweiten Gerüstgruppe (120),

- wobei eine metallische Schmelze (95) in der Kokille (90) zu einem teilerstarrten Dünnbrammenstrang (100) vergießbar ist und der Dünnbrammenstrang (100) der Vorwalzstraße (20) zuführbar ist,

- wobei die Vorwalzstraße (20) ausgebildet ist, den vollständig erstarrten Dünnbrammenstrang (100) zu einem Vorwalzband (110) zu walzen,

- wobei der Fertigwalzstraße (50) das Vorwalzband (110) zuführbar ist und die erste Gerüstgruppe (115) ausgebildet ist, das Vorwalzband (110) zu einem Fertigwalzband (145) fertigzuwalzen,

- wobei bezogen auf eine Förderrichtung des Fertigwalzbands (145) die zweite Gerüstgruppe (120) der ersten Gerüstgruppe (115) nachgeordnet ist und wenigstens ein zu einem Gerüstkühler (135) umgebautes zweites Fertigwalzgerüst (130) aufweist,

- wobei die zweite Gerüstgruppe (120) ausgebildet ist, unter Beibehaltung einer Dicke des Fertigwalzbands (145) das Fertigwalzband (145) derartig zwangszukühlen, dass eine Abkühlgeschwindigkeit eines Kerns des Fertigwalzbands (145) in der zweiten Gerüstgruppe (120) größer 20°C/s und kleiner 200°C/s .

14. Gieß-Walz-Verbundanlage (10) nach Anspruch 13,

- aufweisend eine der zweiten Gerüstgruppe (120) bezogen auf die Förderrichtung des Fertigwalzbands (145) nachgeordnete Kühlstrecke (55) und eine der Kühlstrecke (55) nachgeordnete Haspeleinrichtung (60),

- wobei bei Zwangskühlung des Fertigwalzbands (145) in der zweiten Gerüstgruppe (120) eine Zwangskühlung des Fertigwalzbands (145) in der Kühlstrecke (55) deaktiviert ist und die Kühlstrecke (55) ausschließlich ausgebildet ist, das Fertigwalzband (145) zu der Haspeleinrichtung (60) zu transportieren.

15. Gieß-Walz-Verbundanlage (10) nach Anspruch 14,

- aufweisend eine dritte Temperaturmessein-

richtung (80) und ein Steuergerät (65),

- wobei die dritte Temperaturmesseinrichtung (80) und die zweite Gerüstgruppe (120) datentechnisch mit dem Steuergerät (65) verbunden sind,

- wobei die dritte Temperaturmesseinrichtung (80) bezogen auf die Förderrichtung des Fertigwalzbands (145) zwischen der zweiten Gerüstgruppe (120) und der Kühlstrecke (55) angeordnet und ausgebildet ist, eine dritte Oberflächentemperatur des Fertigwalzbands (145) zu ermitteln,

- wobei das Steuergerät (65) ausgebildet ist, auf Grundlage der ermittelten dritten Oberflächentemperatur des Fertigwalzbands (145) und einer vordefinierten dritten Solltemperatur (TS3) die Zwangskühlung der zweiten Gerüstgruppe (120) zu steuern.

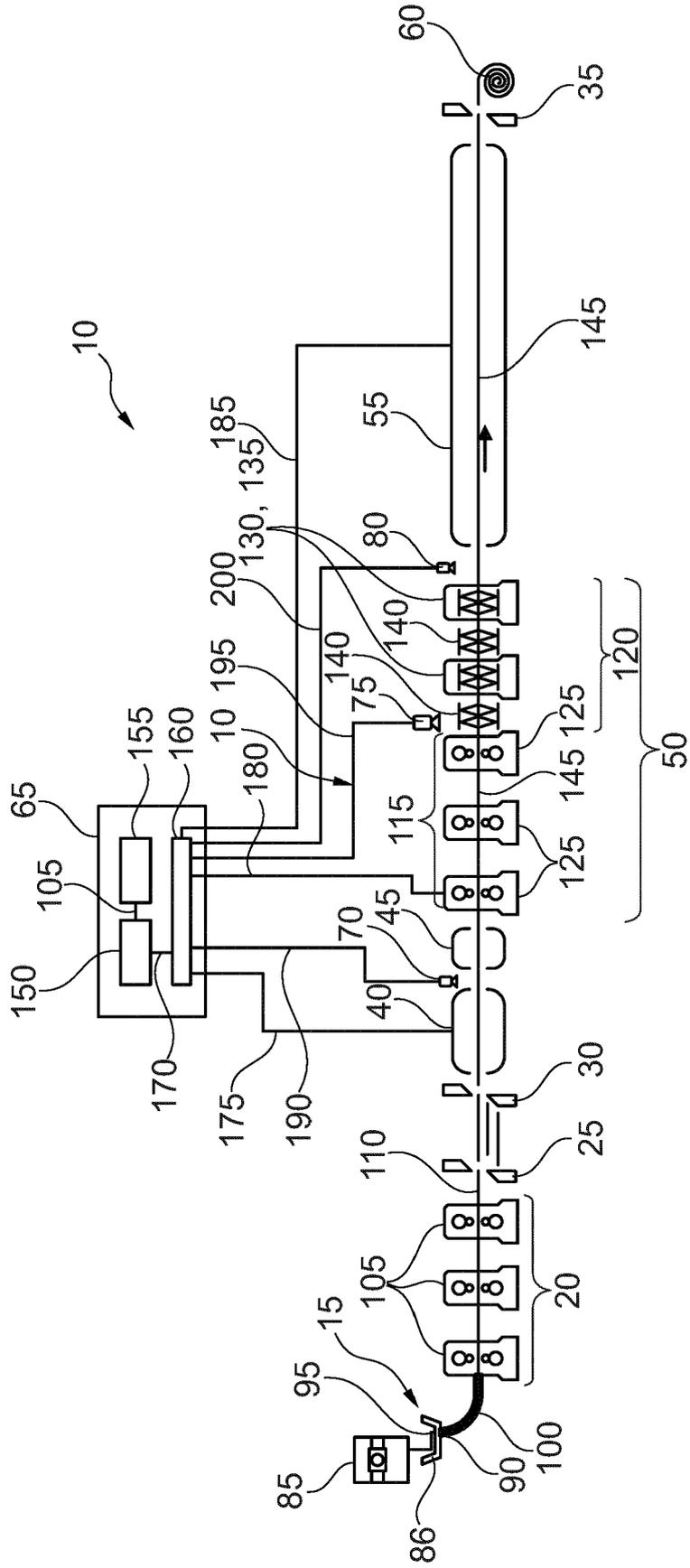


Fig. 1

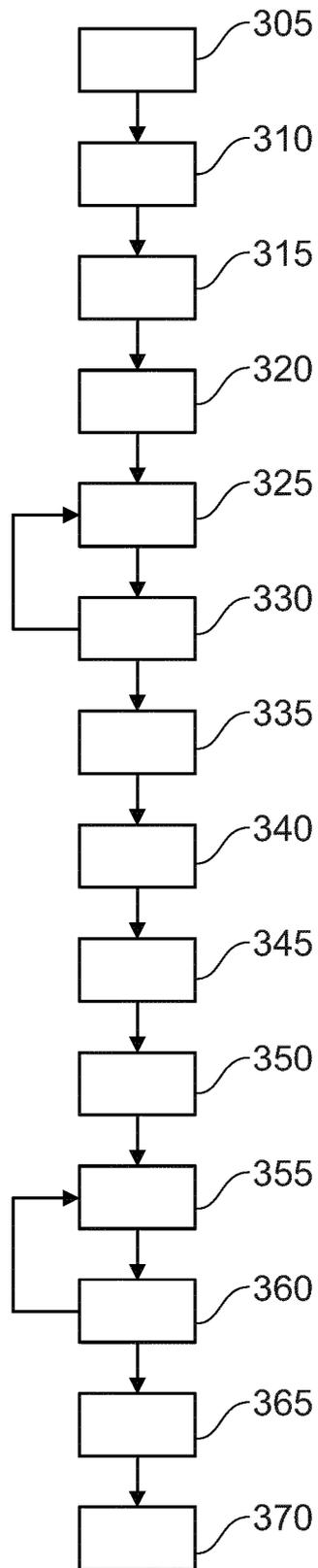


Fig. 2

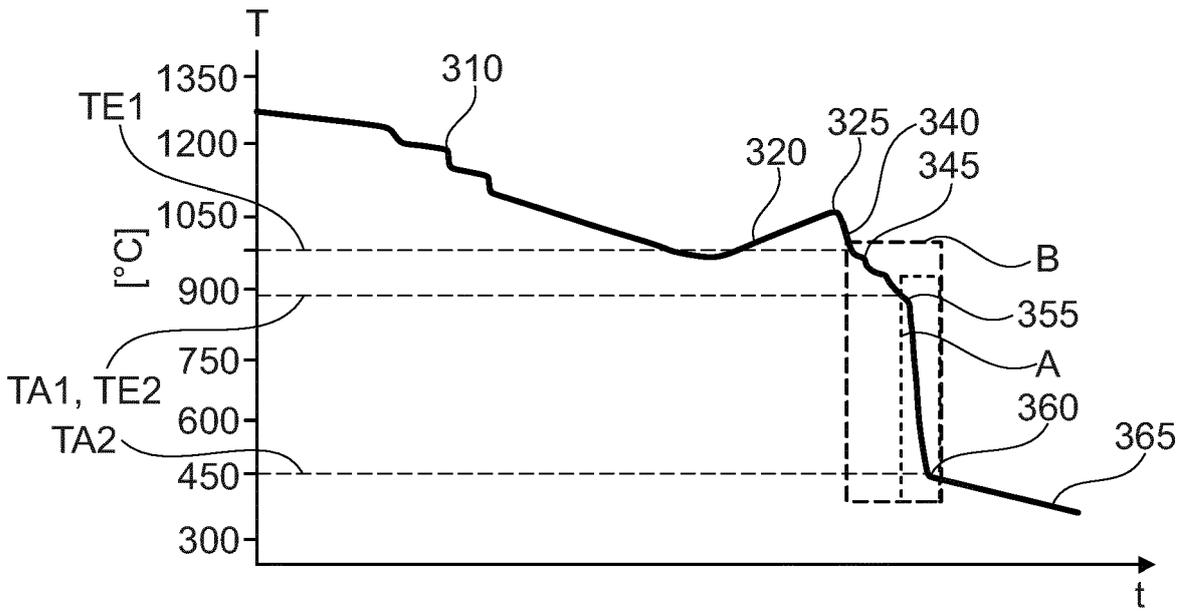


Fig. 3

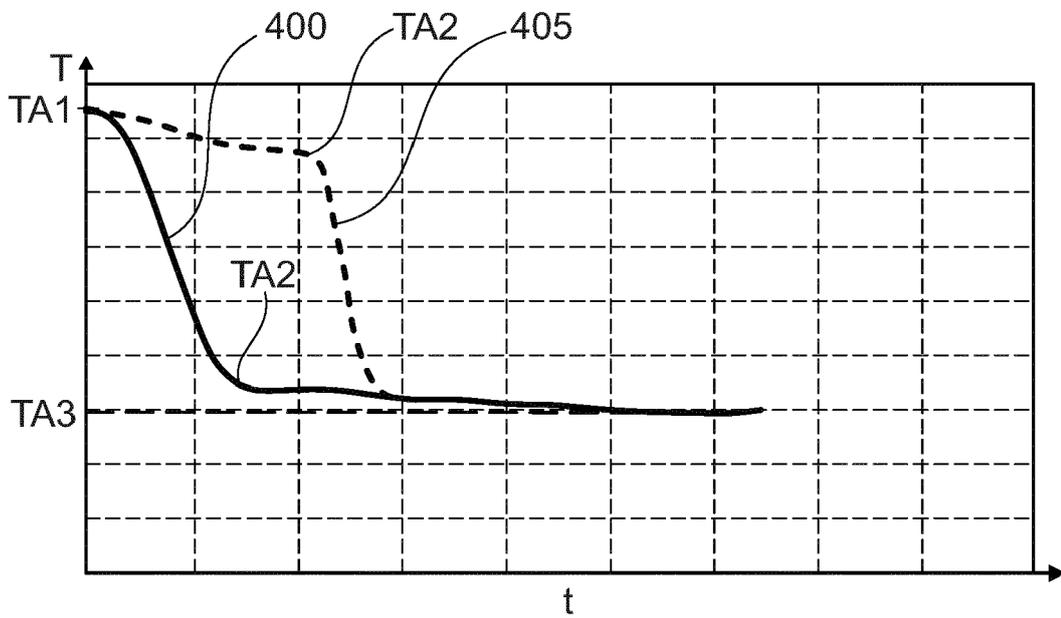


Fig. 4

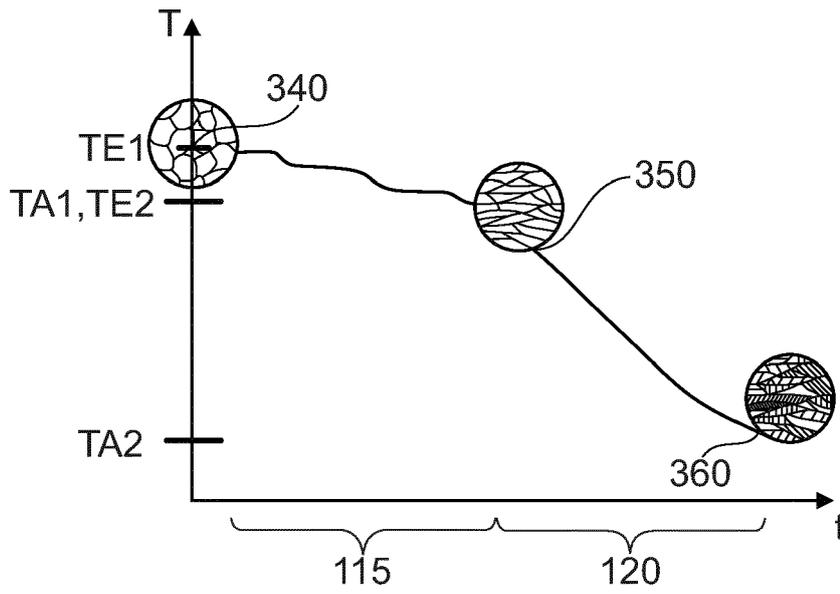


Fig. 5

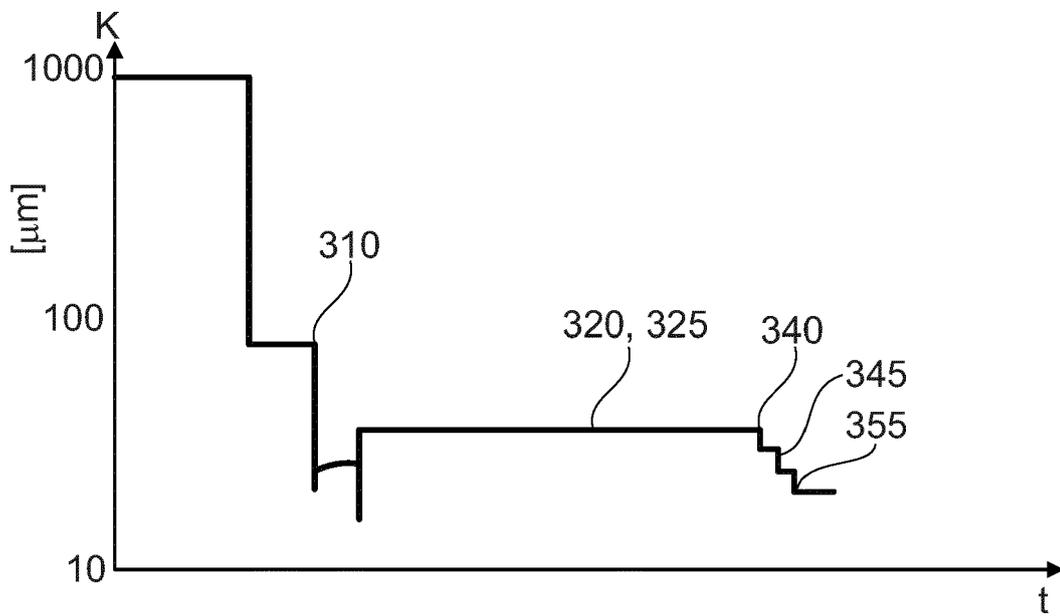


Fig. 6

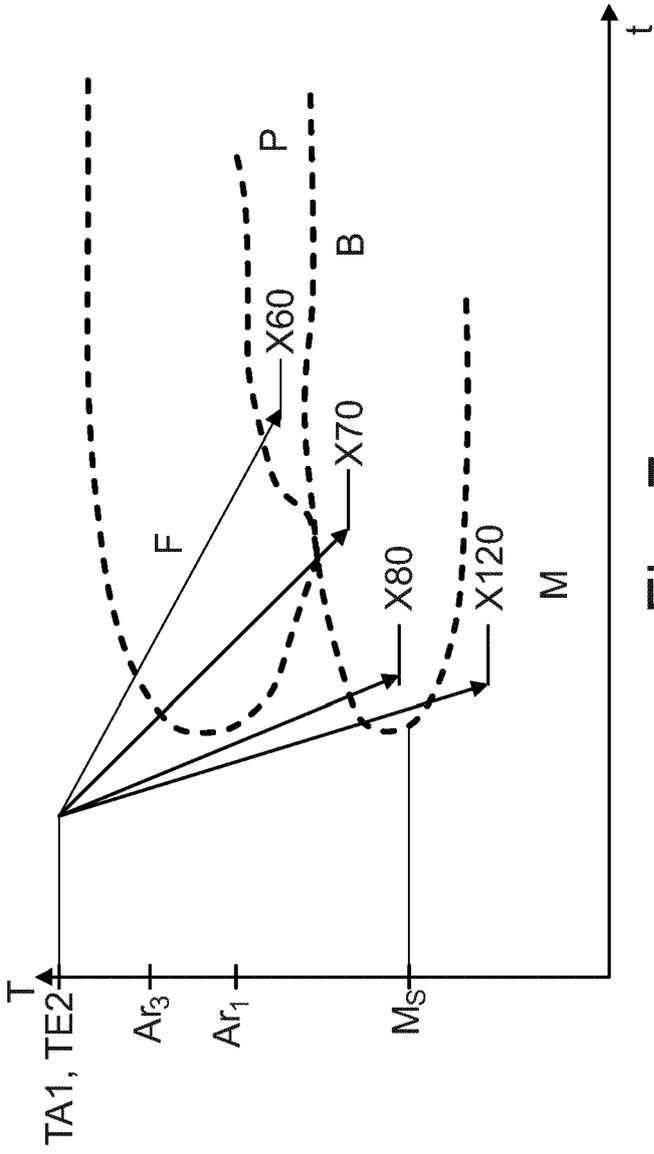


Fig. 7

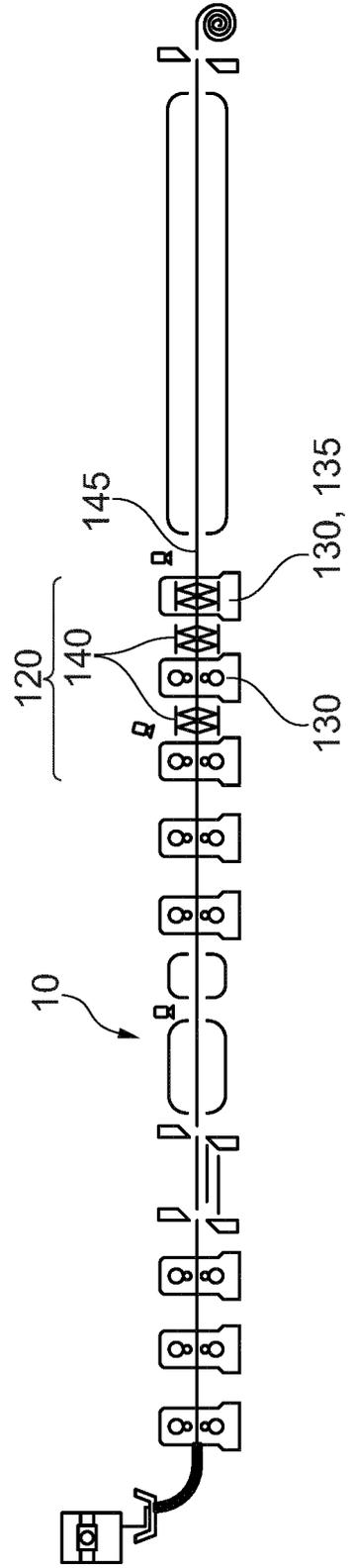


Fig. 8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 17 8473

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WANG XUE-GIANG; ZHAO JIN-HUA; YUAN GUO; WANG GUO-DONG: "Microstructural Evolution and Strengthening Mechanism of X65 Pipeline Steel Processed by Ultra-fast Cooling", JOURNAL OF NORTHEASTERN UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE), Bd. 40, Nr. 3, 1. März 2019 (2019-03-01), Seiten 334-338, XP009531477, ISSN: 1005-3026, DOI: 10.12068/j.issn.1005-3026.2019.03.006	12	INV. B21B1/46 B22D11/00 C22C38/12 C22C38/02 C22C38/04 C21D1/667 C21D8/02 C21D9/46 C21D9/573 C21D9/60
A	* Zusammenfassung, Abb. 4 *	1-11, 13-15	C21D1/42 C21D11/00 B21B45/00 B21B31/00 B21B37/00
X	EP 2 398 929 A1 (NUCOR CORP [US]) 28. Dezember 2011 (2011-12-28)	12	
A	* Tabelle 2, Anspruch 14 *	1-11, 13-15	
X	US 2016/151814 A1 (FISCHER HERIBERT [DE] ET AL) 2. Juni 2016 (2016-06-02)	12	
A	* Abb. 4, Anspruch 27 *	1-11, 13-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	EP 3 434 383 A1 (PRIMETALS TECHNOLOGIES AUSTRIA GMBH [AT]) 30. Januar 2019 (2019-01-30)	13-15	B21B B22D C22C C21D
A	* Abb. 1-14, Anspruch 1, 8, 12, 34, 35, 44 *	1-12	
	----- -/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. November 2021	Prüfer Abrasonis, Gintautas
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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

10

15

20

25

30

35

40

45

EPO FORM 1503 03 02 (P04CC03)

50

55



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 17 8473

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	VENTURINI ROBERTO ET AL: "Arvedi ESP Technology - The Hot Rolling of HS and AHS Thin Gauge Steel Strips", MATERIALS SCIENCE FORUM, Bd. 854, 17. Mai 2016 (2016-05-17), Seiten 42-47, XP055862821, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.854.42 Gefunden im Internet: URL:https://www.scientific.net/MSF.854.42.pdf> * das ganze Dokument *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A,D	AT 512 399 B1 (SIEMENS VAI METALS TECH GMBH [AT]) 15. August 2013 (2013-08-15) * das ganze Dokument *	1-15	
A	EP 1 038 978 A1 (THYSSENKRUPP STAHL AG [DE]) 27. September 2000 (2000-09-27) * das ganze Dokument *	1-15	
A	DE 101 31 369 A1 (SMS DEMAG AG [DE]) 9. Januar 2003 (2003-01-09) * das ganze Dokument *	1-15	
A	JP 2005 296973 A (SUMITOMO METAL IND) 27. Oktober 2005 (2005-10-27) * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 19. November 2021	Prüfer Abrasonis, Gintautas
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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03 02 (P04CC03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 17 8473

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-11-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2398929 A1	28-12-2011	AU 2010215078 A1	28-07-2011
		CL 2011002027 A1	20-04-2012
		CN 102405300 A	04-04-2012
		CN 104532120 A	22-04-2015
		EP 2398929 A1	28-12-2011
		KR 20110116186 A	25-10-2011
		KR 20170062550 A	07-06-2017
		RU 2011138408 A	27-03-2013
		US 2010186856 A1	29-07-2010
		WO 2010094077 A1	26-08-2010
US 2016151814 A1	02-06-2016	CA 2914540 A1	08-01-2015
		CN 105392574 A	09-03-2016
		DE 102013107010 A1	22-01-2015
		EP 3016754 A1	11-05-2016
		ES 2756453 T3	27-04-2020
		JP 6450379 B2	09-01-2019
		JP 2016530099 A	29-09-2016
		KR 20160030218 A	16-03-2016
		MX 364428 B	25-04-2019
		PL 3016754 T3	28-02-2020
US 2016151814 A1	02-06-2016		
WO 2015000895 A1	08-01-2015		
EP 3434383 A1	30-01-2019	CN 110891702 A	17-03-2020
		EP 3434383 A1	30-01-2019
		EP 3658305 A1	03-06-2020
		US 2020156130 A1	21-05-2020
		WO 2019020492 A1	31-01-2019
AT 512399 B1	15-08-2013	AT 512399 A4	15-08-2013
		CN 103667648 A	26-03-2014
		US 2014072824 A1	13-03-2014
EP 1038978 A1	27-09-2000	AT 266741 T	15-05-2004
		DE 19913498 C1	12-10-2000
		EP 1038978 A1	27-09-2000
		ES 2220272 T3	16-12-2004
DE 10131369 A1	09-01-2003	AT 302072 T	15-09-2005
		BR 0209701 A	27-07-2004
		CA 2452057 A1	09-01-2003
		CN 1537035 A	13-10-2004
		CZ 20033076 A3	12-05-2004
		DE 10131369 A1	09-01-2003
		EP 1399277 A1	24-03-2004

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

55

Seite 1 von 2

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 17 8473

5

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

19-11-2021

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
		ES 2247363 T3	01-03-2006
		JP 4234003 B2	04-03-2009
		JP 2004532130 A	21-10-2004
		KR 20040015256 A	18-02-2004
		MX PA03011355 A	08-07-2004
		RU 2287386 C2	20-11-2006
		TW I259111 B	01-08-2006
		UA 79935 C2	10-08-2007
		US 2004217184 A1	04-11-2004
		WO 03002277 A1	09-01-2003
		ZA 200308587 B	19-07-2004

JP 2005296973 A	27-10-2005	KEINE	

15

20

25

30

35

40

45

50

EPO FORM P0461

55

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2019020492 A1 **[0002]**
- WO 2020126473 A1 **[0003]**
- AT 512399 B1 **[0004]**