

(19)



(11)

EP 3 134 220 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

Nach dem Einspruchsverfahren

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
22.01.2025 Patentblatt 2025/04
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:
04.09.2019 Patentblatt 2019/36
- (21) Anmeldenummer: **15716054.0**
- (22) Anmeldetag: **15.04.2015**
- (51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
**B22D 11/12^(2006.01) B22D 11/16^(2006.01)
B22D 11/115^(2006.01)**
- (52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 11/122; B22D 11/115; B22D 11/16
- (86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/058130
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/162039 (29.10.2015 Gazette 2015/43)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM DUNNBRAMMENSTRANGGIESSEN**

METHOD AND DEVICE FOR THIN-SLAB STRAND CASTING

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE COULÉE CONTINUE DE BRAMES MINCES

- (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**
- (30) Priorität: **25.04.2014 DE 102014105870**
- (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.03.2017 Patentblatt 2017/09
- (73) Patentinhaber:
 - ThyssenKrupp Steel Europe AG
47166 Duisburg (DE)
 - thyssenkrupp AG
45143 Essen (DE)
- (72) Erfinder:
 - SOWKA, Eberhard
46535 Dinslaken (DE)
 - SPELLEKEN, Frank
46537 Dinslaken (DE)
 - ROHE, Andy
46539 Dinslaken (DE)
 - OSTERBURG, Helmut
47495 Rheinberg (DE)
- (74) Vertreter: **ThyssenKrupp Steel Europe AG
Patente/Patent Department
Kaiser-Wilhelm-Straße 100
47166 Duisburg (DE)**
- (56) Entgegenhaltungen:
- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| EP-A1- 0 092 126 | EP-A1- 0 698 434 |
| EP-A1- 0 815 987 | EP-B1- 0 009 803 |
| EP-B1- 0 040 383 | EP-B1- 0 401 504 |
| CN-C- 1 142 045 | CN-U- 201 596 751 |
| DE-A1- 10 020 703 | DE-A1- 102009 056 000 |
| DE-A1- 19 542 211 | DE-A1- 19 639 302 |
| DE-C2- 3 113 192 | DE-T2- 69 824 749 |
| DE-U1- 212009 000 056 | JP-A- 2000 000 648 |
| JP-A- 2001 087 846 | JP-A- 2003 326 339 |
| JP-A- H08 323 454 | JP-A- S61 193 755 |
| JP-A- S61 255 749 | US-A1- 2001 020 528 |
- PETER HEINRICH, ET AL: "Productivity, quality and resource efficiency of CSP technology", **CONTINUOUS CASTING, MILLENNIUM STEEL**, 1 January 2004 (2004-01-01), pages 156 - 161
 - van der Spuy et al. "An optimization procedure for the secondary cooling zone of a continuous billet caster". **The Journal of South African Institute of Mining and Metallurgy**. January/ February, 1999. S 49-54
 - Camisani-Calzolari et al., "On the Control of the Secondary Cooling Zone in Continuous Casting", **Automation in Mining, Mineral and Metal Processing**. 1998, S. 31-36

EP 3 134 220 B2

Beschreibung**Stand der Technik**

5 **[0001]** Die vorliegende Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Dünnbrammen-Stranggießen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Es ist aus dem Stand der Technik allgemein bekannt, Dünnbrammen im Stranggussverfahren herzustellen. Hierbei wird eine metallische Schmelze erzeugt, welche mittels einer Stahlgießpfanne in einen Verteiler überführt wird. Von dem Verteiler fließt die metallische Schmelze über ein Gießrohr in eine Kokille, welche gekühlt und oszillierend
10 bewegt wird. In der Kokille bildet sich aus der metallischen Schmelze ein Strang mit einer erstarrten Schale und einem großenteils noch nicht erstarrten Querschnitt innerhalb der erstarrten Schale. Beim Verlassen der Kokille wird der Strang von einem Transportsystem mit einer Vielzahl von Strangführungsrollen aufgenommen, zwischen welchen der Strang durch den sogenannten Gießbogen geführt wird und bis zur vollständigen Durcherstarrung abgekühlt wird. Es ist ferner bekannt, die Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze im Inneren des bereits teilerstarrten Strangs innerhalb der Kokille mittels einer elektromagnetischen Bremse (EMBR: Electromagnetic Brake) zu verlangsamen. Hierbei ist das Ziel, die Strömungsgeschwindigkeit der Stahlschmelze am Badspiegel zu verringern und das Badspiegelprofil zu
15 vergleichmäßigen, um die Schmierung zwischen Strang und Kokille zu verbessern und Strangoberflächenfehler, welche durch ein Einfangen von Gießschlacke entstehen können, zu verringern.

[0003] Zur Herstellung der Dünnbrammen mit Dicken zwischen 40 bis 120 Millimetern weist die Kokille typischerweise
20 im oberen Teil einen trichterförmig erweiterten Querschnitt auf und im unteren Teil einen rechteckigen Querschnitt. Aufgrund dieser geringen Dicken sind die Durcherstarrungszeiten beim Dünnbrammen-Stranggießen vergleichsweise kurz und der Anteil von flüssiger Schmelze im Inneren des teilerstarrten Stranges gering. Hierdurch ergibt sich zwangsläufig ein grobes, streng gerichtetes, stengelkristallines Gefüge beim Stranggießen von Dünnbrammen. Ein solches Gefüge kann sich jedoch nachteilig auf die Oberflächen- und Innenbeschaffenheit der aus den Dünnbrammen hergestellten Produkte auswirken. Beispielsweise können je nach Stahlsorte und Gießbedingungen an den aus dem Dünnbrammenmaterial gefertigten Produkten Längsstreifigkeiten an der Produktoberfläche, inhomogene mechanische Eigenschaften, Gefügezeitigkeiten, Kernseigerungen, reduzierte HIC-Beständigkeit (Hydrogen Induced Cracking: Wasserstoff induzierte Rissbildung) und Innenrissanfälligkeiten auftreten.
25

[0004] Es ist vom konventionellen Dickbrammen-Stranggießen bekannt, Längsstreifigkeiten bei Dynamostählen durch
30 ein Gießen mit sehr niedriger Überhitzung zu vermeiden. Beim Dickbrammen-Stranggießen ist jedoch eine vergleichsweise lange Durcherstarrungszeit gegeben, so dass Überhitzungen der Stahlschmelze im Tundish unterhalb von ca. 12 Kelvin ausreichen, um eine ausreichende Gefügeverfeinerung zu erzielen. Die Gefügeverfeinerung kann als ausreichend bezeichnet werden, wenn die Ausdehnung der globulitischen Kernzone in Dickenrichtung mehr als 30 % beträgt. Um den gleichen Effekt bei Dünnbrammen zu erzielen, müsste aufgrund der kürzeren Durcherstarrungszeiten eine derart niedrige Überhitzung gewählt werden, dass gießtechnische Probleme in Form von Zusetzungen der Tauchrohre in der Kokille (sogenanntes "Clogging") auftreten würden, woraus Strangoberflächenfehler oder sogar Strangdurchbrüche resultieren können.
35

[0005] Aus der Fachliteratur (z.B. "Improved quality and productivity in slab casting by electromagnetic breaking and stirring", C. Crister et al., 41th Steelmaking Seminar International, Resende, Brasilien, 23.-26. Mai 2010, Seite 1-15) ist
40 weiterhin bekannt, dass in einigen Dickbrammenstranggießanlagen elektromagnetische Rührer zur Verfeinerung des Erstarrungsgefüges eingesetzt werden. Die Rührer sind hierbei entweder im Kokillenbereich oder mehrere Meter unterhalb des Kokillen-Badspiegels installiert.

[0006] Aus der Druckschrift DE 698 24 749 T2 ist ferner eine Vorrichtung zum Gießen von Metall bekannt, welche eine Form zum Bilden eines Gussstrangs und Mittel zum Zuführen eines primären Flusses heißer metallischer Schmelze zu
45 der Form umfasst. Die Vorrichtung weist dabei eine magnetische Einrichtung auf, welche ein statisches oder periodisches Magnetfeld auf den Fluss des Metalls in den nicht-verfestigten Teilen des Gussstrangs anwendet, um während dem Gießen auf das geschmolzene Metall in der Form einzuwirken. Hierdurch soll der Fluss des heißen Metalls gebremst und aufgeteilt werden, um in der Form ein sekundäres Flussmuster zu erzielen. Darüber hinaus ist aus dieser Druckschrift auch bekannt, eine weitere Vorrichtung in Form eines elektromagnetischen Rührers vorzusehen, um auf die Schmelze in
50 der Form oder auf die Schmelze stromabwärts der Form einzuwirken. Es wird in dieser Druckschrift allerdings nicht offenbart, in welchem Bereich der elektromagnetische Rührer in Bezug auf die Form angeordnet sein soll.

[0007] Der Einsatz einer elektromagnetischen Bremse und/oder eines elektromagnetischen Rührers beim Stranggießen von Stahl ist für Dickbrammenformate ferner bekannt aus den Druckschriften DE 21 2009 000 056 U1 und DE 10 2009 056 000 A1.

55 **[0008]** Aus DE 100 20 703 A1 sind ein Verfahren und eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Stranggießen von Dünnbrammen bekannt, welche im Kokillenbereich angebrachte Ultraschallgeber sowie eine elektromagnetische Bremse umfassen. Mittels der Ultraschallgeber wird eine Vibration der Kokillenwand zur Reduzierung der Temperaturbelastung, Reibkräfte, Kleber und Längsdepressionen bewirkt.

[0009] Aus JPH-08 323454 A ist ein Verfahren zum kontinuierlichen Stranggießen von Dünnbrammen bekannt, bei welchem in der Kokille eine Überhitzung von weniger als 0 °C eingestellt werden soll oder bei welchem unterhalb der Kokille die nicht erstarrte Schmelze gerührt werden soll. Während des Abführens des Stranges soll unterhalb der Kokille innerhalb des Biegebereichs des Stranges, in welchem eine Vielzahl an Drückrollen angeordnet ist, die vollständige

Durcherstarrung des Stranges verhindert werden, um das Zusammendrücken des nicht vollständig erstarrten Stranges durch die Drückrollen zu ermöglichen. Ziel des Verfahrens ist die Herstellung von Dünnbrammen mit geringer Mitten-
seigerung.

[0010] Aus DE 195 42 211 A1 ist eine elektromagnetische Rühreinrichtung für Brammenstranggießkokillen bekannt, mittels derer die Strömungsgeschwindigkeit der Schmelze in der Kokille verlangsamt werden kann.

[0011] Aus EP 0 092 126 A1 ist ein Verfahren zum Umrühren flüssigen Metalls in einer Kokille bekannt, bei welchem die Bereiche in der Kokille, welche nicht durch den in die Schmelze eindringenden Gießstrahl durchrührt werden, durch das Zusammenwirken eines statischen Magnetfeldes und der beim Bremsen des Gießstrahls induzierten Ströme umgerührt werden.

[0012] Aus JP 2003-326339 A ist ein Verfahren zum Stranggießen von Dünnbrammen bekannt, bei welchem die Strömungen in der Kokille beeinflusst werden, indem um das Tauchrohr ein nahezu U-förmiges elektromagnetisches Feld angelegt wird.

[0013] Beim Dünnbrammenstranggießen besteht die besondere Schwierigkeit darin, bei den im Vergleich zum Dickbrammenstranggießen kurzen Durcherstarrungszeiten und dem kleinvolumigen Flüssiganteil im Stranginneren eine signifikante Gefügeverfeinerung zu erreichen. Die vorliegende Erfindung löst dieses Problem.

[0014] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Dünnbrammen im Stranggussverfahren bereitzustellen, welche trotz kurzer Durcherstarrungszeiten und vergleichsweise kleinvolumiger Flüssiganteile im Stranginneren die Erzeugung einer großen Kernzone mit feinkörnigem, globulitischem Gefüge im Dünnbrammenstrang ermöglichen, um die beim Stand der Technik durch ein grobes, streng gerichtetes, stengelkristallines Gefüge im Dünnbrammenstrang hervorgerufenen Nachteile zu verhindern. Ferner soll die Gefahr von Tauchrohrzusetzungen durch eine zu niedrige Überhitzung vermieden werden. Gelöst wird diese Aufgabe mit einem Verfahren zum Dünnbrammen-Stranggießen nach Anspruch 1, aufweisend die Verfahrensschritte: Zuführen einer metallischen Schmelze in eine Kokille, Formen eines teilerstarten Dünnbrammenstrangs aus der metallischen Schmelze in der Kokille, Reduzieren der Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze im teilerstarten Dünnbrammenstrang mittels einer im Bereich der Kokille angeordneten elektromagnetischen Bremse (EMBR) und Abführen des teilerstarten Dünnbrammenstrangs aus der Kokille mittels eines Strangführungssystems, wobei nichterstarrte Teile des teilerstarten Dünnbrammenstrangs mittels eines entlang der Strangabzugsrichtung des Dünnbrammenstrangs stromabwärts unterhalb der Kokille angeordneten elektromagnetischen Rührers gerührt werden, wobei mittels des elektromagnetischen Rührers ein elektromagnetisches Wanderfeld in einem entlang der Strangabzugsrichtung zwischen 0,9 und 3,8 m vom Badspiegel der Kokille entfernten Bereich des Dünnbrammenstrangs erzeugt wird.

[0015] Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass durch eine spezifisch für das Dünnbrammenstranggießen ausgelegte Konzeption zum elektromagnetischen Rühren eine Verfeinerung des Erstarrungsgefüges im Inneren des Dünnbrammenstrangs erzielt wird und durch den gleichzeitigen Einsatz einer elektromagnetischen Bremse verhindert wird, dass die vom Rührer induzierte Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der Stahlschmelze im Kokillenbereich zu unzulässig starken lokalen Badspiegelschwankungen, d.h. zu Badspiegelschwankungen von beispielsweise mehr als 15 mm, führt. Hohe Turbulenzen am Badspiegel können zu Strangdurchbrüchen oder zu Strangoberflächenfehlern durch am Badspiegel der Kokille eingefangene Gießschlacke führen. Sowohl Strangdurchbrüche als auch Strangoberflächenfehler sollen vermieden werden. Es hat sich überraschenderweise gezeigt, dass durch das elektromagnetische Rühren im Abstand von 0,9 bis 3,8 m unterhalb des Badspiegels der Kokille und insbesondere von der Kokillenunterseite ein beschleunigter und gleichmäßiger Überhitzungsabbau bewirkt wird, welcher vorteilhafterweise zur Bildung einer ausreichend großen, d.h. insbesondere mindestens 30 % in Dickenrichtung betragenden, Kernzone mit feinkörnigem, globulitischem Gefüge im Inneren des Dünnbrammenstrangs führt, während grobe, stengelkristalline Strukturen durch das Rühren limitiert werden. Trotz der beim Stranggießen von Dünnbrammen typischen kurzen Durcherstarrungszeiten und kleinvolumigen Flüssiganteile im Inneren des Dünnbrammenstrangs bildet sich diese feinkörnige, globulitische Kernzone im Erstarrungsgefüge aus, wodurch die Entstehung von Stengelkristallen zwischen der Randzone und dem Zentrumsbereich des Strangs stark reduziert wird. Die Ausdehnung der globulitischen Kernzone in Dickenrichtung beträgt dann insbesondere mindestens 30 %. Beim hergestellten Produkt können somit Längsstreifigkeiten, Gefügezeitigkeiten, Kernseigerungen und Innenrissanfälligkeiten verringert und die HIC-Beständigkeit und die Homogenität der mechanischen und magnetischen Eigenschaften gesteigert werden. Vorteilhafter Weise kann ferner an einer höheren und unkritischen Überhitzung festgehalten werden, so dass die Gefahr von Gießstörungen in Form von Tauchrohrzusetzungen und daraus resultierenden Strangoberflächenfehlern oder Strangdurchbrüchen ausgeräumt wird. Denkbar ist, dass beim vorliegenden Verfahren beispielsweise eine Überhitzung der Stahlschmelze im Tundish zwischen 10 und 50 Kelvin, vorzugsweise um 20 Kelvin, angewandt wird. Mittels des elektromagnetischen Rührers wird ein elektromagnetisches Wanderfeld in einem entlang der Strangabzugs-

richtung zwischen 0,9 und 3,8 m vom Badspiegel der Kokille entfernten Bereich des Dünnbrammenstrangs erzeugt. Unter einem zwischen 0,9 und 3,8 m vom Badspiegel der Kokille entfernten Bereich des Dünnbrammenstrangs ist im Sinne der vorliegenden Erfindung derjenige Bereich des Dünnbrammenstrangs zu verstehen, der zum Badspiegel in der Kokille einen Abstand zwischen 0,9 und 3,8 m aufweist, welcher typischerweise um die 100 Millimeter unterhalb der Kokillenoberseite liegt. Vorzugsweise ist der elektromagnetische Rührer derart angeordnet, dass das Wanderfeld unmittelbar unterhalb der Kokille auf die noch nicht erstarrten Teile des Strangs einwirkt, da eine positive Beeinflussung des Korngefüges bei bereits erstarrten Teilen des Strangs durch das Wanderfeld nicht mehr möglich ist. Bevorzugt wird das elektromagnetische Wanderfeld in einem entlang der Strangabzugsrichtung zwischen 1,5 und 2,5 m vom Badspiegel der Kokille entfernten Bereich erzeugt. Erfindungsgemäß ist somit die Position des elektromagnetischen Rührers bzw. des elektromagnetischen Wechselfeldes entlang der Strangabzugsrichtung über den Abstand zum Badspiegel in der Kokille definiert: Der Abstand zum Badspiegel entlang der Strangabzugsrichtung umfasst zwischen 0,9 und 3,8 Meter und vorzugsweise zwischen 1,5 und 2,5 Meter. Im Sinne der vorliegenden Erfindung ist insbesondere entweder ein einziger elektromagnetischer Rührer auf einer Seite des Dünnbrammenstrangs, entweder auf der Festseite oder der Losseite, angeordnet oder es ist auf jeder Seite, d.h. sowohl auf der Festseite, als auch auf der Losseite ein separater elektromagnetischer Rührer angeordnet. Als Festseite wird dabei insbesondere diejenige Breitseite der Strangführungssegmente bezeichnet, die in ihrer Position stets unverändert bleibt und als sogenannte Bezugslinie dient. Anpassungen der Strangdickenformate werden dann stets über die gegenüberliegende Losseite vorgenommen. Das erfindungsgemäße Verfahren wird insbesondere zur Herstellung von Dünnbrammen im Stranggießverfahren und daraus gefertigtem Warmband oder Kaltband verwendet. Das Warmband oder Kaltband wird insbesondere zur Herstellung von Elektroblechen (nichtkornorientiert oder kornorientiert) oder Blechen höherfester Stähle mit Streckgrenzenwerten größer als 400 Megapascal (bspw. Vergütungsstahl) verwendet. Eine Dünnbramme im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst insbesondere eine Bramme mit einer Dicke zwischen 40 bis 120 Millimeter. Zur präzisen Beschreibung der geometrischen Verhältnisse werden im Folgenden neben der Strangabzugsrichtung noch zwei Querrichtungen, eine erste Querrichtung und eine zweite Querrichtung, erwähnt. Die erste Querrichtung verläuft dabei stets senkrecht zur Strangabzugsrichtung und parallel zur Strangoberflächennormalen der Brammenbreite, während die zweite Querrichtung stets senkrecht zur Strangabzugsrichtung und parallel zur Strangoberfläche auf der Brammenbreite verläuft. Unter der Brammenbreite ist dabei diejenige Seite des rechteckförmigen Querschnitts des Dünnbrammenstrangs zu verstehen, welche die größere Ausdehnung aufweist. Die erste und die zweite Querrichtung verlaufen somit beide senkrecht zur Strangabzugsrichtung, sowie senkrecht zueinander.

[0016] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen entnehmbar.

[0017] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die nichterstarrten Teile innerhalb der Kokille und/oder während des Abführens des teilerstarrten Dünnbrammenstrangs aus der Kokille durch das Strangführungssystem mittels des elektromagnetischen Rührers, welcher unterhalb der Kokille positioniert ist, gerührt werden. In vorteilhafter Weise wird hierdurch sichergestellt, dass beim Rühren der Anteil noch nicht erstarrter metallischer Schmelze im Inneren des Dünnbrammenstrangs noch ausreichend groß ist, d.h. mindestens 50 % der Strangdicke beträgt, um eine im Querschnitt möglichst großflächige Kernzone mit feinkörnigem, globulitischem Gefüge zu erhalten, d. h. um eine globulitische Kernzone mit einer Ausdehnung in Dickenrichtung von der Bramme von mindestens 30 % zu erhalten.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der elektromagnetische Rührer derart eingestellt wird, dass das elektromagnetische Wanderfeld entlang einer zweiten Querrichtung, die senkrecht zur Strangabzugsrichtung und parallel zu einer Strangoberfläche auf einer Breitseite des Dünnbrammenstrangs verläuft, von einem ersten Randbereich des Dünnbrammenstrangs zu einem dem ersten Randbereich gegenüberliegenden zweiten Randbereich des Dünnbrammenstrangs läuft. Auf diese Weise wird ein Umrühren der noch nicht erstarrten metallischen Schmelze im Dünnbrammenstrang erzielt, so dass sich beim Erstarren feine, globulitische Körner im Erstarrungsgefüge bilden. Vorzugsweise wird das elektromagnetische Wanderfeld nach Ablauf einer Zeitspanne von 1 bis 60 Sekunden, besonders bevorzugt zwischen 1 und 10 Sekunden, umgekehrt, so dass das elektromagnetische Wanderfeld anschließend entlang der zweiten Querrichtung von einem zweiten Randbereich des Dünnbrammenstrangs zum ersten Randbereich des Dünnbrammenstrangs läuft. Nach einem erneuten Ablauf der Zeitspanne von 1 bis 60 Sekunden, vorzugsweise wiederum 1 bis 10 Sekunden, wird das elektromagnetische Wanderfeld erneut umgekehrt und der Zyklus beginnt von vorn.

[0019] Gemäß einer alternativen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass mittels des elektromagnetischen Rührers ein bidirektionales, symmetrisches elektromagnetisches Wanderfeld über die Breite des Dünnbrammenstrangs erzeugt wird, wobei der elektromagnetische Rührer derart eingestellt wird, dass ein erstes Subfeld des elektromagnetischen Wanderfelds vom Zentrum des Dünnbrammenstrangs zu einem ersten Randbereich des Dünnbrammenstrangs läuft und dass ein zweites Subfeld des elektromagnetischen Wanderfelds vom Zentrum zu einem dem ersten Randbereich gegenüberliegenden zweiten Randbereich des Dünnbrammenstrangs läuft. Bevorzugt wird dieses elektromagnetische Wanderfeld 1 bis 60 Sekunden, besonders bevorzugt zwischen 1 und 10

Sekunden, gehalten. Danach werden das durch den elektromagnetischen Rührer erzeugte elektromagnetische Wanderfeld und damit die Richtung der beiden Subfelder umgekehrt. Dieses umgekehrte elektromagnetische Wanderfeld wird ebenfalls bevorzugt zwischen 1 bis 60 Sekunden und besonders bevorzugt zwischen 1 und 10 Sekunden, gehalten. Danach wird das elektromagnetische Wanderfeld erneut umgekehrt und der Zyklus beginnt von vorn. Diese bevorzugte Ausführungsform sorgt für ein symmetrisches Umrühren der noch nicht erstarrten metallischen Schmelze innerhalb der bereits erstarrten Randzone des Dünnbrammenstrangs, so dass ein symmetrisches Erstarrungsgefüge mit feinen, globulitischen Körnern entsteht.

[0020] Gemäß einer weiteren alternativen bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass mittels des elektromagnetischen Rührers ein bidirektionales, symmetrisches elektromagnetisches Wanderfeld über die Breite des Dünnbrammenstrangs erzeugt wird, wobei der elektromagnetische Rührer derart eingestellt wird, dass ein erstes Subfeld des elektromagnetischen Wanderfelds von einem ersten Randbereich des Dünnbrammenstrangs zum Zentrum des Dünnbrammenstrangs läuft und dass ein zweites Subfeld des elektromagnetischen Wanderfelds von einem dem ersten Randbereich gegenüberliegenden zweiten Randbereich des Dünnbrammenstrangs zum Zentrum des Dünnbrammenstrangs läuft. Vorzugsweise wird dieses elektromagnetische Wanderfeld 1 bis 60 Sekunden, insbesondere zwischen 1 und 10 Sekunden, gehalten. Danach werden das durch den elektromagnetischen Rührer erzeugte elektromagnetische Wanderfeld und damit die Richtung der beiden Subfelder umgekehrt. Dieses umgekehrte elektromagnetische Wanderfeld wird ebenfalls zwischen 1 bis 60 Sekunden, insbesondere zwischen 1 und 10 Sekunden, gehalten. Danach wird das elektromagnetische Wanderfeld erneut umgekehrt und der Zyklus beginnt von vorn. Diese bevorzugte Ausführungsform sorgt ebenfalls für ein symmetrisches Umrühren der noch nicht erstarrten metallischen Schmelze innerhalb der bereits erstarrten Randzone des Dünnbrammenstrangs, so dass ein symmetrisches Erstarrungsgefüge mit feinen, globulitischen Körnern entsteht.

[0021] Gemäß einer nicht erfindungsgemäßen Ausführungsform ist vorgesehen, dass mittels des elektromagnetischen Rührers ein elektromagnetisches Wanderfeld über die Breite des Dünnbrammenstrangs erzeugt wird, dessen magnetische Flussdichte im Mittel bevorzugt 0,1 bis 0,6 Tesla, besonders bevorzugt 0,3 bis 0,5 Tesla und ganz besonders bevorzugt im Wesentlichen 0,4 Tesla beträgt. Es hat sich gezeigt, dass ein Wechselfeld mit Amplituden im Bereich von bevorzugt 0,1 bis 0,6 Tesla, besonders bevorzugt 0,3 bis 0,5 Tesla und ganz besonders bevorzugt im Wesentlichen 0,4 Tesla ausreicht, um einen beschleunigten und gleichmäßigen Überhitzungsabbau in der metallischen Schmelze zu erreichen. Dieser Effekt wird vorteilhafterweise durch einen derart eingestellten elektromagnetischen Rührer erzielt, dass die Strömungsgeschwindigkeit der nicht erstarrten Teile im teilerstarrten Dünnbrammenstrang maximal 0,7 Meter pro Sekunde oder mindestens 0,2 Meter pro Sekunde beträgt und bevorzugt zwischen 0,2 und 0,7 Meter pro Sekunde liegt. Die hiermit verbundene Umwälzung der nicht erstarrten Teile im Dünnbrammenstrang sorgt für den beschleunigten und gleichmäßigen Abbau der Überhitzung und dadurch für die gewünschte Gefügeverfeinerung, ohne dass eine von vorneherein niedrigere Überhitzung gewählt werden muss, durch welche die Gefahr von Tauchrohrzusetzungen drastisch zunehmen würde.

[0022] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der elektromagnetische Rührer derart eingestellt wird, dass die Rührfrequenz mindestens 0,1 Hz oder maximal 10 Hertz beträgt und bevorzugt zwischen 1 und 10 Hz liegt. Es hat sich gezeigt, dass dieser Rührfrequenzbereich besonders vorteilhaft ist. Bei einer Rührfrequenz kleiner als 0,1 Hz liegt kein elektromagnetisches Wanderfeld vor, so dass keine Rührwirkung auftritt. Wenn die Rührfrequenz größer als 10 Hz ist, dann ist die Eindringtiefe des elektromagnetischen Wanderfelds in das Stranginnere zu gering und es wird keine Gefügeverfeinerung erzielt.

[0023] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass mittels der elektromagnetischen Bremse ein elektromagnetisches Feld innerhalb der Kokille erzeugt wird, dessen magnetische Flussdichte bevorzugt 0,1 bis 0,3 Tesla, besonders bevorzugt 0,15 bis 0,25 Tesla und ganz besonders bevorzugt im Wesentlichen 0,2 Tesla beträgt. Vorteilhafterweise wird hierdurch die Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze zwischen den teilerstarrten Randbereichen des Strangs gebremst und somit Gießspiegelschwankungen, sowie aus Gießspiegelschwankungen resultierende Oberflächenfehler (sogenannte Schalenfehler) und Innenfehler (bspw. Gießschlackeneinschlüsse) verhindert.

[0024] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die Magnetfeldstärken des durch den elektromagnetischen Rührer hervorgerufenen elektromagnetischen Wanderfeldes und des durch die elektromagnetische Bremse hervorgerufenen Feldes aufeinander abgestimmt werden. Es hat sich gezeigt, dass eine Abstimmung der Magnetfeldstärken des durch den elektromagnetischen Rührer hervorgerufenen elektromagnetischen Wanderfeldes und des durch die elektromagnetische Bremse hervorgerufenen Feldes vorteilhaft ist. Die Abstimmung erfolgt vorzugsweise, indem die Magnetfeldstärke des Feldes der elektromagnetischen Bremse bei Zuschalten des elektromagnetischen Rührers um 20 bis 80 % ihres Grundwerts auf Werte zwischen 0,1 bis 0,3 Tesla angehoben wird. Als Grundwert wird in diesem Zusammenhang die Magnetfeldstärke des Feldes der elektromagnetischen Bremse verstanden, wie sie ohne zusätzlichen Einsatz eines elektromagnetischen Rührers typischerweise eingesetzt wird. Typische Grundeinstellungen für eine elektromagnetische Bremse ohne Einsatz eines elektromagnetischen Rührers sind Felder mit Magnetfeldstärken zwischen 0,08 und 0,2 Tesla.

[0025] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung zur Lösung der eingangs genannten Aufgabe ist eine Vorrichtung zum Dünnbrammenstranggießen, insbesondere unter Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens, welches ein Zuführmittel zum Zuführen einer metallischen Schmelze, eine Kokille zum Formen eines teilerstarten Dünnbrammenstrangs aus der metallischen Schmelze, eine im Bereich der Kokille angeordnete elektromagnetische Bremse zum Reduzieren der Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze im Inneren des teilerstarten Stranges innerhalb der Kokille und ein Strangführungssystem zum Abführen des teilerstarten Dünnbrammenstrangs aus der Kokille aufweist, wobei die Vorrichtung ferner einen entlang der Strangabzugsrichtung des Dünnbrammenstrangs stromabwärts unterhalb der Kokille angeordneten elektromagnetischen Rührer zum Rühren von nichterstarten Teilen des teilerstarten Dünnbrammenstrangs aufweist, wobei der elektromagnetische Rührer entlang der Strangabzugsrichtung zwischen 0,9 und 3,8 m vom Badspiegel der Kokille beabstandet ist.

[0026] Die erfindungsgemäße Vorrichtung hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass die metallische Schmelze durch den elektromagnetischen Rührer während des Stranggießens gerührt wird, wodurch eine Verfeinerung des Erstarrungsgefüges im Inneren des Dünnbrammenstrangs erzielt wird. Das Rühren der metallischen Schmelze sorgt für einen beschleunigten und gleichmäßigen Überhitzungsabbau, welcher vorteilhafterweise zur Bildung einer Kernzone mit feinkörnigem, globulitischem Gefüge im Inneren des Dünnbrammenstrangs führt, während grobe stengelkristalline Strukturen durch das Rühren aufgebrochen werden. Trotz der beim Stranggießen von Dünnbrammen typischen kurzen Durcherstarrungszeiten und kleinvolumigen Flüssiganteile im Inneren des Dünnbrammenstrangs bildet sich diese feinkörnige, globulitische Kernzone im Erstarrungsgefüge aus, wodurch die Entstehung von Stengelkristallen zwischen der Randzone und dem Zentrumsbereich des Strangs vermieden oder zumindest unterdrückt wird. Die aus den Dünnbrammen hergestellten Produkte weisen somit deutlich verringerte Längsstreifigkeiten, Gefügezeiligkeiten und Innenrissanfälligkeiten, sowie erhöhte HIC-Beständigkeit und Homogenität der mechanischen und magnetischen Eigenschaften auf. Der elektromagnetische Rührer erzeugt insbesondere ein räumlich und/oder zeitlich veränderliches Magnetfeld im Bereich des Dünnbrammenstrangs. Der elektromagnetische Rührer umfasst vorzugsweise einen Linearfeldrührer, welcher an einer der beiden Breitseiten des Dünnbrammenstrangs angeordnet ist. Denkbar wäre aber auch, dass an beiden gegenüberliegenden Breitseiten des Dünnbrammenstrangs je ein Linearfeldrührer angeordnet ist. Alternativ umfasst der elektromagnetische Rührer einen Drehfeldrührer oder einen Helicoidalrührer.

[0027] Der elektromagnetische Rührer ist entlang der Strangabzugsrichtung des Dünnbrammenstrangs unterhalb der elektromagnetischen Bremse angeordnet. In vorteilhafter Weise wird somit in den noch nicht erstarrten Teilen des Dünnbrammenstrangs ein rascher und gleichmäßiger Abbau der Überhitzung erreicht, bevor die Erstarrung ins Innere des Dünnbrammenstrangs voranschreitet, so dass die Verfeinerung des Erstarrungsgefüges erzielt wird. Grundsätzlich ist der Anteil der globulitischen Kernzone in der Dünnbramme größer, je näher der elektromagnetische Rührer am Meniskus des Dünnbrammenstrangs bzw. am Badspiegel angeordnet ist. Gleichzeitig muss jedoch sichergestellt sein, dass der elektromagnetische Rührer auch im unteren Bereich der Kokille wirksam ist, damit ein frühzeitiger und rascher Abbau der Überhitzung im Stranginneren erzielt wird, und die von dem elektromagnetischen Rührer erzeugten Strömungen in der metallischen Schmelze nicht zu verstärkten Badspiegelschwankungen und nicht zu vergrößerten lokalen Badspiegelüberhöhungen in der Kokille führen. Der Abstand zwischen dem elektromagnetischen Rührer und dem Badspiegel umfasst zwischen 0,9 und 3,8 Meter und vorzugsweise zwischen 1,5 und 2,5 Meter. Ferner ist insbesondere vorgesehen, dass der elektromagnetische Rührer 20 bis 1000 Millimeter, vorzugsweise 20 bis 200 Millimeter und besonders bevorzugt 20 bis 40 Millimeter von einer Oberfläche des Dünnbrammenstrangs entlang der ersten Querrichtung beabstandet ist.

[0028] Die erfindungsgemäße Vorrichtung dient insbesondere zur Herstellung von Dünnbrammen im Stranggussverfahren und daraus gefertigtem Warmband oder Kaltband. Das Warmband oder Kaltband wird insbesondere zur Herstellung von Elektroblechen (nicht kornorientiert oder kornorientiert) oder Blechen höherfester Stähle mit Streckgrenzenwerten größer als 400 Megapascal (bspw. Vergütungsstahl) verwendet. Eine Dünnbramme im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst insbesondere eine Bramme mit einer Dicke zwischen von 40 bis 120 Millimeter.

[0029] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass der elektromagnetische Rührer einen Linearfeldrührer zur Erzeugung eines elektromagnetischen Wanderfeldes im Bereich des Dünnbrammenstrangs umfasst, wobei die Laufrichtung des elektromagnetischen Wanderfeldes parallel zur zweiten Querrichtung ausgerichtet ist. Der elektromagnetische Rührer ist insbesondere derart konfiguriert, dass ein erstes Subfeld des elektromagnetischen Wanderfeldes vom Zentrum des Dünnbrammenstrangs zu einem ersten Randbereich des Dünnbrammenstrangs läuft und ein zweites Subfeld des elektromagnetischen Wanderfeldes vom Zentrum zu einem dem ersten Randbereich gegenüberliegenden zweiten Randbereich des Dünnbrammenstrangs läuft. Dieses elektromagnetische Wanderfeld wird zwischen 1 und 60 Sekunden, vorzugsweise zwischen 1 und 10 Sekunden gehalten. Danach wird es umgekehrt, so dass das erste Subfeld vom ersten Randbereich des Dünnbrammenstrangs und das zweite Subfeld vom zweiten, dem ersten Randbereich gegenüberliegenden Randbereich des Dünnbrammenstrangs zum Zentrum des Dünnbrammenstrangs laufen. Auch dieses Feld wird zwischen 1 und 60 Sekunden, vorzugsweise zwischen 1 und 10 Sekunden gehalten. Danach beginnt der Zyklus wieder von vorne. In vorteilhafter Weise werden somit eine gleichmäßige und symmetrische Strömung im Inneren des Strangs und somit auch eine gleichmäßige Abfuhr der

Überhitzung erzielt. Einerseits soll hierdurch eine homogene Gefügeverfeinerung im Stranginneren und andererseits ein gleichmäßiges Strangschalenwachstum über die Strangbreite herbeigeführt werden. Auf diese Weise wird verhindert, dass Strangdurchbrüche oder Oberflächen-Längsrisse entstehen.

[0030] Gemäß einer nicht erfindungsmäßigen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der elektromagnetische Rührer derart eingestellt wird, dass die durch den Rührer erzeugte Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze mindestens 0,2 Meter pro Sekunde oder maximal 0,7 Meter pro Sekunde beträgt und insbesondere zwischen 0,2 bis 0,7 Meter pro Sekunde liegt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass einerseits das Strangschalenwachstum an der Strangschmalseite nicht zu stark geschwächt wird (Verringerung der Strangdurchbruchgefahr) und andererseits starke Elementverarmungen (sogenannte weiße Bänder, d.h. Verarmung an C, Mn, Si, P, S, etc.) an der Erstarrungsfront im Wirkungsbereich des Rührers vermieden werden. Es hat sich gezeigt, dass die Strömungsgeschwindigkeit nicht kleiner als 0,2 Meter pro Sekunde sein sollte, weil ansonsten keine ausreichende Gefügeverfeinerung erreicht werden kann. Als nicht ausreichend kann dabei beispielsweise eine globulitische Kernzone angesehen werden, deren Ausdehnung in Dickenrichtung weniger als 30 % beträgt. Die Strömungsgeschwindigkeit sollte ferner nicht größer als 0,7 Meter pro Sekunde sein, um eine Verarmung der Schmelze an Legierungselementen im Bereich der Erstarrungsfront zu vermeiden. Die Verarmung der Schmelze an Legierungselementen im Bereich der Erstarrungsfront ist im erstarrten Material messbar. Dieses Phänomen wird als "weiße Bänder" oder "weiße Streifen" bezeichnet. Weiße Bänder führen zu inhomogenen Eigenschaften des Endprodukts.

[0031] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist vorgesehen, dass die elektromagnetische Bremse in der oberen Hälfte der Kokille, 20 bis 150 Millimeter, vorzugsweise 25 bis 100 Millimeter und besonders bevorzugt im Wesentlichen 75 Millimeter von einer Oberfläche des Dünnbrammenstrangs entlang der ersten Querrichtung beabstandet ist. Unter dem vorgenannten Abstand ist im Sinne der vorliegenden Erfindung insbesondere der kleinste Abstand zwischen der elektromagnetischen Bremse und der Strangoberfläche zu verstehen.

[0032] Weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Zeichnungen, sowie aus der nachfolgenden Beschreibung von bevorzugten Ausführungsformen anhand der Zeichnungen. Die Zeichnungen illustrieren dabei lediglich beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung, welche den wesentlichen Erfindungsgedanken nicht einschränken.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0033]

Figur 1 zeigt eine schematische Schnittbildansicht einer Vorrichtung zum Dünnbrammenstranggießen gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Figuren 2a und 2b zeigen schematische Detailansichten der Vorrichtung zum Dünnbrammenstranggießen gemäß der beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung im Bereich der Kokille und unterhalb der Kokille.

Ausführungsformen der Erfindung

[0034] In den verschiedenen Figuren sind gleiche Teile stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen und werden daher in der Regel auch jeweils nur einmal benannt bzw. erwähnt.

[0035] In **Figur 1** ist eine schematische Schnittbildansicht einer Vorrichtung 1 zum Herstellen von Dünnbrammen im Stranggussverfahren gemäß einer beispielhaften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dargestellt.

[0036] Im vorliegenden Beispiel wird metallische Schmelze 2 aus einer Stahlgießpfanne 6 in einen Verteiler 3 überführt und von dem Verteiler 3 über ein Gießrohr 4 (Zuführmittel) in eine Kokille 5 der Vorrichtung 1 gegossen. Der Durchfluss durch das Gießrohr wird in Abhängigkeit vom Gießspiegel 7 in der Kokille 5 mit einem Stopfen 8 oder einem Schieber gesteuert. Die Kokille 5 umfasst eine Form mit einer nach unten offenen Durchlassöffnung mit rechteckigem Querschnitt. Die Breitseiten 28 der Form sind zwischen 40 und 120 Millimeter voneinander beabstandet, damit die Kokille 5 zum Gießen von Dünnbrammen geeignet ist. Die Form besteht aus wassergekühlten Kupferplatten, welche ein Erstarren der zugeführten metallischen Schmelze im Randbereich der Kokille 5 bewirken. In der Kokille 5 bildet sich somit aus der kontinuierlich zugeführten metallischen Schmelze 2 ein Dünnbrammenstrang 9 mit einer erstarrten Schale 10 und einem großenteils noch nicht erstarrten Querschnitt 11 innerhalb der erstarrten Schale 10. Optional oszilliert die Kokille 5, damit ein Anhaften der Strangoberfläche an der Kokille 5 verhindert wird. Der Dünnbrammenstrang 9 durchläuft die Kokille 5 entlang einer vertikalen Strangabzugsrichtung 15. Beim Verlassen der nach unten offenen Kokille 5 wird der Dünnbrammenstrang 9 von einem Transportsystem 12 (auch als Strangführungssystem bezeichnet) mit einer Vielzahl von Strangführungsrollen 13 aufgenommen und durch einen sogenannten Gießbogen 14 geführt. Der Dünnbrammenstrang 9 wird dabei bis zur vollständigen Durcherstarrung abgekühlt.

[0037] Neben der Strangabzugsrichtung 15 sind eine erste Querrichtung 18 und eine zweite Querrichtung 30 in Figur 1 skizziert. Die erste Querrichtung 18 verläuft dabei senkrecht zur Strangabzugsrichtung 15 und parallel zu einer Strangoberflächennormalen der Brammenbreite 28 (die Brammenbreite 28 ragt bei Figur 1 in die Zeichnungsebene hinein), während die zweite Querrichtung 30 senkrecht zur Strangabzugsrichtung 15 und parallel zur Strangoberfläche auf der Brammenbreite 28, d.h. also senkrecht zur ersten Querrichtung 18, verläuft.

[0038] Im oberen Bereich der Kokille 5 ist eine elektromagnetische Bremse 16 (EMBR: Electromagnetic Brake) angeordnet, welche die Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze 2 im Inneren des bereits teilerstarten Dünnbrammenstrangs 9 verlangsamt und damit Badspiegelschwankungen in der Kokille 5 verringert. Die elektromagnetische Bremse 16 umfasst im vorliegenden Beispiel zwei beidseitig des Dünnbrammenstrangs 9 angeordnete Spulen. Durch die elektromagnetische Bremse 16 wird ein elektromagnetisches Feld innerhalb der Kokille 5 erzeugt, dessen magnetische Flussdichte bevorzugt 0,1 bis 0,3 Tesla und besonders bevorzugt im Wesentlichen 0,2 Tesla beträgt. Durch das Abbremsen der Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze 2 zwischen den teilerstarten Randbereichen 10 des Dünnbrammenstrangs 9 können Gießspiegelschwankungen, sowie aus Gießspiegelschwankungen resultierende Oberflächenfehler (sogenannte Schalenfehler) und Innenfehler (bspw. Gießschlackeneinschlüsse) verhindert werden.

[0039] Unterhalb der Kokille 5 weist die erfindungsgemäße Vorrichtung 1 einen elektromagnetischen Rührer 17 zum Rühren von nichterstarten Teilen des teilerstarten Dünnbrammenstrangs 9 auf. Der elektromagnetische Rührer 17 umfasst im vorliegenden Beispiel einen Linearfeldrührer, welcher sich entlang einer der beiden Breitseiten 28 des Strangs erstreckt. Der Linearfeldrührer erzeugt über die Breite des Dünnbrammenstrangs 9 ein elektromagnetisches Wanderfeld 19 (siehe Figuren 2a und 2b), welches entlang einer zur Strangabzugsrichtung 15 senkrechten und zur Breitseite 28 der Strangoberfläche parallelen zweiten Querrichtung 30 zyklisch zwischen einem ersten Randbereich 20 des Dünnbrammenstrangs 9 und einem gegenüberliegenden zweiten Randbereich 21 des Dünnbrammenstrangs 9 hin und her läuft. Das elektromagnetische Wanderfeld 19 wird in einem entlang der Strangabzugsrichtung 15 zwischen 0,9 und 3,8 m, vorzugsweise zwischen 1,5 und 2,5 m vom Badspiegel der Kokille 5 entfernten Bereich erzeugt und umfasst im Mittel eine magnetische Flussdichte zwischen 0,1 bis 0,6 Tesla und bevorzugt von im Wesentlichen 0,4 Tesla. Das elektromagnetische Wanderfeld führt zu einem Rühren der metallischen Schmelze, wodurch ein beschleunigter und gleichmäßiger Überhitzungsabbau in der metallischen Schmelze bewirkt wird. Dies führt vorteilhafterweise zur Bildung einer größeren Kernzone mit feinkörnigem, globulitischem Gefüge im Inneren des Dünnbrammenstrangs 9, während grobe stengelkristalline Strukturen durch das elektromagnetische Rühren eingeschränkt werden. Nicht erfindungsgemäß ist, dass dieser Effekt durch einen derart eingestellten elektromagnetischen Rührer 17 erzielt wird, dass die Strömungsgeschwindigkeit der nichterstarten Teile im teilerstarten Dünnbrammenstrang kleiner als 0,7 Meter pro Sekunde und bevorzugt zwischen 0,2 und 0,7 Meter pro Sekunde ist. Trotz der beim Stranggießen von Dünnbrammen typischen kurzen Durcherstarrungszeiten und kleinvolumigen Flüssiganteile im Inneren des Dünnbrammenstrangs 9 bildet sich dann die feinkörnige, globulitische Kernzone im Erstarrungsgefüge aus, wodurch die Entstehung von Stengelkristallen zwischen der Randzone und dem Zentrumsbereich des Dünnbrammenstrangs 9 unterdrückt wird. Bei einem aus den stranggegossenen Dünnbrammen hergestellten Endprodukt können somit Längsstreifigkeiten, Gefügezeiligkeiten, Kernseigerungen und Innenrissanfälligkeiten verringert und die HIC-Beständigkeit und die Homogenität der mechanischen und magnetischen Eigenschaften gesteigert werden. Vorliegend wird beispielsweise mit einer Überhitzung, d.h. mit einer Temperaturdifferenz aus Schmelzen-Ist-Temperatur minus Liquidustemperatur, zwischen 10 und 50 Kelvin, vorzugsweise um 30 Kelvin gegossen. Es kann also an einer höheren und unkritischen Überhitzung festgehalten werden, so dass die Gefahr von Gießstörungen in Form von Tauchrohrzusetzungen und daraus resultierenden Strangoberflächenfehlern oder Strangdurchbrüchen ausgeräumt wird.

[0040] Mit der vorstehend beschriebenen Vorrichtung bzw. dem vorstehend beschriebenen Verfahren werden Dünnbrammen insbesondere für Warmband oder Kaltband hergestellt. Das Warmband oder Kaltband wird insbesondere zur Herstellung von Elektroblechen (nichtkornorientiert oder kornorientiert) oder Blechen höherfester Stähle mit Streckgrenzenwerten größer als 400 Megapascal (bspw. Vergütungsstahl) verwendet.

[0041] Anhand der oberen Figur ist jeweils zu sehen, dass das Zuführmittel das Gießrohr 4, welches in die in der Kokille 5 befindliche metallische Schmelze 2 eintaucht, und unterhalb des Gießspiegels 7 an dem Gießrohr 4 ausgebildete Ausgusslöcher 22 im unteren Teil des Gießrohres 4 umfasst. Die metallische Schmelze 2 wird mittels der Ausgusslöcher 22 unter einem Winkel zur Strangabzugsrichtung 15 des Dünnbrammenstrangs 9 eingeleitet (siehe Strömungspfeile 23). Unterhalb der Kokille 5 ist das elektromagnetische Wanderfeld 19, induziert durch den nichtdargestellten elektromagnetischen Rührer 17, angeordnet. Der elektromagnetische Rührer 17, der unterhalb der Kokille 5 angeordnet ist, erzeugt unterhalb der Kokille 5 das elektromagnetische Wanderfeld 19, welches wiederum Strömungen bewirkt, die bis in die Kokille 5 reichen können - unter Umständen sogar bis zum Badspiegel. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2a ist der elektromagnetische Rührer 17 derart konfiguriert, dass das elektromagnetische Wanderfeld 19 zwei Subfelder, ein erstes Subfeld 24 und ein zweites Subfeld 25, umfasst. Das erste Subfeld 24 des elektromagnetischen Wanderfelds 19 wandert zyklisch zwischen einem Zentrum 26 des Dünnbrammenstrangs 9 und dem ersten Randbereich 20 des Dünnbrammenstrangs 9 hin und her, während das zweite Subfeld 25 des elektromagnetischen Wanderfelds 19 zyklisch zwischen dem Zentrum 26 und dem zweiten Randbereich 21 des Dünnbrammenstrangs 9 hin und her wandert. Die

Bewegung des elektromagnetischen Wanderfelds 19 wird durch die Bewegungspfeile 27 schematisch dargestellt. Die Aufteilung des elektromagnetischen Wanderfelds 19 in zwei bidirektionale, symmetrische Subfelder führt zu einer gleichmäßigen und symmetrischen Strömung im Inneren des Dünnbrammenstrangs 9 und somit auch zu einer raschen und gleichmäßigen Abfuhr der Überhitzung. Einerseits soll hierdurch eine homogene Gefügeverfeinerung im Stranginnern und andererseits ein gleichmäßiges Strangschalenwachstum über die Strangbreite herbeigeführt werden. Auf diese Weise wird verhindert, dass durch das elektromagnetische Rühren die potentielle Gefahr eines Strangdurchbruchs oder von Oberflächen-Längsrissen entsteht. Der elektromagnetische Rührer 17 wird nicht erfindungsgemäß ferner derart eingestellt, dass die durch den Rührer erzeugte Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze an der Erstarrungsfront zwischen 0,2 bis 0,7 Meter pro Sekunde liegt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass einerseits das Strangschalenwachstum an der Strangschmalseite nicht zu stark geschwächt wird (Verringerung der Strangdurchbruchgefahr) und andererseits starke Elementverarmungen (sogenannte weiße Bänder, d.h. Verarmung an C, Mn, Si, P, S, etc.) an der Erstarrungsfront im Wirkbereich des elektromagnetischen Rührers 17 vermieden werden. Zudem muss der elektromagnetische Rührer 17 derart eingestellt werden, dass die von dem elektromagnetischen Rührer 17 erzeugten Strömungen in der metallischen Schmelze 2 nicht zu verstärkten Badspiegelschwankungen und nicht zu vergrößerten lokalen Badspiegelüberhöhungen in der Kokille 5 führen. Dabei sollten die Magnetfeldstärken des elektromagnetischen Rührers 17 und der elektromagnetischen Bremse 16 aufeinander abgestimmt sein. Die Abstimmung erfolgt beispielsweise, indem die Magnetfeldstärke der elektromagnetischen Bremse 16 bei Zuschalten des elektromagnetischen Rührers 17 um 20 bis 80 % ihres Grundwerts auf Werte zwischen 0,1 bis 0,3 Tesla angehoben wird. Als Grundwert wird in diesem Zusammenhang die Magnetfeldstärke der elektromagnetischen Bremse 16 verstanden, wie sie ohne zusätzlichen Einsatz eines elektromagnetischen Rührers 17 typischerweise eingesetzt wird. Typische Grundeinstellungen für eine elektromagnetische Bremse 16 ohne Einsatz eines elektromagnetischen Rührers 17 sind 0,08 bis 0,2 Tesla.

[0042] In der unteren Darstellung von Figur 2a ist der rechteckige Querschnitt der Durchgangsöffnung der Kokille 5 schematisch zu erkennen. Das elektromagnetische Wanderfeld 19 bzw. die beiden Subfelder 24, 25 wandern entlang der Breitseiten 28 durch den Dünnbrammenstrang 9.

[0043] Alternativ wird das elektromagnetische Wanderfeld 19 nicht in zwei Subfelder 24, 25 aufgeteilt, sondern läuft entlang der zweiten Querrichtung 30 zyklisch zwischen dem ersten Randbereich 20 des Dünnbrammenstrangs 9 und dem gegenüberliegenden zweiten Randbereich 21 des Dünnbrammenstrangs 9 hin und her. Dieses Ausführungsbeispiel ist beispielhaft in Figur 2b illustriert.

[0044] Die nachfolgenden Ausführungsbeispiele wurden mit einer Vorrichtung gemäß Figuren 1 und 2a durchgeführt:

Ausführungsbeispiel 1:

[0045] Ein Maß für den Erfolg der Verfeinerung des Erstarrungsgefüges im Inneren des Dünnbrammenstrangs ist der Anteil der globulitischen Kernzone (GKZ). Die Ausdehnung der globulitischen Kernzone in Prozent ist definiert als GKZ (%) = $D_{GKZ} \text{ (mm)} / D \text{ (mm)} \cdot 100$ mit D_{GKZ} = Dicke der globulitischen Kernzone und D = Brammendicke.

[0046] Es wurde daher ein Versuch mit der Stahlsorte S420MC, einer Gießgeschwindigkeit von 5 Meter pro Minute, einer Überhitzung im Tundish von 30 Kelvin, einer Strangdicke von 65 Millimetern, einer Strangbreite von 1550 Millimetern und einer Kokillenhöhe von 1100 Millimetern durchgeführt, bei welchem die elektromagnetische Bremse (EMBR) in der oberen Hälfte der Kokille und der elektromagnetische Rührer (EMS) unterhalb der Kokille hinter amagnetischen Rollen des Transportsystems angeordnet war. Der elektromagnetische Rührer bzw. das elektromagnetische Wechselfeld des elektromagnetischen Rührers war in einem Abstand von 2960 Millimeter vom Gießspiegel angeordnet. Dabei wurden die in der folgenden Tabelle aufgeführten Ergebnisse erzielt:

Bsp.		Magnetfeldstärke (T)	Abstand von der Strangoberfläche (mm)	GKZ (%) nur EMBR	GKZ (%) EMBR + EMS
1	EMBR	0,1	75	0 - 10	40 - 50
	EMS	0,1	310		
2	EMBR	0,2	75	0 - 10	50 - 60
	EMS	0,4	310		

[0047] Die Testreihen belegen, dass durch das Zuschalten eines unterhalb der Kokille angeordneten elektromagnetischen Rührers der Anteil der globulitischen Kernzone (GKZ) von 0 bis 10 Prozent auf einen Anteil von 40 bis 60 Prozent anwächst.

Ausführungsbeispiel 2:

[0048] Es wurde ein Zusammenhang zwischen Überhitzung der Stahlschmelze im Tundish und dem Anteil der globulitischen Kernzone einerseits und der daraus resultierenden Längsstreifigkeit am Fertigband bei Dynamostählen und der Mittenseigerung experimentell an Dynamostählen mit 2,4 % Silizium ermittelt:

Überhitzung (K)	GKZ in Dickenrichtung (%)	Längsstreifigkeit am kaltgewalzten Fertigband	Mittenseigerung
37	0	stark	mittel
24	3	stark	mittel
11	6	mittel - stark	mittel
6	30	leicht - mittel	leicht - mittel
3	50-70	keine	keine

[0049] Hieraus folgt, dass zur Vermeidung von Längsstreifigkeit und zur Verringerung der Mittenseigerung der Anteil der globulitischen Kernzone (GKZ) wenigstens 30 Prozent und vorzugsweise größer als 50 Prozent sein sollte. Eine Überhitzung von weniger als 20 K ist jedoch zu vermeiden, da andernfalls Probleme in Form von Zusetzungen der Tauchrohre in der Kokille (sogenannten "Clogging") auftreten würden, woraus Strangoberflächenfehler oder sogar Strangdurchbrüche resultieren können.

[0050] Nachfolgend wird am Beispiel für den Dynamostahl mit 2,4 % Silizium und Dünnbrammen mit einer Dicke von 63 Millimetern, einer Überhitzung im Tundish von 30 Kelvin, einer Strangbreite von 1550 Millimetern und einer Kokillenhöhe von 1100 Millimetern, der Gießspiegel lag 1000 Millimeter oberhalb der Kokillenunterseite, die Rührfrequenz betrug 6 Hz, die Strömungsgeschwindigkeit an der Erstarrungsfront betrug 0,4 m/s, gezeigt, dass durch eine entsprechende Wahl des Abstands zwischen dem Gießspiegel und dem elektromagnetischen Rührer (EMS) der erforderliche Anteil der globulitischen Kernzone (GKZ) von wenigstens 30 Prozent und vorzugsweise mindestens 50 Prozent bei unterschiedlichen Gießgeschwindigkeiten V_G erzielt werden kann:

GKZ (%)	Strangschalen-Dicke "S" an der jeweiligen Breitseite (mm)	Abstand des EMS vom Badspiegel (m)		
		$V_G = 4,0 \text{ m/min}$	$V_G = 5,0 \text{ m/min}$	$V_G = 6,0 \text{ m/min}$
30	22	4,8	6,1	7,3
40	19	3,6	4,5	5,4
50	16	2,6	3,2	3,8
60	13	1,7	2,1	2,5

[0051] Die vorstehenden Messreihen zeigen, dass der elektromagnetische Rührer bei den für Dünnbrammen-Stranggießanlagen üblichen Gießgeschwindigkeiten (V_G) zwischen 4 und 6 m/min für einen Anteil der globulitischen Kernzone von 50 Prozent zwischen 2,6 und 3,8 Meter, von 60 Prozent zwischen 1,7 und 2,5 Meter unterhalb des Badspiegels der Kokille angeordnet sein muss. Befriedigende Ergebnisse werden aber auch schon mit einem Abstand des elektromagnetischen Rührers vom Badspiegel zwischen 3,6 und 7,3 Metern erreicht.

[0052] Der Abstand zwischen Badspiegel der Kokille und dem elektromagnetischen Rührer liegt somit zwischen 0,9 und 3,8 m und bevorzugt zwischen 1,5 und 2,5 m.

Bezugszeichenliste

[0053]

- 1 Vorrichtung
- 2 metallische Schmelze
- 3 Verteiler
- 4 Gießrohr
- 5 Kokille
- 6 Stahlgießpfanne
- 7 Gießspiegel

- 8 Stopfen
- 9 Dünnbrammenstrang
- 10 Erstarrte Strangschale
- 11 Nichterstartter Querschnitt
- 5 12 Transportsystem
- 13 Strangführungsrolle
- 14 Gießbogen
- 15 Strangabzugsrichtung
- 16 Elektromagnetische Bremse
- 10 17 Elektromagnetischer Rührer
- 18 Erste Querrichtung (verläuft senkrecht zur Strangabzugsrichtung und parallel zur Strangoberflächennormalen der Brammenbreite)
- 19 Elektromagnetisches Wanderfeld
- 20 Erster Randbereich
- 15 21 Zweiter Randbereich
- 22 Ausgusslöcher im unteren Teil des Gießrohres
- 23 Strömungspfeil
- 24 Erstes Subfeld
- 25 Zweites Subfeld
- 20 26 Zentrum
- 27 Bewegungspfeil
- 28 Breitseiten
- 29 Kokillenunterseite
- 30 Zweite Querrichtung (verläuft senkrecht zur Strangabzugsrichtung und parallel zur Strangoberfläche auf der
- 25 Brammenbreite bzw. verläuft senkrecht zur Strangabzugsrichtung und senkrecht zur ersten Querrichtung)
- 31 Kokillenoberseite

Patentansprüche

- 30 1. Verfahren zum Stranggießen von Dünnbrammen aufweisend die Verfahrensschritte:
- Zuführen einer metallischen Schmelze (2) in eine Kokille (5),
 - Formen eines teilerstarten Dünnbrammenstrangs (9) aus der metallischen Schmelze (2) in der Kokille (5),
 - Reduzieren der Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze (2) im teilerstarten Dünnbrammenstrang (9) mittels einer im Bereich der Kokille (5) angeordneten elektromagnetischen Bremse (16) und
 - 35 - Abführen des teilerstarten Dünnbrammenstrangs (9) aus der Kokille (5) mittels eines Strangführungssystems (12),
- dadurch gekennzeichnet, dass
- 40 - nichterstartete Teile des teilerstarten Dünnbrammenstrangs (9) mittels eines entlang der Strangabzugsrichtung (15) des Dünnbrammenstrangs (9) stromabwärts unterhalb der Kokille (5) angeordneten elektromagnetischen Rührers (17) gerührt werden,
- 45 - wobei mittels des elektromagnetischen Rührers (17) ein elektromagnetisches Wanderfeld (19) in einem entlang der Strangabzugsrichtung (15) zwischen 0,9 und 3,8 m vom Badspiegel der Kokille (5) entfernten Bereich des Dünnbrammenstrangs (9) erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das elektromagnetische Wanderfeld (19) in einem entlang der Strangabzugsrichtung (15) zwischen 1,5 und 2,5m vom Badspiegel der Kokille (5) entfernten Bereich des Dünnbrammenstrangs (9) erzeugt wird.
- 50 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mittels der elektromagnetischen Bremse (16) ein elektromagnetisches Feld innerhalb der Kokille (5) erzeugt wird, wobei die elektromagnetische Bremse (16) in der oberen Hälfte der Kokille bevorzugt zwischen 20 bis 150 Millimeter von einer Oberfläche des Dünnbrammenstrangs entlang einer ersten Querrichtung (18), die senkrecht zur Strangabzugsrichtung (15) und parallel zu einer Strangoberflächennormalen auf einer Breitseite (28) des Dünnbrammenstrangs (9) verläuft, beabstandet ist.
- 55 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektromagnetische Rührer (17) derart eingestellt

wird, dass das elektromagnetische Wanderfeld (19) entlang einer zweiten Querrichtung (30), die senkrecht zur Strangabzugsrichtung (15) und senkrecht zur ersten Querrichtung (18) verläuft, von einem ersten Randbereich (20) des Dünnbrammenstrangs (9) zu einem dem ersten Randbereich (20) gegenüberliegenden zweiten Randbereich (21) des Dünnbrammenstrangs (9) läuft.

5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei mittels des elektromagnetischen Rührers (17) ein bidirektionales, symmetrisches elektromagnetisches Wanderfeld (19) über die Breite des Dünnbrammenstrangs (9) erzeugt wird, wobei der elektromagnetische Rührer (17) derart eingestellt wird, dass ein erstes Subfeld (24) des elektromagnetischen Wanderfelds (19) von einem Zentrum (26) des Dünnbrammenstrangs (9) zu einem ersten Randbereich (20) des Dünnbrammenstrangs (9) läuft und dass ein zweites Subfeld (25) des elektromagnetischen Wanderfelds (19) vom Zentrum (26) des Dünnbrammenstrangs (9) zu einem dem ersten Randbereich (20) gegenüberliegenden zweiten Randbereich (21) des Dünnbrammenstrangs (9) läuft.

15 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei mittels des elektromagnetischen Rührers (17) ein bidirektionales, symmetrisches elektromagnetisches Wanderfeld (19) über die Breite des Dünnbrammenstrangs (9) erzeugt wird, wobei der elektromagnetische Rührer (17) derart eingestellt wird, dass ein erstes Subfeld (24) des elektromagnetischen Wanderfelds (19) von einem ersten Randbereich (20) des Dünnbrammenstrangs (9) zu einem Zentrum (26) des Dünnbrammenstrangs (9) läuft und dass ein zweites Subfeld (25) des elektromagnetischen Wanderfelds (19) von einem dem ersten Randbereich (20) gegenüberliegenden zweiten Randbereich (21) des Dünnbrammenstrangs (9) zum Zentrum (26) des Dünnbrammenstrangs (9) läuft.

25 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mittels des elektromagnetischen Rührers (17) ein elektromagnetisches Wanderfeld im Bereich des Dünnbrammenstrangs (9) erzeugt wird, dessen magnetische Flussdichte im Mittel bevorzugt 0,1 bis 0,6 Tesla, besonders bevorzugt 0,3 bis 0,5 Tesla und ganz besonders bevorzugt 0,4 Tesla beträgt.

30 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der elektromagnetische Rührer (17) derart eingestellt wird, dass die Rührfrequenz mindestens 0,1 Hz oder maximal 10 Hertz beträgt und bevorzugt zwischen 0,1 und 10 Hz liegt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei mittels der elektromagnetischen Bremse (16) ein elektromagnetisches Feld innerhalb der Kokille (5) erzeugt wird, dessen magnetische Flussdichte bevorzugt 0,1 bis 0,3 Tesla, besonders bevorzugt 0,15 bis 0,25 Tesla und ganz besonders bevorzugt 0,2 Tesla beträgt.

35 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren zur Herstellung von Dünnbrammen für die Fertigung von Warmband oder Kaltband, insbesondere zur Herstellung von Elektroblechen oder Blechen höherfester Stähle vorzugsweise mit Streckgrenzwerten größer als 400 Megapascal verwendet wird.

40 11. Vorrichtung (1) zum Stranggießen von Dünnbrammen, insbesondere mittels eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend

- ein Zuführmittel zum Zuführen einer metallischen Schmelze (2),
- eine Kokille (5) zum Formen eines teilerstarrten Dünnbrammenstrangs (9) aus der zugeführten metallischen Schmelze (2),
- eine im Bereich der Kokille (5) angeordnete elektromagnetische Bremse (16) zum Reduzieren der Strömungsgeschwindigkeit der metallischen Schmelze (2) im Innern des teilerstarrten Dünnbrammenstrangs (9) und
- ein Strangführungssystem (12) zum Abführen des teilerstarrten Dünnbrammenstrangs (9) aus der Kokille (2),

50 **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Vorrichtung (1) einen entlang der Strangabzugsrichtung (15) des Dünnbrammenstrangs (9) stromabwärts unterhalb der Kokille (5) angeordneten elektromagnetischen Rührer (17) zum Rühren von nichterstarten Teilen des teilerstarrten Dünnbrammenstrangs (9) aufweist, welcher entlang der Strangabzugsrichtung (15) zwischen 0,9 und 3,8 m vom Badspiegel der Kokille (5) beabstandet ist.

55 12. Vorrichtung (1) nach Anspruch 11, wobei der elektromagnetische Rührer (17) entlang der Strangabzugsrichtung (15) zwischen 1,5 und 2,5 m vom Badspiegel der Kokille (5) beabstandet ist.

13. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei der elektromagnetische Rührer (17) einen Linearfeldrührer zur Erzeugung eines elektromagnetischen Wanderfeldes (19) im Bereich des Dünnbrammenstrangs (9) umfasst, wobei die Laufrichtung des elektromagnetischen Wanderfeldes (19) senkrecht zur Strangabzugsrichtung (15) und parallel zu einer zweiten Querrichtung (30), die senkrecht zur Strangabzugsrichtung (15) und parallel zu einer Strangoberfläche auf einer Breitseite (28) des Dünnbrammenstrangs (9) verläuft, ausgerichtet ist und wobei die Laufrichtung des elektromagnetischen Wanderfeldes (19) umkehrbar ist.
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei der elektromagnetische Rührer (17) 20 bis 1000 Millimeter, vorzugsweise 20 bis 200 Millimeter und besonders bevorzugt 20 bis 40 Millimeter von einer Oberfläche des Dünnbrammenstrangs (9) entlang einer ersten Querrichtung (18), die senkrecht zur Strangabzugsrichtung (15) und senkrecht zur zweiten Querrichtung (30) verläuft, beabstandet ist.
15. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei der elektromagnetische Rührer (17) derart konfiguriert ist, dass die Rührfrequenz zwischen 0,1 und 10 Hz liegt.
16. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die elektromagnetische Bremse (16) in der oberen Hälfte der Kokille bevorzugt zwischen 20 bis 150 Millimeter von einer Oberfläche des Dünnbrammenstrangs entlang der ersten Querrichtung (18) beabstandet ist.

Claims

1. Method for the continuous casting of thin slabs comprising the method steps of:

- feeding a molten metal (2) into a mold (5),
- molding a partially solidified thin-slab strand (9) from the molten metal (2) in the mold (5),
- reducing the flow rate of the molten metal (2) in the partially solidified thin-slab strand (9) by means of an electromagnetic brake (16) arranged in the region of the mold (5) and
- removing the partially solidified thin-slab strand (9) from the mold (5) by means of a strand guiding system (12),

characterized in that

- unsolidified parts of the partially solidified thin-slab strand (9) are stirred by means of an electromagnetic stirrer (17) arranged underneath the mold (5) downstream along the strand takeoff direction (15) of the thin-slab strand (9),
- a traveling electromagnetic field (19) being produced by means of the electromagnetic stirrer (17) in a region of the thin-slab strand (9) that lies at a distance from the bath level of the mold (5) of between 0,9 and 3,8 m along the strand takeoff direction (15).

2. Method according to Claim 1, wherein the traveling electromagnetic field (19) is generated in a region of the thin-slab strand (9) that is at a distance from the bath level of the mold (5) of between 1,5 and 2,5 m along the strand takeoff direction (15).
3. Method according to one of the preceding claims, wherein an electromagnetic field is generated within the mold (5) by means of the electromagnetic brake (16), wherein, in the upper half of the mold, the electromagnetic brake (16) is at a distance from a surface of the thin-slab strand of preferably between 20 and 150 millimeters along a first transverse direction (18), which runs perpendicularly to the strand takeoff direction (15) and parallel to a strand surface normal on a broad side (28) of the thin-slab strand (9).
4. Method according to one of the preceding claims, wherein the electromagnetic stirrer (17) is set in such a way that, along a second transverse direction (30), which runs perpendicularly to the strand takeoff direction (15) and perpendicularly to the first transverse direction (18), the traveling electromagnetic field (19) runs from a first outer region (20) of the thin-slab strand (9) to a second outer region (21) of the thin-slab strand (9) that is opposite from the first outer region (20).
5. Method according to one of Claims 1 to 3, wherein a bidirectional, symmetrical traveling electromagnetic field (19) is generated over the width of the thin-slab strand (9) by means of the electromagnetic stirrer (17), the electromagnetic stirrer (17) being set in such a way that a first subfield (24) of the traveling electromagnetic field (19) runs from a center

(26) of the thin-slab strand (9) to a first outer region (20) of the thin-slab strand (9) and that a second subfield (25) of the traveling electromagnetic field (19) runs from the center (26) of the thin-slab strand (9) to a second outer region (21) of the thin-slab strand (9) that is opposite from the first outer region (20).

6. Method according to one of Claims 1 to 3, wherein a bidirectional, symmetrical traveling electromagnetic field (19) is generated over the width of the thin-slab strand (9) by means of the electromagnetic stirrer (17), the electromagnetic stirrer (17) being set in such a way that a first subfield (24) of the traveling electromagnetic field (19) runs from a first outer region (20) of the thin-slab strand (9) to a center (26) of the thin-slab strand (9) and that a second subfield (25) of the traveling electromagnetic field (19) runs from a second outer region (21) of the thin-slab strand (9) that is opposite from the first outer region (20) to the center (26) of the thin-slab strand (9).

7. Method according to one of the preceding claims, wherein a traveling electromagnetic field of which the magnetic flux density is on average preferably 0.1 to 0.6 tesla, particularly preferably 0.3 to 0.5 tesla and most particularly preferably substantially 0.4 tesla, is generated in the region of the thin-slab strand (9) by means of the electromagnetic stirrer (17).

8. Method according to one of the preceding claims, wherein the electromagnetic stirrer (17) is set in such a way that the stirring frequency is at least 0.1 Hz or at most 10 Hertz and preferably between 0.1 and 10 Hz.

9. Method according to one of the preceding claims, wherein an electromagnetic field of which the magnetic flux density is preferably 0.1 to 0.3 tesla, particularly preferably 0.15 to 0.25 tesla and most particularly preferably 0.2 tesla, is generated within the mold (5) by means of the electromagnetic brake (16).

10. Method according to one of the preceding claims, wherein the method is used for producing thin slabs for the production of hot strip or cold strip, in particular for producing electric sheets or sheets of higher-strength steels preferably with yield strength values greater than 400 megapascals.

11. Device (1) for the continuous casting of thin slabs, in particular by means of a method according to one of the preceding claims, comprising

- a feeding means for supplying a molten metal (2),
- a mold (5) for molding a partially solidified thin-slab strand (9) from the supplied molten metal (2),
- an electromagnetic brake (16), arranged in the region of the mold (5), for reducing the flow rate of the molten metal (2) inside the partially solidified thin-slab strand (9) and
- a strand guiding system (12) for removing the partially solidified thin-slab strand (9) from the mold (2),

characterized in that

- the device (1) comprises an electromagnetic stirrer (17), arranged underneath the mold (5) downstream along the strand takeoff direction (15) of the thin-slab strand (9), for stirring unsolidified parts of the partially solidified thin-slab strand (9), that is at a distance from the bath level of the mold (5) of between 0,9 and 3,8 m along the strand takeoff direction (15).

12. Device (1) according to Claim 11, wherein the electromagnetic stirrer (17) is at a distance from the bath level of the mold (5) of between 1,5 and 2,5 m along the strand takeoff direction (15).

13. Device (1) according to either of Claims 11 and 12, wherein the electromagnetic stirrer (17) comprises a linear field stirrer for generating a traveling electromagnetic field (19) in the region of the thin-slab strand (9), the running direction of the traveling electromagnetic field (19) being aligned perpendicularly to the strand takeoff direction (15) and parallel to a second transverse direction (30), which runs perpendicularly to the strand takeoff direction (15) and parallel to a strand surface on a broad side (28) of the thin-slab strand (9), and the running direction of the traveling electromagnetic field (19) being reversible.

14. Device (1) according to one of Claims 11 to 13, wherein the electromagnetic stirrer (17) is at a distance from a surface of the thin-slab strand (9) of 20 to 1000 millimeters, preferably 20 to 200 millimeters and particularly preferably 20 to 40 millimeters, along a first transverse direction (18), which runs perpendicularly to the strand takeoff direction (15) and perpendicularly to the second transverse direction (30).

15. Device (1) according to one of Claims 11 to 14, wherein the electromagnetic stirrer (17) is configured in such a way that

the stirring frequency is between 0.1 and 10 Hz.

16. Device (1) according to one of Claims 11 to 14, wherein, in the upper half of the mold, the electromagnetic brake (16) is at a distance from a surface of the thin-slab strand of preferably between 20 and 150 millimeters along the first transverse direction (18).

Revendications

1. Procédé de coulée continue de brames minces, présentant les étapes de procédé suivantes:

- amener un métal en fusion (2) dans une lingotière (5),
- former une barre de brames minces partiellement solidifiée (9) à partir du métal en fusion (2) dans la lingotière (5),
- réduire la vitesse d'écoulement du métal en fusion (2) dans la barre de brames minces partiellement solidifiée (9) au moyen d'un frein électromagnétique (16) disposé dans la région de la lingotière (5), et
- évacuer la barre de brames minces partiellement solidifiée (9) hors de la lingotière (5) au moyen d'un système de guidage de la barre (12),

caractérisé en ce que

- on agite des parties non solidifiées de la barre de brames minces partiellement solidifiée (9) au moyen d'un agitateur électromagnétique (17) disposé le long de la direction d'extraction de barre (15) de la barre de brames minces (9) en aval en dessous de la lingotière (5),
- dans lequel on produit au moyen de l'agitateur électromagnétique (17) un champ électromagnétique mobile (19) dans une région de la barre de brames minces (9) à une distance dans la direction d'extraction de barre (15) comprise entre 0,9 et 3,8 m du niveau du bain de fusion de la lingotière (5).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on produit le champ électromagnétique mobile (19) dans une région de la barre de brames minces (9) à une distance dans la direction d'extraction de barre (15) comprise entre 1,5 et 2,5 m du niveau du bain de fusion de la lingotière (5).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on produit au moyen du frein électromagnétique (16) un champ électromagnétique à l'intérieur de la lingotière (5), dans lequel le frein électromagnétique (16) est disposé dans la moitié supérieure de la lingotière, de préférence à une distance comprise entre 20 et 150 millimètres d'une surface de la barre de brames minces le long d'une première direction transversale (18), qui s'étend perpendiculairement à la direction d'extraction de barre (15) et parallèlement à une normale à la surface de la barre sur une face large (28) de la barre de brames minces (9).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on règle l'agitateur électromagnétique (17) de telle manière que le champ électromagnétique mobile (19) se déplace le long d'une deuxième direction transversale (30), qui s'étend perpendiculairement à la direction d'extraction de barre (15) et perpendiculairement à la première direction transversale (18), d'une première région de bord (20) de la barre de brames minces (9) à une deuxième région de bord (21) de la barre de brames minces (9) opposée à la première région de bord (20).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel on produit au moyen de l'agitateur électromagnétique (17) un champ électromagnétique mobile bidirectionnel symétrique (19) sur la largeur de la barre de brames minces (9), dans lequel on règle l'agitateur électromagnétique (17) de telle manière qu'un premier sous-champ (24) du champ électromagnétique mobile (19) se déplace d'un centre (26) de la barre de brames minces (9) à une première région de bord (20) de la barre de brames minces (9) et qu'un second sous-champ (25) du champ électromagnétique mobile (19) se déplace du centre (26) de la barre de brames minces (9) à une deuxième région de bord (21) de la barre de brames minces (9) opposée à la première région de bord (20).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel on produit au moyen de l'agitateur électromagnétique (17) un champ électromagnétique mobile bidirectionnel symétrique (19) sur la largeur de la barre de brames minces (9), dans lequel on règle l'agitateur électromagnétique (17) de telle manière qu'un premier sous-champ (24) du champ électromagnétique mobile (19) se déplace d'une première région de bord (20) de la barre de brames minces (9) à un centre (26) de la barre de brames minces (9) et qu'un second sous-champ (25) du champ

électromagnétique mobile (19) se déplace d'une deuxième région de bord (21) de la barre de brames minces (9) opposée à la première région de bord (20) au centre (26) de la barre de brames minces (9).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on produit au moyen de l'agitateur électromagnétique (17) un champ électromagnétique mobile dans la région de la barre de brames minces (9), dont la densité de flux magnétique vaut en moyenne de préférence 0,1 à 0,6 Tesla, de préférence encore 0,3 à 0,5 Tesla, et de préférence encore 0,4 Tesla.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on règle l'agitateur électromagnétique (17) de telle manière que la fréquence d'agitation vaille au moins 0,1 Hz ou au maximum 10 Hertz et se situe de préférence entre 0,1 et 10 Hz.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on produit au moyen du frein électromagnétique (16) à l'intérieur de la lingotière (5) un champ électromagnétique, dont la densité de flux magnétique vaut de préférence 0,1 à 0,3 Tesla, de préférence encore 0,15 à 0,25 Tesla et de préférence encore 0,2 Tesla.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on utilise le procédé de production de brames minces pour la fabrication de bande à chaud ou de bande à froid, en particulier pour la fabrication de tôles électriques ou de tôles en acier à très haute résistance, de préférence avec des valeurs de limite d'élasticité supérieures à 400 mégapascals.

11. Dispositif (1) de coulée continue de brames minces, en particulier au moyen du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, présentant

- un moyen d'alimentation pour amener un métal en fusion (2),
- une lingotière (5) pour former une barre de brames minces partiellement solidifiée (9) à partir du métal en fusion amené (2),
- un frein électromagnétique (16) disposé dans la région de la lingotière (5) pour réduire la vitesse d'écoulement du métal en fusion (2) à l'intérieur de la barre de brames minces partiellement solidifiée (9) et
- un système de guidage de barre (12) pour évacuer la barre de brames minces partiellement solidifiée (9) hors de la lingotière (2),

caractérisé en ce que

- le dispositif (1) présente un agitateur électromagnétique (17) disposé le long de la direction d'extraction de barre (15) de la barre de brames minces (9) en aval en dessous de la lingotière (5) pour agiter des parties non solidifiées de la barre de brames minces partiellement solidifiée (9), qui est situé à une distance le long de la direction d'extraction de barre (15) comprise entre 0,9 et 3,8 m du niveau du bain de fusion de la lingotière (5).

12. Dispositif (1) selon la revendication 11, dans lequel l'agitateur électromagnétique (17) est situé à une distance comprise entre 1,5 et 2,5 m du niveau du bain de fusion de la lingotière (5) le long de la direction d'extraction de barre (15).

13. Dispositif (1) selon une revendication 11 ou 12, dans lequel l'agitateur électromagnétique (17) comprend un agitateur à champ linéaire pour la production d'un champ électromagnétique mobile (19) dans la région de la barre de brames minces (9), dans lequel la direction de déplacement du champ électromagnétique mobile (19) est orientée perpendiculairement à la direction d'extraction de barre (15) et parallèlement à une deuxième direction transversale (30), qui s'étend perpendiculairement à la direction d'extraction de barre (15) et parallèlement à une surface de la barre sur une face large (28) de la barre de brames minces (9), et dans lequel la direction de déplacement du champ électromagnétique mobile (19) peut être inversée.

14. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans lequel l'agitateur électromagnétique (17) est espacé de 20 à 1000 millimètres, de préférence de 20 à 200 millimètres et de préférence encore de 20 à 40 millimètres d'une surface de la barre de brames minces (9) le long d'une première direction transversale (18), qui s'étend perpendiculairement à la direction d'extraction de barre (15) et perpendiculairement à la deuxième direction transversale (30).

EP 3 134 220 B2

15. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, dans lequel l'agitateur électromagnétique (17) est configuré de telle manière en ce que la fréquence d'agitation se situe entre 0,1 et 10 Hz.
- 5 16. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, dans lequel le frein électromagnétique (16) est disposé dans la moitié supérieure de la lingotière, de préférence à une distance comprise entre 20 et 150 millimètres d'une surface de la barre de brames minces le long de la première direction transversale (18).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

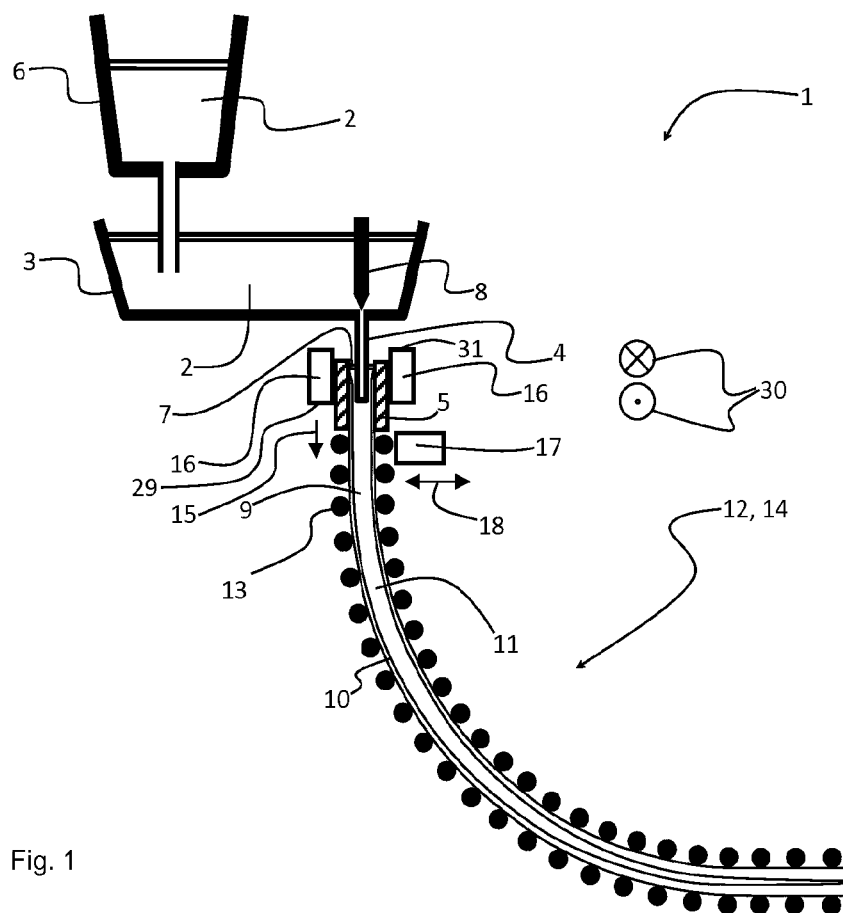


Fig. 1

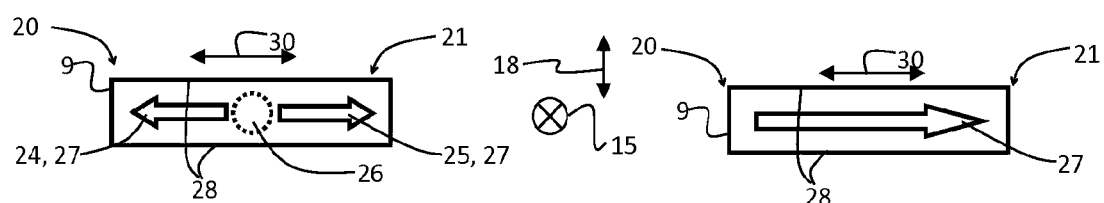
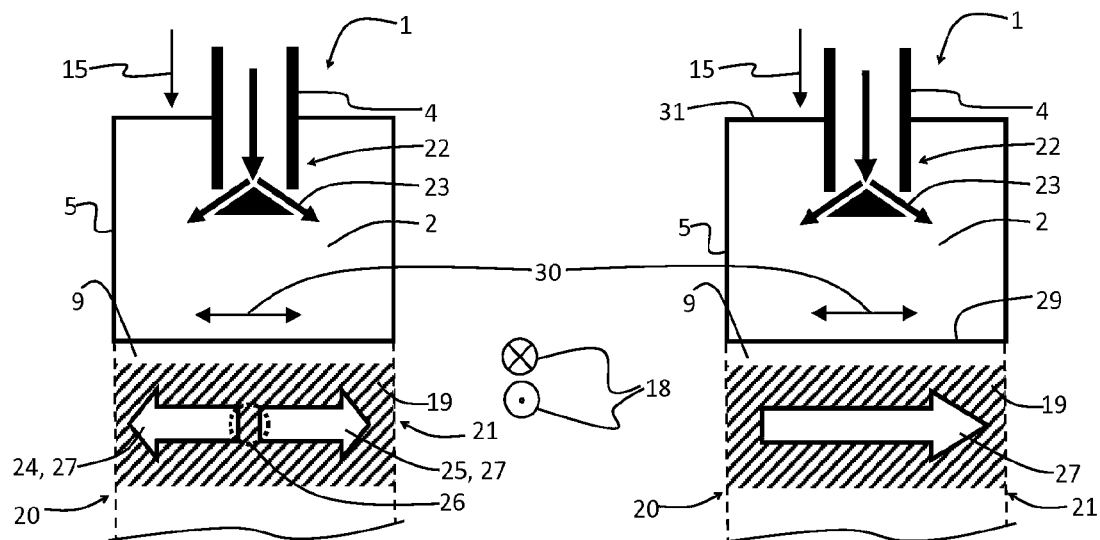


Fig. 2a

Fig. 2b

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 Patentedokumente

- DE 69824749 T2 [0006]
- DE 212009000056 U1 [0007]
- DE 102009056000 A1 [0007]
- DE 10020703 A1 [0008]
- DE 19542211 A1 [0010]
- EP 0092126 A1 [0011]
- JP 2003326339 A [0012]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **C. CRISTER et al.** Improved quality and productivity in slab casting by electromagnetic breaking and stirring. *41th Steelmaking Seminar International*, 23 May 2010, 1-15 [0005]