

(19)



(11)

EP 2 759 614 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
30.07.2014 Patentblatt 2014/31

(51) Int Cl.:
C22C 38/02 (2006.01) **C21D 7/13** (2006.01)
B22D 11/06 (2006.01) **C22C 45/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13152793.9**

(22) Anmeldetag: **25.01.2013**

(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

- **Höckling, Christian**
47058 Duisburg (DE)
- **Hofmann, Harald**
44357 Dortmund (DE)
- **Schirmer, Matthias**
40235 Düsseldorf (DE)
- **Daamen, Markus**
52062 Aachen (DE)

(71) Anmelder: **ThyssenKrupp Steel Europe AG**
47166 Duisburg (DE)

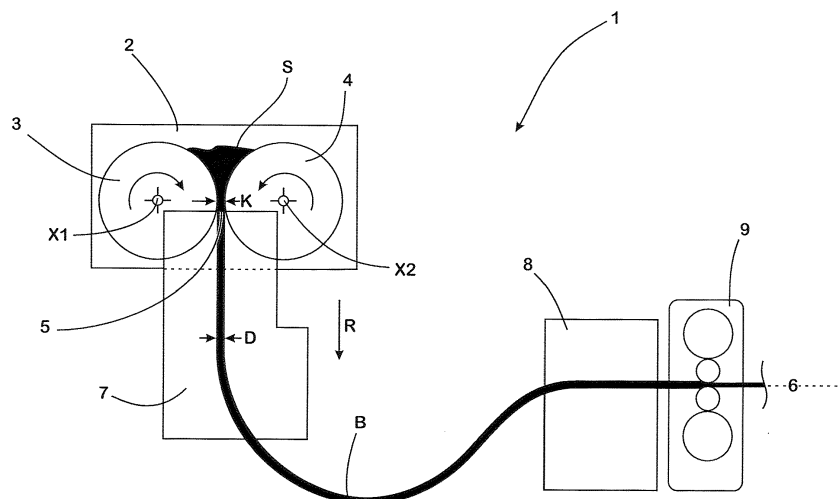
(72) Erfinder:
• **Dorner, Dorothee**
40629 Düsseldorf (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz & Florack**
Patent- und Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft
Bleichstraße 14
40211 Düsseldorf (DE)

(54) **Verfahren zum Erzeugen eines Stahlflachprodukts mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge und derart beschaffenes Stahlflachprodukt**

(57) Die Erfindung stellt Verfahren zum Erzeugen eines Stahlbands mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge mit Korngrößen im Bereich von 10 - 10000 nm sowie ein entsprechend beschaffenes Stahlflachprodukt zur Verfügung. Gemäß der Erfindung wird dazu eine Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung (2) zu einem gegossenen Band (B) vergossen und beschleunigt abgekühlt. Die Schmelze enthält neben Fe und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente, die der Gruppe "Si, B, C, P" angehören. Gemäß einer ersten Ver-

fahrensvariante gilt für die Gehalte an diesen Elementen (in Gew.-%) Si: 1,2 - 7,0 %, B: 0,4 - 4,0 %, C: 0,5 - 4,0 %, P: 1,5 - 8,0 %. Gemäß einer zweiten Verfahrensvariante wird die Si, B, C und P enthaltende Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung (2), deren Gießbereich (5) an mindestens einer seiner Längsseiten durch eine sich während des Gießbetriebs in Gießrichtung (G) bewegend und gekühlte Wand gebildet ist, zu einem gegossenen Band (B) vergossen, wobei die Stahlschmelze (S) durch Kontakt mit der sich bewegend gekühlten Wand mit einer Abkühlrate von mindestens 200 K/s abgekühlt wird.

**EP 2 759 614 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft Verfahren zum Erzeugen eines Stahlflachprodukts mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge, wobei das feinkristalline Gefüge Korngrößen im Bereich von 10 - 10000 nm aufweist, sowie ein Stahlflachprodukt mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge dieser Art.

[0002] Gemäß einer ersten Verfahrensvariante wird dabei eine Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung zu einem gegossenen Band vergossen und beschleunigt abgekühlt.

[0003] Gemäß einer anderen Verfahrensvariante wird zum Erzeugen eines Stahlflachprodukts mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge, eine neben Eisen und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente aus der Gruppe "Si, B, C und P" enthaltende Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung, deren Gießbereich an mindestens einer seiner Längsseiten durch eine sich während des Gießbetriebs in Gießrichtung bewegend und gekühlte Wand gebildet ist, zu einem gegossenen Band vergossen. Als "Gießbereich" wird dabei der Bereich der Gießeinrichtung bezeichnet, in dem das gegossene Band geformt wird.

[0004] Aus der WO 2008/049069 A2 ist es bekannt, dass sich Stahlflachprodukte der voranstehend genannten Art durch Bandgussverfahren erzeugen lassen. Beim Bandgießen wird die Stahlschmelze mit einer Gießeinrichtung vergossen, bei der der Gießbereich bzw. Erstarrungsbereich, in dem das gegossene Band geformt wird, an mindestens einer seiner Längsseiten durch eine während des Gießvorgangs kontinuierlich fortbewegte Wand begrenzt ist.

[0005] Ein Beispiel für ein solches endabmessungsnahes, kontinuierliches Gießverfahren bzw. eine Gießeinrichtung zur Erzeugung eines Stahlflachprodukts ist die so genannte "Zwei-Rollen-Gießeinrichtung", in der Fachsprache auch als "Twin-Roller-Gießmaschine" bezeichnet. Bei einer Zwei-Rollen-Gießvorrichtung rotieren im Gießbetrieb zwei achsparallel zueinander ausgerichtete Gießwalzen bzw. Gießrollen gegenläufig und begrenzen im Bereich ihres engsten Abstands einen den Gießbereich definierenden Gießspalt. Die Gießrollen sind dabei stark gekühlt, so dass die auf sie treffende Schmelze zu jeweils einer Schale erstarrt. Die Drehrichtung der Gießrollen ist dabei so gewählt, dass die Schmelze und mit ihr die aus ihr auf den Gießrollen gebildeten Schalen in den Gießspalt transportiert werden. Die in den Gießspalt gelangenden Schalen werden unter Wirkung einer ausreichenden Bandformungskraft zu dem gegossenen Band zusammengedrückt.

[0006] Eine andere Gießeinrichtung zum Bandgießen basiert auf dem Prinzip der "Belt-Casting"- Technologie. Bei einer für das Belt-Casting-Verfahren bestimmten Gießeinrichtung wird flüssiger Stahl über ein Zuführsystem auf ein umlaufendes Gießband gegossen. Die Laufrichtung des Bands ist dabei so gewählt, dass die Schmelze vom Zuführsystem weggefordert wird. Oberhalb des unteren ersten Gießbands kann ein zweites Gießband angeordnet sein, das gegenläufig zum ersten Gießband umläuft.

[0007] Unabhängig davon, ob ein oder zwei Gießbänder vorgesehen sind, begrenzt auch bei den voranstehend genannten Verfahren mindestens ein Gießband die Kokille, durch die das gegossene Band gebildet wird. Das jeweilige Gießband wird dabei intensiv gekühlt, so dass die mit dem betreffenden Gießband in Kontakt kommende Schmelze am vom Zuführsystem abgewandten Umkehrpunkt des Gießbands zu einem Band verfestigt ist, das von dem Gießband abgenommen werden kann.

[0008] Das aus der jeweiligen Gießeinrichtung austretende gegossene Band wird abgezogen, abgekühlt und der Weiterverarbeitung zugeleitet. Diese Weiterverarbeitung kann eine Wärmebehandlung und ein Warmwalzen umfassen. Der besondere Vorteil des Bandgießens besteht hier darin, dass die auf das Bandgießen folgenden Arbeitsschritte in einer kontinuierlichen, unterbrechungsfreien Abfolge absolviert werden können.

[0009] In der oben bereits erwähnten WO 2008/049069 A2 ist erwähnt, dass Stähle, die zur Herstellung von Stahlbändern mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge geeignet sind, Legierungen auf Basis von Eisen und einem oder mehreren Elementen aus der Gruppe "B, C, Si, P, Ga" sein können, wobei neben diesen Elementen zusätzlich Gehalte an Cr, Mo, W, Ta, V, Nb, Mn, Cu, Al, Co und Seltene Erden vorhanden sein können. Aus derart zusammengesetzten Legierungen sollen sich durch Bandgießen gegossene Bänder erzeugen lassen, die ein feinkörniges, nanokristallines oder nahezu nanokristallines Gefüge aufweisen, bei dem mehr als 90 % der Körner 5 Å - 1 µm groß sind, wobei der Schmelzpunkt des Stahls, aus dem die gegossenen Bänder bestehen, im Bereich von 800 - 1500 °C liegt, die kritische Abkühlgeschwindigkeit des Stahls weniger als 10⁵ K/s beträgt und die gegossenen Bänder α-Fe- und / oder γ-Fe-Phasen enthalten.

[0010] Die in der WO 2008/049069 A2 wiedergegebenen Überlegungen beschränken sich auf eine Erörterung der für die Erzeugung von gegossenem Band mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge zweckmäßigen Arbeitsschritte.

[0011] Vor dem Hintergrund des voranstehend erläuterten Standes der Technik bestand daher die Aufgabe der Erfindung darin, praxisgerechte Verfahren zur Herstellung von Stahlflachprodukten anzugeben, die ein amorphes, teilamorphes oder feinkörniges Gefüge besitzen.

[0012] Darüber hinaus sollte ein Stahlflachprodukt angegeben werden, das sich auf praxisgerechte Weise kostengünstig herstellen lässt. Als Stahlflachprodukt wird dabei ein gegossenes oder gewalztes Stahlband oder -blech sowie daraus gewonnene Platinen, Zuschnitte oder desgleichen verstanden.

[0013] Ein gemäß der Erfindung erstes diese Aufgabe lösendes Verfahren ist in Anspruch 1 angegeben.

[0014] Ein gemäß der Erfindung die voranstehend genannte Aufgabe ebenfalls lösendes zweites Verfahren ist in Anspruch 3 angegeben.

[0015] In Bezug auf das Stahlflachprodukt besteht die erfindungsgemäße Lösung der voranstehend angegebenen Aufgabe darin, dass ein solches Stahlflachprodukt die in Anspruch 13 genannten Merkmale besitzt.

[0016] Den verschiedenen hier genannten Verkörperungen der Erfindung liegt der gemeinsame Gedanke zu Grunde, dass sich durch endabmessungsnahe Gießverfahren Stahlflachprodukte erzeugen lassen, die aus amorph, teilamorph oder nanokristallin bzw. feinkristallin erstarrenden Stählen bestehen. Dabei sind die erfindungsgemäß jeweils verarbeiteten Stähle so zusammengesetzt, dass sich der gewünschte Gefügezustand sicher einstellt. Wenn hier im Zusammenhang mit Stahllegierungen "%" -Angaben gemacht werden, sind diese immer als "Gew.-%" zu verstehen, sofern nichts anderes ausdrücklich angegeben ist.

[0017] Gleichzeitig nennt die Erfindung Betriebsbedingungen, mit denen sich mit für die Praxis hinreichender Reproduzierbarkeit aus einem Stahl, der neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente aus der Gruppe "Si, B, Cu, P" enthält, gegossene Bänder mit amorpher, teilamorpher oder feinkristalliner Struktur erzeugen lassen.

[0018] Das erfindungsgemäße erste Verfahren zum Erzeugen eines Stahlbands mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge sieht vor, dass die Stahlschmelze neben Eisen und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente aus der Gruppe "Si, B, C, P" enthält. Dabei liegen gemäß der ersten Erfindungsvariante die Gehalte der jeweils mindestens vorhandenen beiden Elemente aus der Gruppe "Si, B, C, P" jeweils in folgenden Bereichen (in Gew.-%):

Si: 1, 2 - 7, 0 %,
 B: 0, 4 - 4, 0 %,
 C: 0, 5 - 4, 0 %,
 P: 1, 5 - 8, 0 %

[0019] Grundsätzlich werden erfindungsgemäß solche Legierungen bevorzugt, bei denen neben den jeweils herstellungsbedingt unvermeidbaren, jedoch hinsichtlich der Eigenschaften der erfindungsgemäß erzeugten Stahlflachprodukte unwirksamen Bestandteilen neben Eisen nur zwei weitere Elemente der Gruppe "Si, B, C, P" in den erfindungsgemäß vorgegebenen Gehalten vorhanden sind. Bei solchen Legierungen sind dann im Stahl neben Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen jeweils nur die Legierungselementepaare Si und B, Si und C, Si und P, B und C, B und P oder C und P anwesend. Derart zusammengesetzte Stahllegierungen sind insbesondere für eine amorphe oder teilamorphe Erstarrung geeignet. Erforderlichenfalls können dabei innerhalb der erfindungsgemäßen Vorgaben die genannten Legierungspaare um jeweils ein oder zwei andere Legierungselemente der Gruppe "Si, B, C, P" ergänzt werden. Dabei ist es genauso möglich, dass die Legierungselemente der Gruppe "Si, B, C, P", die jeweils nicht innerhalb der erfindungsgemäßen Vorgaben liegen, zwar in messbaren Gehalten vorhanden sind, bei denen sie zwar eine Wirkung haben mögen, bei denen sie jedoch allenfalls untergeordnet zur Ausbildung des erfindungsgemäß angestrebten Gefüges beitragen. D.h., erfindungsgemäß müssen in einem für die Erzeugung von erfindungsgemäßigem Stahlflachprodukt jeweils zwei Elemente aus der Gruppe "Si, B, C, P" in den erfindungsgemäß vorgegebenen Gehalten vorhanden sein, was nicht ausschließt, dass die jeweils anderen Elemente der Gruppe "Si, B, C, P" in Gehalten vorhanden sind, die außerhalb der erfindungsgemäßen Vorgaben liegen. Eine Anwesenheit eines jeweils außerhalb der erfindungsgemäßen Vorgaben enthaltenen Legierungselements der Gruppe "Si, B, C, P" ist insbesondere dann möglich, wenn sein Gehalt unterhalb der erfindungsgemäß für den Gehalt an dem betreffenden Element vorgeschriebenen Untergrenze liegt.

[0020] Die breiteste Zusammensetzung eines erfindungsgemäßen Stahls umfasst als Pflichtbestandteile somit wenigstens zwei der Elemente Bor, Silizium, Kohlenstoff und Phosphor sowie als Rest Eisen und unvermeidliche Verunreinigungen. Diese Elemente erweisen sich als besonders vorteilhaft, weil sie zu relativ geringen Kosten beschafft werden können. Mit den in den Ansprüchen genannten Gehalten an diesen Elementen ermöglicht das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren eine reproduzierbare Herstellung eines Stahlprodukts mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge. Ein erfindungsgemäß erzeugtes Stahlflachprodukt weist ein feinkristallines Gefüge mit Korngrößen im Bereich von 10 - 10000 nm auf, wobei sich in der Praxis regelmäßig Stahlflachprodukte erzeugen lassen, deren Korngrößen auf maximale 1000 nm beschränkt sind.

[0021] C in Gehalten von bis zu 4,0 Gew.-% fördert in erfindungsgemäß erzeugten Stahlflachprodukten die Amorphisierung des Werkstoffs. Um diesen Effekt sicher zu erreichen, kann der C-Gehalt auf mindestens 1,0 Gew.-%, insbesondere 1,5 Gew.-%, gesetzt werden.

[0022] Für die Praxis zweckmäßige Einstellungen der Gehalte an Si, B, C und P ergeben sich dann, wenn für den Si-Gehalt $\%Si$ gilt $2,0 \text{ Gew.-%} \leq \%Si \leq 6,0 \text{ Gew.-%}$, insbesondere $3,0 \text{ Gew.-%} \leq \%Si \leq 5,5 \text{ Gew.-%}$, wenn für den B-Gehalt $\%B$ gilt $1,0 \text{ Gew.-%} \leq \%B \leq 3,0 \text{ Gew.-%}$, insbesondere $1,5 \text{ Gew.-%} \leq \%B \leq 3,0 \text{ Gew.-%}$, wenn für den C-Gehalt $\%C$ gilt $1,5 \text{ Gew.-%} \leq \%C \leq 3,0 \text{ Gew.-%}$ oder wenn für den P-Gehalt $\%P$ gilt $2,0 \text{ Gew.-%} \leq \%P \leq 6,0 \text{ Gew.-%}$. Dabei kann es

günstig sein, jeweils eines oder mehrere der Elemente Si, B, C und P in den angegebenen enger eingegrenzten Gehalten zuzugeben, während die anderen Elemente der Gruppe "Si, B, C, P" innerhalb der erfindungsgemäß erlaubten maximalen Vorgaben zugegeben werden. Genauso kann es zweckmäßig sein, jedes der jeweils in erfindungsgemäßen Gehalten vorhandenen Elemente in den hier angegebenen engeren Grenzen zuzugeben.

[0023] Auch wenn es erfindungsgemäß als vorteilhaft angesehen wird, die Gruppe der Legierungselemente eines erfindungsgemäßen Stahls neben Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen auf Si, B, C und P zu beschränken, kann es unter bestimmten Umständen für die Einstellung bestimmter Eigenschaften der erhaltenen Stahlflachprodukte zweckmäßig sein, dem Stahl optional eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe "Cu, Cr, Al, N, Nb, Mn, Ti, V" zuzugeben. Die hierzu erfindungsgemäß jeweils in Frage kommenden Gehaltsbereiche lauten (in Gew.-%):

Cu: bis zu 5,0 %, insbesondere bis zu 2,0 %,
 Cr: bis zu 10,0 %, insbesondere bis zu 5,0 %,
 Al: bis zu 10,0 %, insbesondere bis zu 5,0 %,
 N: bis zu 0,5 %, insbesondere bis zu 0,2 %,
 Nb: bis zu 2,0 %,
 Mn: bis zu 3,0 %,
 Ti: bis zu 2,0 %,
 V: bis zu 2,0 %.

[0024] Durch die Zugabe von Cu kann die Duktilität des Werkstoffs erhöht werden, wohingegen die Wirkung von Cr hauptsächlich in einer Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit liegt. Auch die Zugabe von Al steigert die Korrosionsbeständigkeit, wirkt aber auch unterstützend auf die Bildung eines amorphen Gefüges. N kann als möglicher Substituent für C angesehen werden. So unterstützt die Anwesenheit von N genauso wie höhere C-Gehalte die verstärkte Bildung eines amorphen Gefüges.

[0025] Um die positiven Einflüsse der optional zugegebenen Legierungselemente Cu, Cr, Al und N nutzen zu können, kann die Stahlschmelze jeweils optional (in Gew.-%) mindestens 0,1 % Cu, mindestens 0,5 % Cr, mindestens 1,0 % Al und mindestens 0,005 % N enthalten.

[0026] Die erfindungsgemäße Stahllegierung kann mit in der Stahlindustrie gängigen und vergleichsweise kostengünstigen Legierungselementen als Pflichtbestandteile hergestellt werden.

[0027] Aufgrund der hohen Gehalte an "leichten" Elementen sind aufgrund reduzierter Dichte sowie der hohen Festigkeit erhebliche Leichtbauvorteile gegenüber konventionellen Stählen denkbar.

[0028] Entsprechend den voranstehenden Erläuterungen beruht ein die oben genannte Aufgabe ebenfalls lösendes zweites Verfahren zum Erzeugen eines Stahlbands mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge auf einer Stahlschmelze, in der neben Fe und unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei der Elemente Si, B, C oder P enthalten sind, wobei eine derart zusammengesetzte Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung zu einem gegossenen Band vergossen wird, deren Gießbereich, in dem das gegossene Band geformt wird an mindestens einer seiner Längsseiten durch eine sich während des Gießbetriebs bewegende und gekühlte Wand gebildet ist. Die den Gießbereich begrenzende, sich im Gießbetrieb bewegende Wand kann insbesondere durch zwei gegenläufig rotierende Gießrollen oder ein sich während des Gießbetriebs in Gießrichtung bewegendes Band gebildet sein.

[0029] Erfindungsgemäß wird nun die Stahlschmelze über den Kontakt mit der sich bewegenden Wand mit mindestens 200 K/s abgekühlt.

[0030] Dabei gelten die oben bereits gegebenen Erläuterungen zur Zusammensetzung des erfindungsgemäßen Stahls für beide hier vorgestellten erfindungsgemäßen Verfahren genauso wie für ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt.

[0031] Die Ausbildung des angestrebten Gefüges des Stahlflachprodukts kann dadurch gesichert werden, dass das schnelle Abkühlen in der Praxis bis unterhalb der Glasübergangstemperatur T_G des jeweiligen Stahls durchgeführt werden. Auf diese Weise wird zunächst ein amorphes oder teilamorphes Gefüge gebildet. Auf der Grundlage dieses Gefüges kann dann mittels einer nachfolgenden Wärmebehandlung oberhalb der Kristallisationstemperatur T_x durch die sich dadurch einstellende Kristallkeimbildung und Auskristallisation ein feinkristallines Gefüge erzeugt werden. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass die Feinkörnigkeit sehr präzise einstellbar ist, wobei sich aufgrund der Vielzahl sich bildender Kristallisationskeime eine sehr homogene Korngrößenverteilung mit sehr geringer Schwankungsbreite einstellt.

[0032] Um sicherzustellen, dass das gegossene Band auch nach dem Austritt aus dem jeweiligen Gießbereich in einer für die Ausbildung eines amorphen oder teilamorphen Gefüges ausreichenden Geschwindigkeit bis zur hierfür kritischen Glasbildungstemperatur des jeweils verarbeiteten Stahls abgekühlt wird, kann die im Gießbereich einsetzende schnelle Abkühlung des gegossenen Bands nach Austritt aus dem Gießbereich fortgesetzt werden. Die fortgesetzte Abkühlung setzt dabei vorteilhafter Weise im unmittelbaren Anschluss an den Austritt aus dem Gießbereich ein, so dass eine weitestgehend kontinuierliche beschleunigte Temperaturabnahme im gegossenen Band gewährleistet ist, bis der jeweils angestrebte Gefügezustand erreicht ist.

[0033] Hierzu kann eine zusätzliche Kühleinrichtung vorgesehen sein, die unmittelbar an den Gießbereich der zum Gießen des gegossenen Bands eingesetzten Gießeinrichtung angeschlossen ist. Mit einer solchen Kühleinrichtung kann die Stahlschmelze mit der erfindungsgemäß vorgegebenen Abkühlrate sicher bis unter die Glasübergangstemperatur T_G abgekühlt werden, um ein amorphes oder teilamorphes Gefüge im gegossenen Stahlflachprodukt zu erzeugen.

Dabei gewährleistet die zusätzliche Kühleinrichtung sicher, dass in Fällen, in denen es im Gießbereich der Gießeinrichtung selber durch den Kontakt mit der sich bewegenden und gekühlten Wand des Gießbereichs nur zu einer unzureichenden Wärmeabfuhr gekommen ist, die Abkühlung des Bands im Anschluss an den Gießbereich so schnell fortgesetzt wird, dass der erfindungsgemäß zu erzeugende Gefügezustand sicher erreicht wird.

[0034] Ein weiterer Vorteil der zusätzlichen, im Anschluss an die Gießeinrichtung erfolgenden Kühlung besteht darin, dass sich mit einer solchen Kühlung eine speziell angepasste Abkühlkurve kontrolliert variieren lässt. Dies kann zweckmäßig sein, wenn gezielt gegossene Bänder mit einem teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge als Ergebnis des Gieß- und Abkühlprozesses erhalten werden sollen. So kann die Abkühlung so vorgenommen werden, dass die Glasübergangstemperatur T_G zwar beschleunigt, jedoch nicht in einer für die Ausprägung eines vollständig amorphen Gefüges ausreichenden Geschwindigkeit abgekühlt wird.

[0035] Alternativ kann das gegossene Band zwar entsprechend den erfindungsgemäßen Vorgaben beschleunigt abgekühlt werden, diese Abkühlung jedoch vor Erreichen der Glasübergangstemperatur T_G des jeweils verarbeiteten Stahls abgebrochen werden. Dieser Weg stellt eine erste Möglichkeit dar, ein vorbestimmtes, feinkristallines Gefüge im erhaltenen Stahlflachprodukt zu erzeugen. Das feinkristalline Gefüge wird hier unmittelbar aus der Schmelze gebildet, indem eine über die zusätzliche Kühlung gesteuerte Kristallisation zugelassen wird.

[0036] Ein anderer Weg, ein erfindungsgemäßes Stahlflachprodukt mit feinkristallinem Gefüge zu erzeugen, besteht darin, zunächst ein Band mit amorphem oder teilamorphem Gefüge herzustellen, das erst danach durch einen Glühprozess und eine dadurch bewirkte Auskristallisation in einen feinkristallinen Zustand überführt wird. Die Besonderheit dieser Vorgehensweise liegt darin, dass die Kristallisation an einer Vielzahl von Kristallkeimen erfolgt und daher die sich bildenden Kristallkörner sehr gleichmäßig im Werkstoff verteilt sind.

[0037] Die für die Ausprägung des feinkristallinen Gefüges wichtige Kristallisationstemperatur T_x liegt im Durchschnitt etwa 30 - 50 K oberhalb der Glasübergangstemperatur T_G des jeweils verarbeiteten Stahls. Für die Herstellung eines erfindungsgemäßen Stahlflachprodukts mit amorphem oder teilamorphem Gefüge ist es daher erforderlich, beim Abkühlen der Schmelze die Temperatur T_G möglichst schnell mit einer Abkühlgeschwindigkeit $v > v_{krit}$ zu unterschreiten, wobei v_{krit} erfindungsgemäß 200 K/s ist. Auf diese Weise wird der amorphe Zustand des Stahls "eingefroren", wohingegen beim Aufheizen auf eine oberhalb der Temperatur T_x liegende Wärmebehandlungstemperatur die Kristallisation des Stahls einsetzt.

[0038] Die erfindungsgemäß erforderlichenfalls vorgesehene zusätzliche Kühlvorrichtung kann so ausgebildet sein, dass ein Kühlmedium direkt auf das gegossene Band gegeben wird. Bei diesem Kühlmedium kann es sich um Wasser, flüssigen Stickstoff oder eine andere entsprechend wirksame Kühlflüssigkeit handeln. Alternativ oder ergänzend können auch Kühlgase, wie gasförmiger Stickstoff, Wasserstoff, ein Gasgemisch oder Wasserdampf, aufgebracht werden. Hierzu geeignete Kühlvorrichtungen sind aus dem Stand der Technik bekannt (KR2008/0057755A).

[0039] Die zur Erreichung eines amorphen Gefüges kritische Abkühlgeschwindigkeit hängt unter anderem von der jeweils eingestellten Zusammensetzung der Stahlschmelze ab. So kann es zweckmäßig sein, die Abkühlgeschwindigkeiten von mehr als 250 K/s, mehr als 450 K/s oder sogar mehr als 800 K/s vorzusehen.

[0040] Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens lässt sich somit gezielt ein in der erfindungsgemäßen Weise legiertes Band mit amorphem oder teilamorphem Gefüge erzeugen.

[0041] Ein besonderer Aspekt von feinkristallinen Stählen der erfindungsgemäß erzeugten Art ist ihre Fähigkeit zur strukturellen Superplastizität. Demzufolge können auf Basis von erfindungsgemäßen Stahlflachprodukten komplexeste Bauteilgeometrien durch Korngrenzgleitvorgänge bei angehobenen Temperaturen (thermische Aktivierung) dargestellt werden.

[0042] Wie oben bereits erwähnt, sieht eine besonders prozesssichere Möglichkeit der Erzeugung eines Stahlflachprodukts mit feinkristallinem Gefüge vor, dass das aus dem Gießspalt der Gießeinrichtung austretende und optional im Anschluss daran zusätzlich abgekühlte gegossene Band ein amorphes oder teilamorphes Gefüge aufweist und dass das gegossene und derart beschaffene Band anschließend bei einer mindestens der Kristallisationstemperatur T_x des jeweiligen Stahls entsprechenden Glühtemperatur $T_{Glüh}$ gegläht wird, bis der gewünschte Gefügezustand erreicht ist.

Bei innerhalb der erfindungsgemäßen Vorgaben liegenden Stahlzusammensetzungen betragen die hierzu geeigneten Glühtemperaturen $T_{Glüh}$ 500 - 1000 °C. Um ein rein feinkristallines Gefüge zu erreichen, sind dabei, abhängig von der jeweils konkret gewählten Zusammensetzung typischerweise Glühzeiten von 2 s - 2 h ausreichend.

[0043] Die Bandgeschwindigkeiten, mit denen das gegossene Band aus dem Gießspalt austritt, liegen in der Praxis typischerweise im Bereich von 0,3 - 1,7 m/s.

[0044] Die Banddicken, mit denen das erfindungsgemäß gegossene und abgekühlte Band den Gießspalt verlässt, liegen typischerweise im Bereich von 0,8 - 4,5 mm, insbesondere 0,8 - 3,0 mm.

[0045] Nach dem Gießen des Bandes und dem optional zusätzlich im Anschluss daran durchgeführten Kühlen kann

das gegossene Band einem Warmwalzen unterzogen werden, bei dem die Warmwalzanfangstemperatur 500 - 1000 °C betragen sollte. Durch die inline auf den Gieß- und Abkühlvorgang folgenden Warmwalzschritte kann einerseits die gewünschte Enddicke des Bands und andererseits die Oberflächenbeschaffenheit eingestellt sowie die Mikrostruktur optimiert werden, indem beispielsweise im gegossenen Zustand noch vorhandene Kavitäten geschlossen werden. Um

einen amorphen oder teilamorphen Zustand des gegossenen Bands beizubehalten, kann das Warmwalzen zudem bei einer im Bereich zwischen der Glasübergangstemperatur T_G und der Kristallisationstemperatur T_x liegenden Warmwalzanfangstemperatur zu dem Warmband warmgewalzt werden.

[0046] Als Gießeinrichtung für die Durchführung der erfindungsgemäßen Verfahren eignet sich beispielsweise eine

Zwei-Rollen-Gießeinrichtung, deren gegeneinander um achsparallel zueinander ausgerichtete Achsen rotierende Rollen

jeweils eine sich im Gießbetrieb in Gießrichtung kontinuierlich fortbewegende gekühlte Längswand des Gießbereichs

bilden, in dem das Band geformt wird.

[0047] Die erfindungsgemäßen Verfahren erfordern nur geringe Veränderungen an bestehenden Verfahren bzw. Einrichtungen zur kontinuierlichen Herstellung von endabmessungsnahen Flachstahlprodukten.

[0048] Nachfolgend wird die Erfindung anhand einer ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt schematisch eine Vorrichtung zum Erzeugen von gegossenem Band in seitlicher Ansicht.

[0049] Die Anlage 1 zum Erzeugen eines gegossenen Bands B umfasst eine Gießeinrichtung 2, die als konventionelle Zwei-Rollen-Gießeinrichtung aufgebaut ist und dementsprechend zwei gegeneinander um achsparallel zueinander und auf gleicher Höhe ausgerichtete Achsen $X1, X2$ rotierende Rollen 3,4 umfasst. Die Rollen 3,4 sind mit einem die Dicke D des zu produzierenden gegossenen Bands B festlegenden Abstand angeordnet und begrenzen so an dessen Längsseiten einen als Gießspalt ausgebildeten Gießbereich 5, in dem das gegossene Band B geformt wird. An seinen Schmalseiten ist der Gießbereich 5 in ebenso bekannter Weise durch hier nicht sichtbare Seitenplatten abgedichtet, die gegen die Stirnseiten der Rollen 3,4 gedrückt werden.

[0050] Während des Gießbetriebs rotieren die intensiv gekühlten Rollen 3,4 und bilden auf diese Weise Längswände einer durch die Rollen 3,4 und die Seitenplatten gebildeten Gießkokille, die sich im Gießbetrieb kontinuierlich fortbewegen. Die Drehrichtung der Rollen 3,4 ist dabei in Schwerkraftrichtung R in den Gießbereich 5 hinein gerichtet, so dass in Folge der Rotation Schmelze S aus einem im Raum oberhalb des Gießbereichs 5 zwischen den Rollen 3,4 anstehenden Schmelzenpool in den Gießbereich 5 gefördert wird. Dabei erstarrt die Schmelze S, wenn sie die Umfangsfläche der Rollen 3,4 berührt, aufgrund der dort stattfindenden intensiven Wärmeabfuhr zu jeweils einer Schale. Die auf den Rollen 3,4 haftenden Schalen werden durch die Rotation der Rollen 3,4 in den Gießbereich 5 gefördert und dort unter Wirkung einer Bandformungskraft K zu dem gegossenen Band B zusammengepresst. Die im Gießbereich 5 wirksame Kühlleistung und die Bandformungskraft K sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass das kontinuierlich aus dem Gießbereich 5 austretende gegossene Band B weitestgehend vollständig erstarrt ist.

[0051] Um Kristallisationseffekte zu unterdrücken, läuft das gegossene Band B im Anschluss an den Gießbereich 5 in eine Kühleinrichtung 7 ein, die das gegossene Band B mit einem Kühlmedium beaufschlagt, so dass es weiter abkühlt. Die Abkühlung durch die Kühleinrichtung 7 setzt dabei im unmittelbaren Anschluss an den Gießbereich 5 ein und erfolgt dabei derart stark, dass die Temperatur T des gegossenen Bands B stetig abnimmt, bis sie unterhalb der Glasübergangstemperatur T_G der jeweils vergossenen Schmelze S liegt. Jegliche Kristallisation des Gefüges des gegossenen Bands B wird so unterdrückt, so dass es sich bei Erreichen der Förderstrecke 6 nach wie vor in einem amorphen Zustand befindet.

[0052] Das aus dem Gießbereich 5 austretende Band B wird zunächst in Schwerkraftrichtung R vertikal abgefördert und anschließend in bekannter Weise in einem kontinuierlich gekrümmten Bogen in eine horizontal ausgerichtete Förderstrecke 6 umgelenkt.

[0053] Auf der Förderstrecke 6 kann das gegossene Band B anschließend eine Erwärmungseinrichtung 8 durchlaufen, in der das Band B bei einer oberhalb der Kristallisationstemperatur T_x der jeweils vergossenen Stahlschmelze S liegenden Glühtemperatur $T_{Glüh}$ über eine Glühzeit $t_{Glüh}$ durcherwärmt wird. Ziel dieser Wärmebehandlung ist die kontrollierte Bildung eines feinkristallinen Gefüges mit im Bereich von 10 - 10000 nm liegenden Korngrößen im gegossenen Band B. Das derart wärmebehandelte gegossene Band B wird anschließend in einem Warmwalzgerüst 9 zu Warmband WB warmgewalzt.

[0054] In der Anlage 1 ist aus drei Stahlschmelzen S mit den in Tabelle 1 angegebenen Zusammensetzungen Z1, Z2, Z3 jeweils ein gegossenes Band B erzeugt worden. Für jede Zusammensetzung Z1, Z2, Z3 ist die Dicke D der aus der jeweiligen Stahlschmelze S gegossenen Bänder B, die jeweils bei der Abkühlung der Schmelze S im Gießbereich 5 erzielte Abkühlrate AR, die jeweils bei der Abkühlung des aus dem Gießbereich 5 austretenden gegossenen Bands B in der zusätzlichen Kühleinrichtung 7 erzielte Abkühlrate ARZ sowie die Zieltemperatur T_Z der zusätzlichen Abkühlung angegeben. Des Weiteren sind in Tabelle 2 der Gefügestand und die ggf. vorhandenen Gefügebestandteile des erhaltenen Bands aufgeführt.

[0055] An zwei Proben des in der voranstehend erläuterten Weise aus der Stahlschmelze S mit der Zusammensetzung Z1 erzeugten gegossenen Bands B sind unterschiedliche Wärmebehandlungen in der Erwärmungseinrichtung 8 durchgeführt worden. Die dabei jeweils eingestellte Glühtemperatur $T_{Glüh}$ und die Glühzeit $t_{Glüh}$ der Wärmebehandlung sind

in Tabelle 3 gegenübergestellt.

[0056] Es zeigte sich, dass das gegossene Band B vor der Wärmebehandlung bereits ein feinkristallines Gefüge aus α -Fe, Fe₂B, Fe₃B und Fe₃Si bei einer Härte HV0,5 von 840 - 900 aufwies. Auch nach der Wärmebehandlung bestand das Gefüge aus α -Fe, Fe₂B, Fe₃B und Fe₃Si, jedoch betrug nun die Härte HV0,5 760 - 810.

[0057] Es versteht sich, dass die beschriebene Wärmebehandlung mittels der Erwärmungseinrichtung 8 sowie das Warmwalzen mit dem Warmwalzgerüst 9 nur optionale Verfahrensschritte sind.

[0058] Die Erfindung stellt somit Verfahren zum Erzeugen eines Stahlbands B mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge mit Korngrößen im Bereich von 10 - 10000 nm sowie ein entsprechend beschaffenes Stahlflachprodukt zur Verfügung. Gemäß der Erfindung wird dazu eine Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung (2) zu einem gegossenen Band (B) vergossen und beschleunigt abgekühlt. Die Schmelze enthält neben Fe und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente, die der Gruppe "Si, B,C,P" angehören. Gemäß einer ersten Verfahrensvariante gilt für die Gehalte an diesen Elementen (in Gew.-%) Si: 1, 2 - 7,0 %, B: 0,4 - 4,0 %, C: 0, 5 - 4,0 %, P: 1,5 - 8,0 %. Gemäß einer zweiten Verfahrensvariante wird die Si, B, C und P enthaltende Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung (2), deren Gießbereich (5) an mindestens einer seiner Längsseiten durch eine sich während des Gießbetriebs in Gießrichtung (G) bewegend und gekühlte Wand gebildet ist, zu einem gegossenen Band (B) vergossen, wobei die Stahlschmelze (S) durch Kontakt mit der sich bewegend gekühlten Wand mit einer Abkühlrate von mindestens 200 K/s abgekühlt wird.

BEZUGSZEICHEN

[0059]

1 Anlage zum Erzeugen eines gegossenen Bands B

2 Gießeinrichtung

3, 4 Rollen der Gießeinrichtung 2

5 Gießbereich

6 horizontal ausgerichtete Förderstrecke

7 Kühleinrichtung

8 Erwärmungseinrichtung

9 Warmwalzgerüst

B gegossenes Band

D Dicke des gegossenen Bands B

R Schwerkraftrichtung

S Schmelze

K Bandformungskraft

X1, X2 Rotationsachsen der Rollen 3,4

Tabelle 1

	C	Si	Mn	P	Al	Cr	Cu	Nb	Ti	V	B
Z1	0,038	5,5	0,44	3,3	0,005	0,3	0,133	0,059	0,11	0,048	2,0
Z2	0,041	3,3	0,51	0,025	0,005	0,4	0,09	0,001	0,09	0,055	2,2
Z3	1,5	3,0	0,64	0,030	1,30	0,4	0,08	0,002	0,08	0,045	1,6
Angaben in Gew.-%, Rest Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen											

Tabelle 2

	D [mm]	AR [K/s]	ARZ [K/s]	Tz [°C]	Gefüge
Z1	1,2	900	900	400	amorph
Z2	1,2	1050	600	600	feinkristalline α -Fe, Fe ₂ B, Fe ₃ B, Fe ₃ Si
Z3	1,1	700	500	500	feinkristallin, α -Fe, Fe ₂ C, Fe ₂ B, Fe ₃ B, Fe ₃ Si

Tabelle 3

	D [mm]	Tglüh [°C]	tglüh [°C]	Gefüge
Z1	1,2	600°C	1 min	Teilamorph (amorph + α -Fe, Fe ₂ B, Fe ₃ B, Fe ₃ Si)
Z1	1,2	600°C	20 min	feinkristallin α -Fe, Fe ₂ B, Fe ₃ B, Fe ₃ Si

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines Stahlflachprodukts mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge, wobei das feinkristalline Gefüge Korngrößen im Bereich von 10 - 10000 nm aufweist, bei dem eine Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung (2) zu einem gegossenen Band (B) vergossen und dabei beschleunigt abgekühlt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze neben Eisen und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente, die der Gruppe "Si,B,C,P" angehören, mit der Maßgabe (in Gew.-%)

Si: 1,2 - 7,0 %,
 B: 0,4 - 4,0 %,
 C: 0,5 - 4,0 %,
 P: 1,5 - 8,0 %

sowie optional eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe "Cu,Cr,Al,N,Nb,Mn,Ti,V" enthält mit der Maßgabe (in Gew.-%):

Cu: bis zu 5, %,
 Cr: bis zu 10,0 %,
 Al: bis zu 10,0 %,
 N: bis zu 0,5 %,
 Nb: bis zu 2,0 %,
 Mn: bis zu 3,0 %,
 Ti: bis zu 2,0 %,
 V: bis zu 2,0 %.

2. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze mit einer Abkühlrate von mindestens 200 K/s bis unterhalb der Glasübergangstemperatur T_G abgekühlt wird.
3. Verfahren zum Erzeugen eines Stahlflachprodukts mit einem amorphen, teilamorphen oder feinkristallinen Gefüge, bei dem eine neben Eisen und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente aus der Gruppe von Si, B, C und P enthaltende Stahlschmelze in einer Gießeinrichtung (2), deren Gießbereich (5) an mindestens einer seiner Längsseiten durch eine sich während des Gießbetriebs in Gießrichtung (G) bewegende und gekühlte Wand gebildet ist, zu einem gegossenen Band (B) vergossen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze (S) durch Kontakt mit der sich bewegenden gekühlten Wand mit einer Abkühlrate von mindestens 200 K/s abgekühlt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gegossene Band (B) nach Austritt aus dem Gießbereich (5) fortgesetzt mit einer Abkühlrate von mindestens 200 K/s abgekühlt wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das aus dem Gießbereich (5) austretende gegossene Band (B) kontinuierlich abgekühlt wird, bis die Glasübergangstemperatur T_G des jeweiligen Stahls unterschritten ist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 - 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gegossene Band (B) bei einer 500 - 1000 °C betragenden Warmwalzanfangstemperatur zu einem Warmband warmgewalzt wird.
7. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das amorph oder teilamorph gegossene Band (B) bei einer im Bereich zwischen der Glasübergangstemperatur T_G und der Kristallisationstemperatur T_x liegenden Warmwalzanfangstemperatur zu dem Warmband warmgewalzt wird

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 - 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das aus dem Gießbereich (5) der Gießeinrichtung (2) austretende und optional zusätzlich abgekühlte gegossene Band (B) ein amorphes oder teilmorphes Gefüge aufweist und **dass** das so beschaffene gegossene Band (B) bei einer mindestens der Kristallisationstemperatur T_x des jeweiligen Stahls entsprechenden Glühtemperatur $T_{\text{Glüh}}$ gegläht wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Glühtemperatur $T_{\text{Glüh}}$ im Bereich von 500 - 1000 °C liegt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze (S) neben den mindestens zwei Elementen aus der Gruppe von Si, B, C und P mindestens ein Element aus der Gruppe von Cu, Cr, Al, N, Nb, Mn, Ti und V enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze (S) neben Eisen und herstellungsbedingt unvermeidbaren Verunreinigungen (in Gew.-%)

Si: 1,2 - 7,0 %,
B: 0,4 - 4,0 %,
C: 0,5 - 4,0 %,
P: 1,5 - 8,0 %

sowie optional eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe von Cu, Cr, Al, N, Nb, Mn, Ti und V enthält mit der Maßgabe

Cu: bis zu 5,0 %,
Cr: bis zu 10,0 %,
Al: bis zu 10,0 %,
N: bis zu 0,5 %,
Nb: bis zu 2,0 %,
Mn: bis zu 3,0 %,
Ti: bis zu 2,0 %,
V: bis zu 2,0 %.

12. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gießeinrichtung (2) eine Zwei-Rollen-Gießeinrichtung ist, deren gegeneinander um achsparallel zueinander ausgerichtete Achsen (X1,X2) rotierende Rollen (3,4) jeweils eine sich im Gießbetrieb in Gießrichtung (G) kontinuierlich fortbewegende gekühlte Längswand des Gießbereichs (5) bilden, in dem das Band (B) geformt wird.

13. Stahlflächprodukt, das aus einem Stahl besteht, der neben Eisen und unvermeidbaren Verunreinigungen mindestens zwei weitere Elemente aus der Gruppe von Si, B, C und P mit der Maßgabe enthält (in Gew.-%):

Si: 1,2 - 7,0 %,
B: 0,4 - 4,0 %,
C: 0,5 - 4,0 %,
P: 1,5 - 8,0 %,

sowie optional eines oder mehrere der Elemente aus der Gruppe "Cu,Cr,Al,N,Nb,Mn,Ti,V" mit der Maßgabe enthält (in Gew.-%):

Cu: bis zu 5,0 %,
Cr: bis zu 10,0 %,
Al: bis zu 10,0 %,
N: bis zu 0,5 %,
Nb: bis zu 2,0 %,
Mn: bis zu 3,0 %,
Ti: bis zu 2,0 %,
V: bis zu 2,0 %.

und ein amorphes, teilmorphes oder feinkristallines Gefüge mit Korngrößen aufweist, die im Bereich von 10 - 10000

nm liegen.

- 5 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 11 oder Stahlflachprodukt nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** für mindestens eines der Elemente aus Gruppe "Si,B,C,P" jeweils eine der folgenden Maßgaben gilt (in Gew.-%) :

Si: 2,0 - 6,0 %,

B: 0,4 - 3,0 %,

C: 0,5 - 3,0 %

10 oder

P: 2, 0 - 6,0 %.

- 15 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 11, 12 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stahlschmelze jeweils optional (in Gew.-%) mindestens 0,1 % Cu, mindestens 0,5 % Cr, mindestens 1,0 % Al und mindestens 0,005 % N enthält.

20

25

30

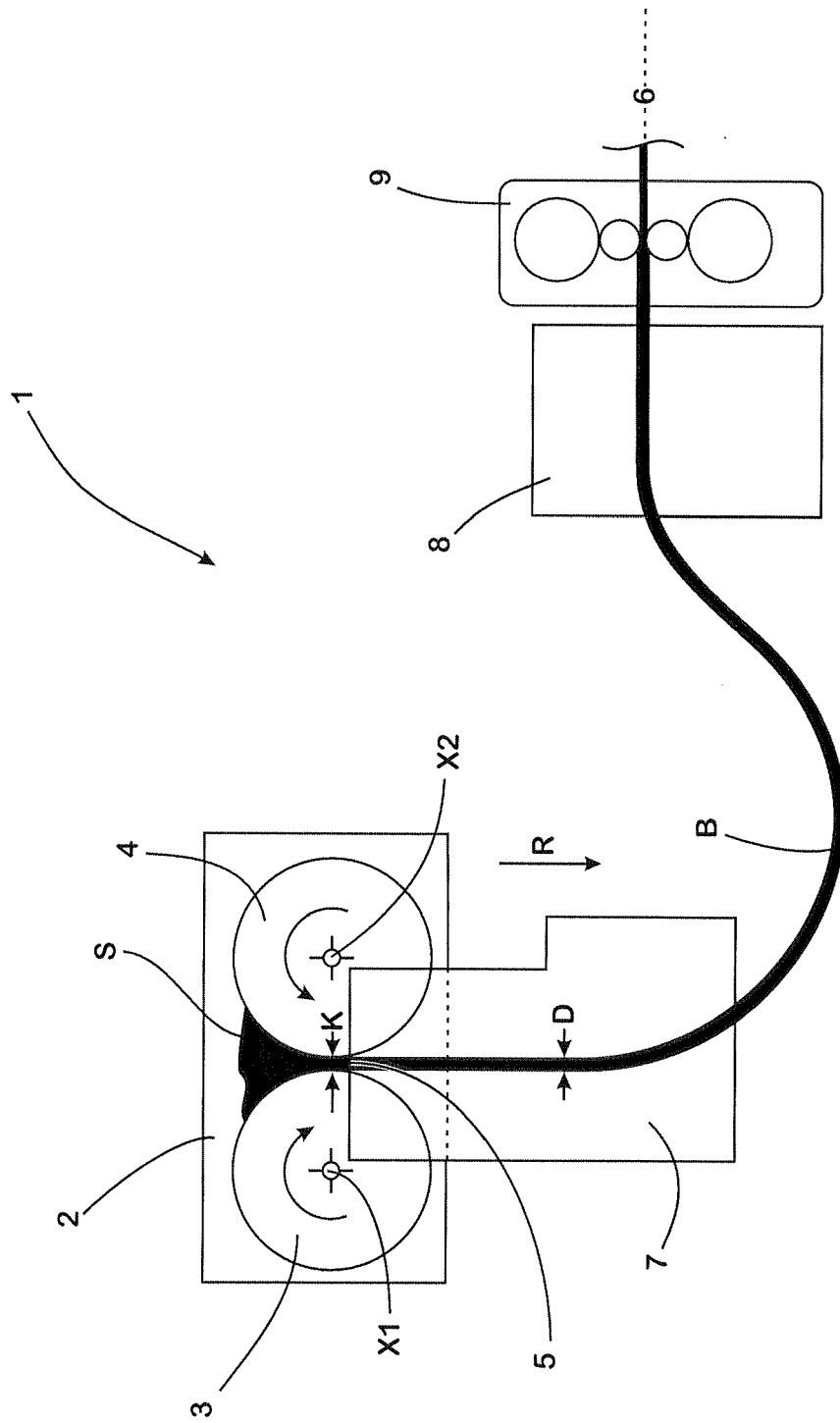
35

40

45

50

55





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 13 15 2793

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 6 416 879 B1 (SAKAMOTO HIROAKI [JP] ET AL) 9. Juli 2002 (2002-07-09) * Spalte 4, Zeile 49 - Spalte 11, Zeile 23 * * Beispiel 5 * * Anspruch 1 *	1-5, 10-15	INV. C22C38/02 C21D7/13 B22D11/06 C22C45/02
X	US 4 219 355 A (DECRISTOFARO NICHOLAS J [US] ET AL) 26. August 1980 (1980-08-26) * Spalte 1, Zeile 61 - Spalte 3, Zeile 43 * * Tabelle I *	1-5,10, 11,13-15	
X	DE 10 2009 048165 A1 (SMS SIEMAG AG [DE]) 7. April 2011 (2011-04-07) * Absatz [0007] - Absatz [0036] * * Abbildung 1 *	3-5,10	
A	WO 2008/049069 A2 (NANOSTEEL CO INC [US]; BRANAGAN DANIEL JAMES [US]; BUFFA JOSEPH [US];) 24. April 2008 (2008-04-24) * das ganze Dokument *	1-15	
A	US 5 958 153 A (SAKAMOTO HIROAKI [JP] ET AL) 28. September 1999 (1999-09-28) * das ganze Dokument *	1-15	B22D C22C C21D
A	SPITZER K-H ET AL: "DIRECT STRIP CASTING (DSC) - AN OPTION FOR THE PRODUCTION OF NEW STEEL GRADES", STEEL RESEARCH, DUESSELDORF, DE, Bd. 74, Nr. 11/12, 1. Januar 2003 (2003-01-01), Seiten 724-731, XP009028744, ISSN: 0177-4832 * das ganze Dokument *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Juli 2013	Prüfer Zimmermann, Frank
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 : mündliche 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 (P04C03)

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

EP 13 15 2793

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

01-07-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6416879 B1	09-07-2002	CN 1356403 A	03-07-2002
		KR 20020041292 A	01-06-2002
		TW 583320 B	11-04-2004
		US 6416879 B1	09-07-2002
US 4219355 A	26-08-1980	CA 1160480 A1	17-01-1984
		DE 3066244 D1	01-03-1984
		EP 0020937 A1	07-01-1981
		HK 63284 A	24-08-1984
		JP S6330393 B2	17-06-1988
		JP S55158251 A	09-12-1980
		SG 36584 G	08-02-1985
		US 4219355 A	26-08-1980
DE 102009048165 A1	07-04-2011	CN 102574201 A	11-07-2012
		DE 102009048165 A1	07-04-2011
		EP 2483014 A1	08-08-2012
		TW 201113110 A	16-04-2011
		US 2012325425 A1	27-12-2012
		WO 2011038925 A1	07-04-2011
WO 2008049069 A2	24-04-2008	AU 2007310973 A1	24-04-2008
		CA 2667095 A1	24-04-2008
		EP 2087142 A2	12-08-2009
		JP 2010507023 A	04-03-2010
		US 2008213517 A1	04-09-2008
		WO 2008049069 A2	24-04-2008
US 5958153 A	28-09-1999	KEINE	

EPO FORM P0461

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 2008049069 A2 [0004] [0009] [0010]
- KR 20080057755 A [0038]