



(11)

EP 3 122 492 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
10.06.2020 Patentblatt 2020/24

(51) Int Cl.:
B22D 11/12^(2006.01) B22D 11/128^(2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
05.07.2017 Patentblatt 2017/27

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/051619

(21) Anmeldenummer: **15702712.9**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/079071 (04.06.2015 Gazette 2015/22)

(22) Anmeldetag: **27.01.2015**

(54) **SEMI-KONTINUIERLICHES STRANGGIESSEN EINES STAHLSTRANGS**

SEMI-CONTINUOUS CASTING OF A STEEL INGOT

COULÉE SEMI-CONTINUE D'UNE BARRE EN ACIER

(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: **27.03.2014 EP 14162061**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.02.2017 Patentblatt 2017/05

(60) Teilanmeldung:
17173954.3 / 3 251 773

(73) Patentinhaber: **Primetals Technologies Austria
GmbH
4031 Linz (AT)**

(72) Erfinder:
• **BRUGGER, Christian
A-4020 Linz (AT)**
• **HAHN, Susanne
A-4040 Linz (AT)**
• **KLUGE, Jens
86551 Aichach (DE)**

- **KOGLER, Hans-Peter
A-4050 Traun (AT)**
- **POEPPL, Johann
A-4202 Kirchschlag (AT)**
- **SHAN, Guoxin
A-8700 Leoben (AT)**
- **TANZER, Susanne
A-4060 Leonding (AT)**
- **THOENE, Heinrich
A-4020 Linz (AT)**
- **WIMMER, Franz
A-4752 Riedau (AT)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A2-2013/174512 DE-A1- 2 042 546
DE-A1- 3 542 518 DE-A1- 3 621 234
DE-A1- 4 108 785

EP 3 122 492 B2

Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Strangs, vorzugsweise eines Vorblocks, aus Stahl in einer Stranggießmaschine und eine dazu geeignete Stranggießmaschine.

Stand der Technik

[0002] Der überwiegende Teil der heute produzierten Gesamtstahlmenge wird in kontinuierlich betriebenen Stranggießmaschinen mit hohem Durchsatz zu Strängen vergossen. Nur ca. 5% der Gesamtstahlmenge wird zu Vorblöcken (engl. *ingots*) vergossen. Das Vorblockgießen ist bspw. beschrieben im ASM Handbook, Volume 15: Casting, Kapitel "Steel Ingot Casting", Seiten 911-917, DOI: 10.1361/asmhba0005295. Obwohl der Anteil von flüssigem Stahl der über die sog. *Ingotroute* zu Vorblöcken vergossen wird klein ist, ist die *Ingotroute* aber wegen der Eignung für spezielle Stahlsorten und -formate sehr profitabel.

[0003] Vorteile des Vorblockgießens sind:

- Hohe Flexibilität in den Produktabmessungen, günstig bei kleinen Losgrößen, einzigartig bei großen Formaten;
- Eignung für spezielle Stahlsorten (z.B. für Kaltformstähle CHQ; HSLA Stähle; hochlegierte Stähle mit ca. 5% Legierungsanteilen, wie Cr, Ni, Mo; Kettenstähle; Automatenstähle mit einem hohen Anteil von S, Pb, Bi; Lagerstähle mit ca. 1% C, 1,2% Cr, 0,25% Ni, 0,25% Mo; etc.); und
- höhere Qualität in punkto Vermeidung von Zentrumsseigerung und Porosität, insbesondere von Fadenporosität im Zentrum des Strangs.

[0004] Nachteile des Vorblockgießens sind:

- langsame aber nur unzureichend kontrollierbare Abkühlgeschwindigkeiten in der Vorblockkokille;
- höhere Ausbringverluste durch das Abtrennen des Kopf- und Fußteils des Vorblocks;
- höhere Betriebskosten; und
- geringere Gefügesymmetrie und Reinheit.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Untersuchungen der Anmelderin haben ergeben, dass die höhere Qualität des Vorblockgießens in Bezug auf Zentrumsseigerung und Porosität hauptsächlich durch die langsame Erstarrungsgeschwindigkeit und die vom Stranganfang zum Strangende hin gerichtete Erstarrung im Zentrumsbereich des Vorblocks bewirkt wird. Die Erstarrung im Zentrum erfolgt globular bzw. mit einer axial ausgerichteten Erstarrungsfront, sodass

eventuell auftretende Dendriten vermieden werden, welche im Zentrum Brücken bilden und das Nachsaugen der Schmelze behindern. Eine Fadenporosität im Zentrum ist somit weitgehend ausgeschlossen. Im Gegensatz dazu sind die Eigenschaften beim kontinuierlichen Stranggießen genau umgekehrt. Extrem niedrige Abkühlraten wie beim Vorblockgießen sind bei kontinuierlich betriebenen Stranggießmaschinen nicht realisierbar, da die Maschinenlänge aus wirtschaftlichen Gründen beschränkt ist. Durch die höhere Abkühlgeschwindigkeit verbunden mit der eher radial von außen nach Innen gerichteten Erstarrung beim kontinuierlichen Stranggießen wird eine dendritische Erstarrung und damit Zentrumsseigerung und Porosität verursacht. Daher werden nach dem Stand der Technik große Formate, die im Wesentlichen frei von Zentrumsseigerungen und Porositäten, insbesondere von Fadenporositäten, sein sollen, über die *Ingotroute* hergestellt. Die höheren Betriebskosten, geringere Ausbringung und Nachteile in der Gefügesymmetrie und Reinheit des Vorblocks werden dabei in Kauf genommen.

[0006] Aus der DE 2042546 A1 ist ein Verfahren zum kontinuierlichen Stranggießen eines metallischen Strangs 2 in einer Stranggießmaschine bekannt, wobei die Stranggießmaschine eine gekühlte Durchlaufkokille 3 zur Primärkühlung des Strangs, eine Sekundärkühlung zum Abkühlen des Strangs und Ausziehwalzen 4 aufweist, umfassend die Verfahrensschritte:

- Gießstart der Stranggießmaschine, wobei flüssiges Metall 6 in die Durchlaufkokille gegossen wird und das flüssige Metall einen teilerstarrten Strang ausbildet;
- Ausziehen des teilerstarrten Strangs aus der Durchlaufkokille; und
- Abkühlen des teilerstarrten Strangs in der Sekundärkühlzone.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Stands der Technik zu überwinden und ein Verfahren zum semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Strangs, vorzugsweise eines Vorblocks, aus Stahl darzustellen, bei dem der Strang

- eine geringe Zentrumsseigerung und Porosität aufweist, und
- dennoch rasch, d.h. mit hohem Durchsatz, vergossen werden kann. Dadurch soll der semi-kontinuierlich vergossene Strang einerseits ähnliche bzw. sogar bessere metallurgische Eigenschaften wie ein durch die klassische *Ingotroute* hergestellter Vorblock haben; andererseits soll der Strang aber mit einem ähnlich hohen Durchsatz produziert werden können wie in einer kontinuierlich betriebenen Stranggießmaschine.

[0008] Schließlich soll eine dafür geeignete Stranggießmaschine angegeben werden.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst, vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0010] Erfindungsgemäß werden beim Verfahren zum semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Strangs, vorzugsweise eines Vorblocks, aus Stahl in einer Stranggießmaschine, wobei die Stranggießmaschine eine gekühlte Durchlaufkokille zur Primärkühlung des Strangs, nachfolgend eine Strangführung zum Stützen und Führen des Strangs mit einer - typischerweise mehrere Kühldüsen umfassenden - Sekundärkühlung zum Abkühlen des Strangs, und wiederum nachfolgend eine Tertiärkühlung zum weiteren Abkühlen des Strangs aufweist, folgende Verfahrensschritte durchgeführt:

- Gießstart der Stranggießmaschine, wobei flüssiger Stahl in die durch einen Kaltstrang verschlossene Durchlaufkokille gegossen wird und der flüssige Stahl mit dem Kaltstrang einen durcherstarteten Stranganfang und nachfolgend einen teilerstarten Strang ausbildet;
- Ausziehen des teilerstarten Strangs aus der Durchlaufkokille;
- Stützen und Führen des teilerstarten Strangs in der Strangführung, wobei der teilerstarte Strang durch die Sekundärkühlung abgekühlt wird;
- Gießende der Stranggießmaschine, wobei das Vergießen von flüssigem Stahl in die Durchlaufkokille beendet wird und sich ein Strangende ausbildet;
- Ausziehen des Strangendes aus der Durchlaufkokille;
- Beenden des Ausziehens, sodass das Strangende außerhalb der Durchlaufkokille (d.h. im Bereich der Sekundärkühlzone oder der Tertiärkühlzone der Stranggießmaschine) liegt;
- Beenden der Sekundärkühlung;
- gesteuertes oder geregeltes Abkühlen des teilerstarten Strangs bis zur Durcherstarrung des Strangs in der Tertiärkühlzone der Stranggießmaschine, wobei das Abkühlen am Stranganfang stärker und zum Strangende hin abnehmend eingestellt wird;
- Ausfordern des Strangs aus der Stranggießmaschine.

[0011] Die dabei verwendete Stranggießmaschine ist dreiteilig gegliedert. An die typischerweise aus Kupfer bzw. einer Kupferlegierung bestehende gekühlte Durchlaufkokille zur Primärkühlung des Strangs folgt eine Strangführung zum Stützen und Führen des Strangs mit einer Sekundärkühlung, typischerweise umfassend mehrere Einstoff- (meistens sog. *water only* Düsen) und/oder Mehrstoffdüsen (meistens sog. *airmist* Düsen), zum Abkühlen der teilerstarten Strangschale, und eine Tertiärkühlzone zum weiteren Abkühlen des Strangs nach.

[0012] Um das Biegen bzw. das Rückbiegen des Strangs zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Strang-

gießmaschine als eine Vertikalstranggießmaschine mit einer senkrechten Kokille, einer senkrechten Strangführung und einer senkrechten Tertiärkühlzone ausgebildet ist.

- [0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren läuft wie folgt ab: Beim Gießstart der Stranggießmaschine wird flüssiger Stahl (typischerweise von einem metallurgischen Gefäß, wie einer Pfanne oder einem Gießverteiler) in die durch einen Kaltstrang verschlossene Durchlaufkokille vergossen, wobei der flüssige Stahl mit dem Kaltstrang einen durcherstarteten Stranganfang und einen dem Stranganfang nachfolgenden teilerstarten Strang (d.h. eine erstarrte Strangschale und einen flüssigen Kern) ausbildet. Der Durchfluss vom metallurgischen Gefäß in die Durchlaufkokille kann bspw. über einen Schieberverschluss oder einen Stopfenantrieb eingestellt werden. Anschließend wird der teilerstarte Strang aus der Durchlaufkokille ausgezogen, wobei der Gießspiegel in der Kokille, der sich durch den Zufluss von flüssigem Stahl in die Kokille und das Ausziehen des teilerstarten Strangs durch angetriebene Strangführungsrollen einstellt, in etwa konstant gehalten wird. Der teilerstarte Strang wird nach der Durchlaufkokille in der Strangführung gestützt, geführt und durch die Sekundärkühlung weiter abgekühlt. Insbesondere bei höheren Gießgeschwindigkeiten ist es vorteilhaft, wenn die Sekundärkühlung mehrere Kühldüsen aufweist; bei langsamen Gießgeschwindigkeiten kann jedoch die Kühlung durch Strahlung bereits ausreichen, eine tragfähige Strangschale zu bilden. Die Kühlintensitäten in der Primär- und Sekundärkühlung werden je nach Auszugsgeschwindigkeit so eingestellt, dass die Schale des teilerstarten Strangs dem maximal auftretenden ferrostatischen Druck in der Stranggießmaschine standhält. Wenn der Strang die gewünschte Länge bzw. das gewünschte Gewicht erreicht hat, wird der Gießvorgang beendet, bspw. durch das Verschließen des metallurgischen Gefäßes. Dadurch bildet sich ein typischerweise nicht völlig durcherstartetes Strangende des Strangs aus. Das Strangende wird nun zumindest soweit aus der Durchlaufkokille ausgezogen, dass es im Bereich der Sekundärkühlung oder der Tertiärkühlung der Stranggießmaschine zu liegen kommt. Spätestens wenn das Strangende die Sekundärkühlzone passiert hat, wird die Sekundärkühlung beendet. Der teilerstarte Strang wird nun - im Vergleich zum kontinuierlichen Stranggießen - langsam, gesteuert oder geregelt in der Tertiärkühlzone der Stranggießmaschine bis zur völligen Durcherstarrung abgekühlt. Dabei erfolgt die Abkühlung kontrolliert - stärker im Fußbereich (d.h. im Bereich des Stranganfangs) des Stranges und zum Strangkopf d.h. im Bereich des Strangendes) hin abnehmend. Damit wird im Zentrumsbereich eine von unten nach oben gerichtete Erstarrungsfront bewirkt. Im Zentrum des teilerstarten Strangs stellt sich so entweder ein globulares oder dendritisches Gefüge mit nur äußerst geringen Seigerungen und Porositäten ein. Bei dendritischer Erstarrung können die Dendriten im Strangzentrum nicht zusammenwach-

sen, wodurch die Fadenporosität im Strangzentrum vermieden wird. Schließlich wird der durchgestartete Strang aus der Stranggießmaschine ausgefördert.

[0014] Das Abkühlen des teilerstarten Strangs in der Tertiärkühlzone erfolgt entweder gesteuert oder geregelt. Als Soll-Wert für die Abkühlung kann die Oberflächentemperatur des Strangs, oder bevorzugt eine - in einem 2- oder 3-dimensionalen Modell beinhaltend die Wärmeleitungsgleichung für den Strang und gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Vorgänge bei der Gefügeumwandlung - in Echtzeit berechnete Gefügezusammensetzung im Zentrum des Strangs herangezogen werden. Dadurch kann die Abkühlung und die Gefügeausbildung im Strang sehr genau eingestellt werden. In der Tertiärkühlung wird der Strang primär durch Wärmestrahlung und ggf. durch Konvektion abgekühlt; eine Spritzkühlung ist typischerweise nicht erforderlich.

[0015] Durch die langsame Abkühlung des Strangs können eventuell notwendige Glühbehandlungen des Strangs zwecks Spannungsabbau und weiterer Strukturverbesserung bereits in der Tertiärkühlzone der Stranggießmaschine durchgeführt werden.

[0016] Erfindungsgemäß wird das langsame, geregelte oder gesteuerte, Abkühlen des Strangs zumindest durch die Heizung des Strangs beeinflusst. Vorteilhafterweise wird das langsame, geregelte oder gesteuerte, Abkühlen des Strangs durch zumindest eine der folgenden Maßnahmen beeinflusst:

- a) Beeinflussung der Wärmeisolation des Strangs,
- b) Oberflächenkühlung des Strangs.

[0017] Durch die gezielte Beeinflussung der Wärmeisolation kann ohne zusätzliche Energie die Abkühlung am Stranganfang stärker als am Strangende eingestellt werden. Durch eine gezielte Heizung des Strangs kann dies mit zusätzlicher Energie sichergestellt werden. Schließlich kann eine - ggf. nur lokal - vorliegende - zu langsame Abkühlung des Strangs durch eine Oberflächenkühlung des Strangs behoben werden.

[0018] Um ein zu rasches Abkühlen des teilerstarten Strangs in der Tertiärkühlzone zu verhindern, ist es vorteilhaft, wenn der teilerstartete Strang, vorzugsweise dessen Mantelfläche, in der Tertiärkühlzone durch eine, bevorzugt induktive, Heizvorrichtung aufgeheizt wird. Alternativ kann der Strang aber auch durch Brenner aufgeheizt werden.

[0019] Obwohl ein zu langsames Abkühlen des teilerstarten Strangs gemäß der Erfindung nicht auftreten sollte, kann ein lokal zu langsames Abkühlen verhindert werden, wenn der teilerstartete Strang in der Tertiärkühlzone durch eine, bevorzugt verfahrbare, Kühlvorrichtung abgekühlt wird.

[0020] Erfindungsgemäß ist es, wenn die Heizvorrichtung in Auszugsrichtung der Stranggießmaschine verfahrbar ist. Dadurch kann die Temperatur des Strangs nur durch eine einzige Heizvorrichtung beeinflusst werden, ohne dass hierzu verteilt angeordnete Vorrichtungen

benötigt werden.

[0021] Für die Einstellung der Erstarrung ist es besonders vorteilhaft, wenn der teilerstartete Strang in der Tertiärkühlzone durch eine Wärmeisolation vor zu rascher Abkühlung geschützt wird. Vorteilhaft ist es, wenn die Wärmeisolation vor dem Gießstart vorgeheizt wird. Eine besonders effektive Wärmeisolation die zudem die Entgasung der noch nicht erstarrten Schmelze fördert und außerdem vor Verzunderung schützt, besteht darin, den Strang in einem Vakuum oder in einer Atmosphäre aus Schutzgas zu halten.

[0022] Bei der Wärmeisolation ist es vorteilhaft, wenn die Isolationswirkung entweder statisch voreingestellt wird oder während des Betriebs gesteuert oder geregelt eingestellt wird ist. Die Einstellung kann z.B. durch schwenkbare Isolationslamellen erfolgen. Die Isolationslamellen können während der Tertiärkühlphase über die Stranglänge auf verschiedene, jedoch statisch gleichbleibende, Schwenkwinkel eingestellt werden. Die Schwenkwinkel können aber auch je nach Produktionsprogramm während der Abkühlphase dynamisch verstellt werden. Bspw. können die Schwenkwinkel unten - d.h. im Bereich des Stranganfangs - größer als oben eingestellt werden, wodurch der Strangendbereich langsamer als der Stranganfangsbereich abgekühlt wird.

[0023] Um den Durchsatz im semi-kontinuierlichen Gießbetrieb zu erhöhen, ist es äußerst vorteilhaft, wenn nachdem das Strangende die Sekundärkühlung passiert hat, die gekühlte Durchlaufkokille, bevorzugt die Durchlaufkokille und die Sekundärkühlzone, von der Tertiärkühlzone getrennt (bspw. abgehoben) werden und die abgetrennten Bauteile quer zur Auszugsrichtung der Stranggießmaschine zu einer anderen Gießstation, d.h. zu einer weiteren Tertiärkühlzone, verfahren werden. Bei der weiteren Tertiärkühlzone kann ein weiterer Strang gegossen werden, währenddessen der zuvor erzeugte Strang in der Tertiärkühlzone langsam abgekühlt wird. Durch diese Maßnahmen wird die hohe Qualität des Vorblockgießens mit der hohen Produktivität des kontinuierlichen Stranggießens vereint.

[0024] Nach dem Trennen der gekühlten Durchlaufkokille, bzw. der Durchlaufkokille mit der Sekundärkühlzone, von der Tertiärkühlzone ist es vorteilhaft, wenn das Strangende durch eine Wärmeisolation vor zu rascher Abkühlung geschützt wird.

[0025] Weiters ist es vorteilhaft, wenn das Strangende durch eine Heizeinrichtung, insbesondere eine induktive Heizeinrichtung, einen Lichtbogenofen, eine Plasmaheizung oder durch das Abbrennen von exothermem Abdeckpulver, erwärmt wird.

[0026] Durch das Isolieren und das Erwärmen des Strangendes wird der obere Bereich des Strangs bis zum Durcherstarrungsende mit flüssigem Sumpf gehalten und das Nachsaugen der Schmelze in das Strangzentrum sichergestellt. Durch diese Maßnahmen wird eine hohe Qualität erzielt und eine zu große Trichterbildung im Strangende vermieden. Ähnliche Maßnahmen sind aber auch im unteren Bereich des Strangs möglich.

Durch diese Maßnahmen werden die Ausbringverluste reduziert, da nur ein kürzerer Abschnitt vom Stranganfang und -ende abgetrennt werden muss.

[0027] Zur Erzielung einer gleichmäßigen Innenstruktur ist eine Rühreinrichtung wie eine Rührspule vorteilhaft. Diese ist günstigerweise entlang der Strangachse verfahrbar. Alternativ dazu kann der teilerstartete Strang in der Tertiärkühlzone um seine eigene Achse abwechselnd im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden. Durch die Richtungsumkehr wird eine besonders innige Vermischung im Inneren des Strangs sichergestellt.

[0028] Damit der gegossene Strang möglichst schnell eine tragfähige Schale erhält und dadurch die Länge der Sekundärkühlung möglichst kurz gehalten werden kann, ist es vorteilhaft, wenn der Strang einen runden Querschnitt hat. Ein ähnlicher Effekt kann auch bei einem Strang mit einem dreirunden, vierrunden etc. Querschnitt erzielt werden.

[0029] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ebenfalls durch eine Vorrichtung nach Anspruch 10 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0030] Die erfindungsgemäße Stranggießmaschine ist gemäß Anspruch 10 ausgeführt.

[0031] Durch die Heizvorrichtung kann die Mantelfläche des Strangs aufgeheizt werden, wodurch die Abkühlung (und dadurch die Gefügeausbildung) im Zentrumsbereich des teilerstarteten Strangs in der Tertiärkühlzone der Stranggießmaschine sehr genau eingestellt werden kann.

[0032] Um die langsame Abkühlung des teilerstarteten Strangs bei einem niedrigen Energieverbrauch für die Heizvorrichtung zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn die Tertiärkühlzone eine, insbesondere statisch einstellbare oder eine dynamisch gesteuert oder geregelt einstellbare, Wärmeisolation aufweist.

[0033] Zweckmäßig ist es, wenn die Durchlaufkokille, die Sekundär- und die Tertiärkühlzone in einer Reihe (sog. in-line) angeordnet sind.

[0034] Die Produktivität der semi-kontinuierlichen Stranggießmaschine wird wesentlich erhöht, wenn die Stranggießmaschine mehrere, quer zur Auszugsrichtung der Stranggießmaschine, versetzte Tertiärkühlzonen aufweist, wobei der Maschinenkopf der Stranggießmaschine, umfassend die Durchlaufkokille und vorzugsweise die Sekundärkühlzone, mit einer Tertiärkühlzone verbindbar und trennbar sind und zumindest der Maschinenkopf quer zur Auszugsrichtung verfahrbar ist. Wie oben beschrieben, kann ein einziger Maschinenkopf mehrere Tertiärkühlzonen bedienen, sodass ein hoher Durchsatz trotz der langsamen Abkühlung der teilerstarteten Stränge erreicht wird.

[0035] Vorzugsweise wird der Maschinenkopf zu einer weiteren Tertiärkühlzone verfahren, währenddessen der Strang stationär ist. Dadurch wird die gesteuert oder geregelte, langsame Abkühlung im Zentrumsbereich des Strangs nicht gestört. Alternativ dazu kann aber auch der

Strang, ggf. mit der Tertiärkühlung, vom Maschinenkopf weggefahren werden.

[0036] Bei der Verstellung der Wärmeisolation ist es vorteilhaft, wenn die verstellbare Wärmeisolation zumindest ein - vorteilhafterweise mehrere - Isolationspanel (auch Lamelle genannt) aufweist, dass in der Auszugsrichtung der Stranggießmaschine verlagerbar oder zur Auszugsrichtung schwenkbar ist. Dadurch kann die Abkühlgeschwindigkeit des teilerstarteten Strangs passiv, d.h. ohne zusätzlichen Energieeintrag, eingestellt werden.

[0037] Mehrere Stränge mit kleinem Format können gleichzeitig erzeugt werden, wenn der Maschinenkopf der Stranggießmaschine mehrere gekühlte Durchlaufkokillen und mehrere dahinter angeordnete Strangführungen mit Sekundärkühlzonen aufweist.

[0038] Eine einfache und robuste Stranggießmaschine weist einen Strangabzugswagen zum Ausziehen des Strangs auf, wobei der Strangabzugswagen in Auszugsrichtung, beispielsweise durch Spindel-, Zahnstangen- oder Zylinderantriebe, verfahrbar ist.

[0039] Dabei stützt sich der Stranganfang über den Kaltstrang auf dem Strangabzugswagen ab.

[0040] Bei einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Stranggießmaschine ist der Strangabzugswagen mit dem Maschinenkopf verbunden, wobei der Strangabzugswagen mit dem Maschinenkopf quer zur Auszugsrichtung verfahrbar ist. Dabei wird der gegossene Strang nach dem Gießende z.B. auf einem Podest auf dem Hallenboden abgestellt und der Maschinenkopf mit dem Strangabzugswagen zur einer anderen Tertiärkühlung verfahren. Die langsame Abkühlung des abgestellten Strangs kann z.B. durch eine über den Strang gestülpte Thermohaube sichergestellt werden.

[0041] Alternativ dazu wäre es auch möglich, dass der Maschinenkopf stationär ist und der gegossene Strang quer zur Auszugsrichtung verfahrbar ist. Hier wird der gegossene Strang z.B. auf einem Podest abgestellt, wobei das Podest samt dem Strang zu einer weiteren Tertiärkühlzone verfahren werden kann.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0042] Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele, wobei die Figuren zeigen:

Fig 1 mit den Teilfiguren 1a...1f zeigen schematisch die Verfahrensschritte beim semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Vorblocks aus Stahl.

Fig 2a und 2b zeigen zwei alternative Ausführungsformen einer Tertiärkühlung für das semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Vorblocks aus Stahl.

Fig 3 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Heizaggregats zum Erwärmen eines Vorblocks in einer Tertiärkühlzone.

ärkühlung.

Fig 4 zeigt die Temperaturen bei der Abkühlung des Strangs 1 in der Tertiärkühlzone 5.

Fig 5 zeigt die Temperaturverläufe über der Zeit zu Fig 4.

Fig 6a und 6b zeigen eine erfindungsgemäße Stranggießmaschine in einem Auf- und einem Kreuzriss.

Fig 7 zeigt einen Maschinenkopf einer erfindungsgemäßen Stranggießmaschine in zwei Rissen.

Fig 8a, 8b zeigen schematisch das Ausfördern eines durcherstarten Strangs aus einer Tertiärkühlzone.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0043] In den Fig 1a...1f sind die Verfahrensschritte beim semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Strangs 1 in einer Stranggießmaschine gezeigt.

[0044] In Fig 1a wird aus einem nicht extra dargestellten Pfannenverteiler flüssiger Stahl über ein Tauchrohr in eine gekühlte Durchlaufkokille 2 gegossen, wobei beim Gießstart der Stranggießmaschine die Durchlaufkokille 2 durch den Kaltstrang 6 fluiddicht verschlossen ist, so dass sich in der Kokille ein Gießspiegel M (auch Meniskus genannt) einstellt. Durch das Verbinden des flüssigen Stahls mit dem Kopf des Kaltstrangs 6 bildet sich ein durcherstarteter Stranganfang 1a (siehe Fig 1c) aus. Durch die Primärkühlung der gekühlten Durchlaufkokille 2 ist der dem durcherstarteten Stranganfang 1a entgegen der Auszugsrichtung A nachfolgende teilerstartete Strang 1b nicht durcherstartet, sondern weist lediglich eine dünne Strangschale und einen flüssigen Kern auf. Um den Gießspiegel M in der Kokille 2 trotz des über das Tauchrohr nachströmenden flüssigen Stahls in etwa konstant zu halten, wird der Strang 1 aus der Kokille 2 ausgezogen. Dazu weist die Stranggießmaschine einen Strangabzugswagen 11 auf, der den Kaltstrang 6 selbst, eine Gewindespindel 12, eine Gewindemutter 13 und einen Motor 14 zum Verfahren des Strangabzugswagens 11 in die Auszugsrichtung A umfasst. Der Motor 14 ist über ein Getriebe und die Gewindespindel 12 mit der Gewindemutter 13 verbunden und weist einen Durchtrieb für die Gewindespindel 12 auf.

[0045] In Fig 1b wurde der Strang 1 bereits weiter aus der Durchlaufkokille 2 ausgezogen, wobei der Strang 1 in der der Kokille 2 nachfolgenden Strangführung 3 durch mehrere Strangführungsrollen 3a gestützt, geführt und durch mehrere Kühltüsen 4a in der Sekundärkühlung 4 abgekühlt wird. Dabei bildet der Strang 1 eine tragfähige Strangschale aus, die dem ferrostatischen Druck standhalten kann. Somit wird ein Durchbruch des Strangs 1 verhindert.

[0046] In Fig 1c hat der Stranganfang 1a bereits die

Sekundärkühlung 3 der Stranggießmaschine passiert und ist in die Tertiärkühlzone 5 eingetreten. In der Tertiärkühlzone 5 wird der Strang 1 weiter langsam gesteuert oder geregelt abgekühlt, sodass im Zentrum des teilerstarteten Strangs 1b die Durcherstarrung mit einer nach oben orientierten Richtung erfolgt. Dadurch bildet sich entweder ein globulares bzw. zumindest ein dendritisches, die Fadenporosität vermeidendes, Gefüge aus. Um das zu rasche Abkühlen des teilerstarteten Strangs 1b zu verhindern, weist die Tertiärkühlzone 5 eine Wärmeisolation 9 und eine in Fig 1f dargestellte Heizeinrichtung 7 auf. In der Fig 2a ist ein Beispiel einer Wärmeisolation 9 für eine Tertiärkühlung gezeigt, wobei die Atmosphäre zwischen dem Strang 1 und der Wärmehaube 9 durch eine Vakuumpumpe (hier eine Strahlpumpe 15) evakuiert wird. Hierzu wird ein Druckanschluss der Strahlpumpe 15 mit einem Druckluftnetz und der Sauganschluss der Strahlpumpe 15 mit dem Raum innerhalb der Wärmeisolation 9 verbunden. Durch diese Maßnahme wird zudem auch eine Oxidation, d.h. Verzunderung, des Strangs 1 verhindert; außerdem wird durch die Vakuumbehandlung die noch nicht durcherstartete Schmelze im Strang entgast. Die Wärmeisolation 9 weist mehrere Isolationspaneele 9a auf, die unabhängig voneinander geschlossen (Öffnungswinkel 0°), geöffnet (Öffnungswinkel 90°) oder teilweise geöffnet (90° > Öffnungswinkel > 0°) werden können.

[0047] In Fig 1d wurde das Gießen in der Stranggießmaschine beendet, sodass sich ein Strangende 1c ausbildet. Durch das Ausziehen des Strangendes 1c aus der Kokille 2, liegt der Gießspiegel M unterhalb des strichliert dargestellten Gießspiegels gemäß den Verfahrensschritten 1a-1c.

[0048] Die Fig 1e zeigt die Situation nachdem das Strangende 1c des Strangs 1 die Sekundärkühlzone 3 passiert hat, die Sekundärkühlung beendet wurde und das Strangende 1c bündig mit dem oberen Ende der Tertiärkühlzone 5 abschließt. In der Tertiärkühlzone 5 wird die langsame, gesteuert oder geregelte Abkühlung des teilerstarteten Strangs 1b durch die Wärmeisolation 9 und die Erwärmung des Strangs durch die in der Auszugsrichtung A verfahrbare Heizeinrichtung 7 sichergestellt (siehe Fig 1f). Nach dem Trennen und Abheben des Maschinenkopfs, umfassend die Durchlaufkokille 2, die Strangführung 3 und die Sekundärkühlung 4, von der Tertiärkühlung 5, wird das Strangende 1c durch eine induktive Kopfheizung 10 erwärmt, sodass eine zu rasche Abkühlung des Strangendes 1c verhindert wird.

[0049] Gemäß den Figuren 1a...1f wurde ein runder Stahlstrang 1 mit einem Durchmesser von 1200 mm und einer Länge von 10 m produziert. Die Auszugsgeschwindigkeit des Strangs 1 aus der Durchlaufkokille 2 beträgt 0,25 m/min. Durch die Wärmeisolation 9 und das Wiedererwärmen des Strangs 1 durch die verfahrbare Heizeinrichtung 7 wird die vollständige Durcherstarrung des Strangs 1 erst nach 13 h erreicht. Das Vergießen des Strangs - ohne dem langsamen Abkühlen des Strangs in der Tertiärkühlzone 5 - wurde aber bereits nach 46

min beendet. Da das Vergießen im Gegensatz zur langsamen Durcherstarrung rasch beendet ist, ist es zur Erhöhung des Durchsatzes des semi-kontinuierlichen Stranggießverfahrens vorteilhaft, wenn der in Fig 1f nicht mehr dargestellte Maschinenkopf von der Tertiärkühlzone 5 getrennt und quer zur Auszugsrichtung A zu einer weiteren Tertiärkühlzone 5 verfahren wird. Dort kann ein neuer Strang vergossen werden, währenddessen der in Fig 1f dargestellte Strang 1 weiter langsam abgekühlt wird. Nach dem langsamen Abkühlen des Strangs 1 bis zu dessen vollständiger Durcherstarrung wird der Strang aus der Stranggießmaschine ausgefördert, bspw. durch eine Vorrichtung gem. den Fig 8a und 8b.

[0050] In der Fig 2a ist eine erste alternative Ausführungsform der Tertiärkühlzone 5 von Fig 1 dargestellt. Dabei wird der Raum zwischen dem Strang 1 und der Wärmeisolierung 9 durch eine Strahlpumpe 15 evakuiert, wodurch eine gute Wärmeisolation und eine langsame Abkühlung erreicht wird. Außerdem wird die Oberfläche des Strangs 1 vor Verzunderung geschützt und die Restschmelze entgast. Die Strahlpumpe ist einfach und verschleißfrei; dessen Druckanschluss wird mit einem Druckluftanschluss P und dessen Sauganschluss mit dem zu evakuierenden Raum innerhalb der Tertiärkühlzone verbunden. Das Abblasen kann gegen Umgebungsdruck U erfolgen. Die induktive Kopfheizung 10 ist gegenüber einer Plasmaheizung vorteilhaft, da das magnetische Feld auch durch die Wärmeisolation des Strangendes 1c wirkt.

[0051] Die Fig 2b zeigt eine zweite Alternative der Tertiärkühlzone 5 von Fig 1. Dabei sind die Isolationslamellen 9a der Wärmeisolation 9 zur Auszugsrichtung verschwenkbar, sodass der Luftwechsel zwischen der Umgebungsluft und dem Strang 1 im Inneren der Tertiärkühlzone 9 einstellbar ist. Lediglich zur Illustration der Funktion der Isolationslamellen 9a wurden die Isolationslamellen 9a auf der rechten Seite des Strangs 1 geschlossen und auf der linken Seite um 10° zur Auszugsrichtung A geöffnet dargestellt. Die Verstellung der Lamellen 9a kann entweder manuell oder durch Aktoren erfolgen.

[0052] Die Fig 3 zeigt schematisch den zeitlichen Verlauf des Verfahrenswegs s der induktiven Heizvorrichtung 7 zum Wiedererwärmen der Mantelfläche des Strangs 1. Hierbei ist die Heizvorrichtung 7 im oberen Bereich des Strangs 1 durchgezogen und im unteren Bereich strichliert dargestellt. Da sich die Erstarrungsfront während der Abkühlung von unten nach oben (d.h. vom Stranganfang 1a zum Strangende 1c) verschiebt, verringert sich auch der Verfahrensweg s der Heizvorrichtung 7 über der Zeit.

[0053] Die Fig 4 zeigt die Temperaturen in °C des gemäß Fig 1 erzeugten Strangs 1 in einer Schnittdarstellung 3h nach Gießstart (Teilfigur 1), 8,3h nach Gießstart (Teilfigur 2) und bei Durcherstarrung des Strangs 1, ca. 13h nach Gießstart (Teilfigur 3). Der zeitliche Verlauf der Temperaturen des Strangs 1 an unterschiedlichen Positionen an der Oberfläche und im Zentrum des Strangs sind in Fig 5 dargestellt. Daraus geht hervor, dass das Vergießen des Strangs und damit auch die Primär- und

die Sekundärkühlung 46 min nach dem Gießstart beendet wird und anschließend der Strang 1 lediglich durch die Tertiärkühlung 5 kontrolliert abgekühlt wird.

[0054] In den Figuren 6a, 6b ist eine erfindungsgemäße VertikalStranggießmaschine in zwei Ansichten dargestellt. Der flüssige Stahl wird von einer Pfanne 30 über ein Schattenrohr in den Gießverteiler 31 gegossen, anschließend strömt die Schmelze über ein nicht dargestelltes Tauchrohr (SEN) in die Durchlaufkokille 2 ein. Durch die Primärkühlung in der Kokille 2 bildet sich ein teilerstarter Strang 1 mit einer tragfähigen Strangschale aus. In der Kokille 2 wird die Schmelze durch eine optionale Rührereinrichtung 32 noch weiter beeinflusst. Der Strang 1 wird in der Strangführung 3 gestützt, geführt und in der Sekundärkühlzone 4 weiter abgekühlt. Zumindest die Durchlaufkokille 2, die Rührspule 32, die Strangführung 3 mit der Sekundärkühlzone 4, und optional auch die Tertiärkühlzone 5, sind auf einem Gießwagen 33 auf der Gießbühne G verfahrbar. Der Strang 1 mit dem Kaltstrang 6 wird über den Strangabzugswagen 11 aus der Durchlaufkokille 2 ausgezogen. Dazu wird der Strangabzugswagen 11 über vier Gewindespindeln 12 angetrieben und durch zusätzliche Führungsschienen 34 geführt, wobei ein Motor über ein Getriebe und die Gewindespindel 12 mit der Gewindemutter 13 verbunden ist. Nachdem der Gießvorgang beendet und der Strang 1 auf dem Amboss 40 abgestellt worden ist, kann der Gießwagen 33 quer zur Auszugsrichtung A zu einer weiteren Gießstation verfahren werden, da das Gießen des teilerstarrten Strangs, d.h. ohne der Tertiärkühlung des Strangs 1, wesentlich weniger Zeit benötigt als die Tertiärkühlung des Strangs 1 bis zu dessen Durcherstarrung. In der Tertiärkühlzone 5 wird der Strang 1 durch die Wärmeisolation 9 und ggf. durch eine hier nicht dargestellte Heizeinrichtung langsam abgekühlt, sodass die Erstarrung im Zentrum des Strangs mit einer nach oben orientierten Erstarrungsfront erfolgt.

[0055] Eine detailliertere Darstellung des Maschinenkopfes der Stranggießmaschine aus den Fig 6a, 6b ist in Fig 7 dargestellt.

[0056] Die Fig 8a, 8b zeigen schematisch eine Ausführungsform für das Ausfördern des durcherstarrten Strangs 1 aus der Tertiärkühlzone. Der Strang 1 wird durch zwei Bügel 38 seitlich gestützt, sodass auf der Stranggießmaschine auch stark unterschiedliche Durchmesser (siehe Grundriss von Fig 8a) vergossen werden können. In Fig 8a ist der Strang 1 gegenüber der Vertikalen bereits ausgeschwenkt worden und liegt an den Bügeln 38 auf. In Fig 8b wird der Strang 1 über den Schwenkantrieb 39 auf einen Rollgang 37 abgelegt, wo er in Pfeilrichtung entnommen werden kann.

[0057] Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0058]

1	Strang	5
1a	Stranganfang	
1b	teilerstarrter Strang	
1c	Strangende	
2	Durchlaufkokille, Primärkühlung	
3	Strangführung	10
3a	Strangführungsrollen	
4	Sekundärkühlung, Sekundärkühlzone	
4a	Kühldüse	
5	Tertiärkühlung, Tertiärkühlzone	
6	Kaltstrang	15
7	Heizvorrichtung	
9	Wärmeisolation	
9a	Isolationspanel	
10	Kopfheizung	
11	Strangabzugswagen	20
12	Gewindespindel	
13	Gewindemutter	
14	Motor	
15	Strahlpumpe	
30, 30'	Pfanne	25
31	Gießverteiler	
32	Rührspule	
33	Gießwagen	
34	Führungsschiene	
35	Oszilliereinrichtung	30
36	Wasserabstreifer	
37	Rollgang	
38	Bügel	
39	Schwenkantrieb	
40	Amboss	35
A	Auszugsrichtung	
G	Gießbühne	
M	Gießspiegel	
P	Druck in einem Druckluftnetz	40
s	Verfahrweg	
U	Umgebungsdruck	

Patentansprüche

1. Verfahren zum semi-kontinuierlichen Stranggießen eines Strangs (1) aus Stahl in einer Stranggießmaschine, wobei die Stranggießmaschine

- eine gekühlte Durchlaufkokille (2) zur Primärkühlung des Strangs (1), nachfolgend
- eine Strangführung (3) zum Stützen und Führen des Strangs (1) mit einer Sekundärkühlung (4) zum Abkühlen des Strangs (1), und wiederum nachfolgend
- eine Tertiärkühlung (5) zum weiteren Abkühlen des Strangs (1)

aufweist, umfassend die Verfahrensschritte:

- Gießstart der Stranggießmaschine, wobei flüssiger Stahl in die durch einen Kaltstrang (6) verschlossene Durchlaufkokille (2) gegossen wird und der flüssige Stahl mit dem Kaltstrang einen durcherstarrten Stranganfang (1a) und nachfolgend einen teilerstarrten Strang (1b) ausbildet;
- Ausziehen des teilerstarrten Strangs (1b) aus der Durchlaufkokille (2);
- Stützen und Führen des teilerstarrten Strangs (1b) in der Strangführung (3), wobei der teilerstarrte Strang (1b) durch die Sekundärkühlung (4) abgekühlt wird;
- Gießende der Stranggießmaschine, wobei das Vergießen von flüssigem Stahl in die Durchlaufkokille (2) beendet wird und sich ein Strangende (1c) ausbildet;
- Ausziehen des Strangendes (1c) aus der Durchlaufkokille (2);
- Beenden des Ausziehens, sodass das Strangende (1c) außerhalb der Durchlaufkokille (2) liegt;
- Beenden der Sekundärkühlung (4);
- gesteuertes oder geregeltes Abkühlen des teilerstarrten Strangs (1b) bis zur Durcherstarrung des Strangs (1) in der Tertiärkühlzone (5) der Stranggießmaschine, wobei das Abkühlen am Stranganfang (1a) stärker und zum Strangende (1c) hin abnehmend erfolgt;
- Ausfördern des Strangs (1) aus der Stranggießmaschine.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung des teilerstarrten Strangs (1b) in der Tertiärkühlzone (5) durch die Beeinflussung zumindest eines aus der Gruppe:

- Wärmeisolation des Strangs (1, 1b),
- Heizung des Strangs (1, 1b),
- Oberflächenkühlung des Strangs (1, 1b) eingestellt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der teilerstarrte Strang (1b) in der Tertiärkühlzone (5) durch eine Heizvorrichtung (7) aufgeheizt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizvorrichtung (7) in die Auszugsrichtung (A) der Stranggießmaschine verfahrbar ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der teilerstarrte Strang (1b) in der Tertiärkühlzone (5) durch eine Wärmeisolation (9) vor zu rascher Abkühlung geschützt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Isolationswirkung der Wärmeisolation (9) eingestellt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Strangende (1c) durch eine Kopfheizung (10) erwärmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberfläche des teilerstarten Strangs (1b) durch eine Kühlvorrichtung (4a) in der Tertiärkühlzone (5) abgekühlt wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der teilerstartete Strang (1b) in der Tertiärkühlzone (5) durch eine stationäre oder in der Auszugsrichtung (A) verfahrbaren Rührspule (32) gerührt wird oder der teilerstartete Strang (1b) um seine eigene Achse in der Tertiärkühlzone (5) abwechselnd im Uhrzeigersinn und gegen den Uhrzeigersinn gedreht wird.
10. Stranggießmaschine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit
- einer Einrichtung zum Ausziehen eines Strangs (1) aus einer Durchlaufkokille (2) und einer Einrichtung (37, 38, 39) zum Ausfordern des Strangs (1) aus der Stranggießmaschine,
 - der gekühlten Durchlaufkokille (2) zur Primärkühlung des Strangs (1), nachfolgend
 - einer Strangführung (3) zum Stützen und Führen des Strangs (1) mit einer Sekundärkühlzone (4) zum Abkühlen des Strangs (1), und wiederum nachfolgend
 - einer Tertiärkühlzone (5) zum weiteren Abkühlen des Strangs (1), wobei die Durchlaufkokille (2) zur Primärkühlung, die Sekundärkühlzone (4) und die Tertiärkühlzone (5) koaxial in einer Auszugsrichtung A angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet,**
- dass** die Tertiärkühlzone (5) eine in der Tertiärkühlzone (5) in der Auszugsrichtung A verfahrbare, auf eine Mantelfläche des Strangs einwirkende Heizvorrichtung (8) zum gesteuerten oder geregelten Abkühlen des teilerstarten Strangs (1b) aufweist.
11. Stranggießmaschine nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Tertiärkühlzone (5) eine statisch einstellbare oder eine gesteuert oder geregelt einstellbare, Wärmeisolation (9) aufweist.
12. Stranggießmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **gekennzeichnet durch** mehrere, quer zur Auszugsrichtung (A) der Stranggießmaschine, versetzte Tertiärkühlzonen (5), wobei der Maschinenkopf der Stranggießmaschine, umfassend die

Durchlaufkokille (2) und die Sekundärkühlzone (4), mit einer Tertiärkühlzone (5) verbindbar und trennbar sind.

13. Stranggießmaschine nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere Tertiärkühlzonen (5) bogenförmig oder linear hintereinanderliegend angeordnet sind.
14. Stranggießmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die verstellbare Wärmeisolation (9) zumindest ein Isolationspaneel (9a) aufweist, dass in Auszugsrichtung (A) verlagerbar oder zur Auszugsrichtung (A) verschwenkbar ist.
15. Stranggießmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stranggießmaschine einen Strangabzugswagen (11) zum Ausziehen des Strangs (1) aufweist, wobei der Strangabzugswagen (11) in Auszugsrichtung (A) verfahrbar ist.
16. Stranggießmaschine nach Anspruch 11 und 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Strangabzugswagen (11) mit dem Maschinenkopf verbunden ist und beide quer zur Auszugsrichtung (A) verfahrbar sind.
17. Stranggießmaschine nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Maschinenkopf stationär ist und der Strang (1) quer zur Auszugsrichtung (A) verfahrbar ist.

Claims

1. Method for the semi-continuous casting of a strand (1) made of steel in a continuous casting machine, wherein the continuous casting machine has
- a cooled open-ended mould (2) for the primary cooling of the strand (1), followed by
 - a strand guide (3) for supporting and guiding the strand (1), having secondary cooling (4) for cooling the strand (1), followed in turn by
 - tertiary cooling (5) for cooling the strand (1) further, comprising the method steps:
- start of casting in the continuous casting machine, wherein liquid steel is poured into the open-ended mould (2) closed off by a dummy bar (6) and the liquid steel forms with the dummy bar a fully solidified strand start (1a) and then a partially solidified strand (1b);
 - extracting the partially solidified strand (1b) from the open-ended mould (2);

- supporting and guiding the partially solidified strand (1b) in the strand guide (3), wherein the partially solidified strand (1b) is cooled by the secondary cooling (4);
 - end of casting in the continuous casting machine, wherein the pouring of liquid steel into the open-ended mould (2) is ended and a strand end (1c) forms;
 - extracting the strand end (1c) from the open-ended mould (2);
 - ending extraction, such that the strand end (1c) is located outside the open-ended mould (2);
 - ending secondary cooling (4);
 - controlled or regulated cooling of the partially solidified strand (1b) until full solidification of the strand (1) in the tertiary cooling zone (5) of the continuous casting machine, wherein the cooling takes place more strongly at the strand start (1a) and in a decreasing manner toward the strand end (1c);
 - discharging the strand (1) from the continuous casting machine.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the cooling of the partially solidified strand (1b) in the tertiary cooling zone (5) is set by influencing at least one from the group of:
- thermal insulation of the strand (1, 1b),
 - heating of the strand (1, 1b),
 - surface cooling of the strand (1, 1b).
3. Method according to Claim 2, **characterized in that** the partially solidified strand (1b) is heated in the tertiary cooling zone (5) by a heating device (7).
4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the heating device (7) is displaceable in the extraction direction (A) of the continuous casting machine.
5. Method according to one of Claims 2 to 4, **characterized in that** the partially solidified strand (1b) is protected from cooling too rapidly in the tertiary cooling zone (5) by thermal insulation (9).
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** the insulating effect of the thermal insulation (9) is set.
7. Method according to one of Claims 2 to 6, **characterized in that** the strand end (1c) is heated by head heating (10).
8. Method according to one of Claims 2 to 7, **characterized in that** the surface of the partially solidified strand (1b) is cooled by a cooling device (4a) in the tertiary cooling zone (5).
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the partially solidified strand (1b) is stirred in the tertiary cooling zone (5) by a stirring coil (32) that is stationary or displaceable in the extraction direction (A), or the partially solidified strand (1b) is rotated about its own axis alternately in the clockwise direction and the counterclockwise direction in the tertiary cooling zone (5).
10. Continuous casting machine for carrying out the method according to one of Claims 1 to 9, having
- a device for extracting a strand (1) from an open-ended mould (2) and a device (37, 38, 39) for discharging the strand (1) from the continuous casting machine,
 - the cooled open-ended mould (2) for the primary cooling of the strand (1), followed by
 - a strand guide (3) for supporting and guiding the strand (1), having a secondary cooling zone (4) for cooling the strand (1), followed in turn by
 - a tertiary cooling zone (5) for cooling the strand (1) further, wherein the open-ended mould (2) for the primary cooling, the secondary cooling zone (4) and the tertiary cooling zone (5) are arranged coaxially in an extraction direction (A), **characterized**
- in that** the tertiary cooling zone (5) has a heating device (8), which is displaceable in the extraction direction (A) in the tertiary cooling zone (5) and acts on a lateral surface of the strand, for the controlled or regulated cooling of the partially solidified strand (1b).
11. Continuous casting machine according to Claim 10, **characterized in that** the tertiary cooling zone (5) has thermal insulation (9) that is statically settable or settable in a controlled or regulated manner.
12. Continuous casting machine according to either of Claims 10 and 11, **characterized by** a plurality of tertiary cooling zones (5) that are offset transversely to the extraction direction (A) of the continuous casting machine, wherein the machine head of the continuous casting machine, comprising the open-ended mould (2) and the secondary cooling zone (4) is connectable to and separable from a tertiary cooling zone (5).
13. Continuous casting machine according to Claim 12, **characterized in that** a plurality of tertiary cooling zones (5) are arranged one after another in an arcuate or linear manner.
14. Continuous casting machine according to one of

Claims 11 to 13, **characterized in that** the adjustable thermal insulation (9) has at least one insulation panel (9a) which is displaceable in the extraction direction (A) or pivotable with respect to the extraction direction (A).

5

15. Continuous casting machine according to one of Claims 11 to 14, **characterized in that** the continuous casting machine has a strand extraction carriage (11) for extracting the strand (1), wherein the strand extraction carriage (11) is displaceable in the extraction direction (A).

10

16. Continuous casting machine according to Claims 11 and 15, **characterized in that** the strand extraction carriage (11) is connected to the machine head and both are displaceable transversely to the extraction direction (A).

15

17. Continuous casting machine according to one of Claims 11 to 15, **characterized in that** the machine head is stationary and the strand (1) is displaceable transversely to the extraction direction (A).

20

Revendications

1. Procédé de coulée semi-continue d'une barre (1) en acier dans une machine de coulée continue, la machine de coulée continue comprenant

25

- une lingotière à base ouverte (2) refroidie pour le refroidissement primaire de la barre (1), avec ensuite
- un guidage de barre (3) pour soutenir et guider la barre (1), comprenant un refroidissement secondaire (4) pour le refroidissement de la barre (1), et ensuite encore
- un refroidissement tertiaire (5) pour poursuivre le refroidissement de la barre (1), comprenant les étapes de procédé suivantes :

30

- démarrage de la coulée par la machine de coulée continue, de l'acier liquide étant coulé dans la lingotière à base ouverte (2) fermée par une fausse barre (6) et l'acier liquide formant avec la fausse barre une tête de barre (1a) entièrement solidifiée et ensuite une barre (1b) partiellement solidifiée ;
- retrait de la barre (1b) partiellement solidifiée hors de la lingotière à base ouverte (2) ;
- soutien et guidage de la barre (1b) partiellement solidifiée dans le guidage de barre (3), la barre (1b) partiellement solidifiée étant refroidie par le refroidissement secondaire (4) ;
- fin de la coulée par la machine de coulée

35

45

50

55

continue, la coulée d'acier liquide dans la lingotière à base ouverte (2) étant terminée et une queue de barre (1c) se formant ;

- retrait de la queue de barre (1c) hors de la lingotière à base ouverte (2) ;
- arrêt du retrait, de sorte que la queue de barre (1c) se trouve à l'extérieur de la lingotière à base ouverte (2) ;
- arrêt du refroidissement secondaire (4) ;
- refroidissement contrôlé ou régulé de la barre (1b) partiellement solidifiée jusqu'à la solidification totale de la barre (1) dans la zone de refroidissement tertiaire (5) de la machine de coulée continue, le refroidissement s'effectuant plus intensément au niveau de la tête de barre (1a) et de manière décroissante jusqu'à la queue de barre (1c) ;
- extraction de la barre (1) hors de la machine de coulée continue.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le refroidissement de la barre (1b) partiellement solidifiée dans la zone de refroidissement tertiaire (5) est réglé par l'influence d'au moins un moyen du groupe :

- isolation thermique de la barre (1, 1b),
- chauffage de la barre (1, 1b),
- refroidissement superficiel de la barre (1, 1b).

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la barre (1b) partiellement solidifiée est chauffée grâce à un dispositif de chauffage (7) dans la zone de refroidissement tertiaire (5).

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** le dispositif de chauffage (7) peut être déplacé dans la direction de retrait (A) de la machine de coulée continue.

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** la barre (1b) partiellement solidifiée est protégée d'un refroidissement trop rapide par une isolation thermique (9) dans la zone de refroidissement tertiaire (5).

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'effet isolant de l'isolation thermique (9) est ajusté.

7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** la queue de barre (1c) est réchauffée par un chauffage de tête (10).

8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** la surface de la barre (1b) partiellement solidifiée est refroidie par un dispositif de

refroidissement (4a) dans la zone de refroidissement tertiaire (5).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la barre (1b) partiellement solidifiée est brassée par un brasseur électromagnétique (32) fixe ou déplaçable dans la direction de retrait (A) dans la zone de refroidissement tertiaire (5), ou la barre (1b) partiellement solidifiée est tournée alternativement dans le sens horaire et dans le sens anti-horaire autour de son propre axe dans la zone de refroidissement tertiaire (5). 5

10. Machine de coulée continue pour l'exécution du procédé selon l'une des revendications 1 à 9, comprenant 10
 - un dispositif pour le retrait d'une barre (1) hors d'une lingotière à base ouverte (2) et un dispositif (37, 38, 39) pour l'extraction de la barre (1) hors de la machine de coulée continue, 20
 - la lingotière à base ouverte (2) refroidie pour le refroidissement primaire de la barre (1), et ensuite
 - un guidage de barre (3) pour le soutien et le guidage de la barre (1), comprenant une zone de refroidissement secondaire (4) pour le refroidissement de la barre (1), et ensuite encore 25
 - une zone de refroidissement tertiaire (5) pour poursuivre le refroidissement de la barre (1), la lingotière à base ouverte (2) pour le refroidissement primaire, la zone de refroidissement secondaire (4) et la zone de refroidissement tertiaire (5) étant disposées de manière coaxiale dans une direction de retrait (A), **caractérisée** 30 35

en ce que la zone de refroidissement tertiaire (5) comprend un dispositif de chauffage (8) pour le refroidissement contrôlé ou régulé de la barre (1b) partiellement solidifiée, dispositif qui agit sur une surface externe de la barre et est déplaçable dans la direction de retrait (A) dans la zone de refroidissement tertiaire (5). 40

11. Machine de coulée continue selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** la zone de refroidissement tertiaire (5) comprend une isolation thermique (9) à réglage statique ou à réglage contrôlé ou régulé. 45 50

12. Machine de coulée continue selon l'une des revendications 10 à 11, **caractérisée par** plusieurs zones de refroidissement tertiaire (5) décalées perpendiculairement à la direction de retrait (A) de la machine de coulée continue, la tête de la machine de coulée continue, y compris la lingotière à base ouverte (2) et la zone de refroidissement secondaire (4), pouvant être reliées à une zone de refroidissement ter- 55

taire (5) et séparées de celle-ci.

13. Machine de coulée continue selon la revendication 12, **caractérisée en ce que** plusieurs zones de refroidissement tertiaire (5) sont disposées en arc ou linéairement les unes derrière les autres. 5

14. Machine de coulée continue selon l'une des revendications 11 à 13, **caractérisée en ce que** l'isolation thermique réglable (9) comprend au moins un panneau isolant (9a) qui peut être déplacé dans la direction de retrait (A) ou pivoté par rapport à la direction de retrait (A). 10

15. Machine de coulée continue selon l'une des revendications 11 à 14, **caractérisée en ce que** la machine de coulée continue comprend un chariot d'enlèvement de barre (11) pour le retrait de la barre (1), le chariot d'enlèvement de barre (11) pouvant être déplacé dans la direction de retrait (A). 15 20

16. Machine de coulée continue selon les revendications 11 et 15, **caractérisée en ce que** le chariot d'enlèvement de barre (11) est relié à la tête de machine et les deux peuvent être déplacés transversalement à la direction de retrait (A). 25

17. Machine de coulée continue selon l'une des revendications 11 à 15, **caractérisée en ce que** la tête de machine est fixe et la barre (1) peut être déplacée transversalement à la direction de retrait (A). 30 35

FIG 1A

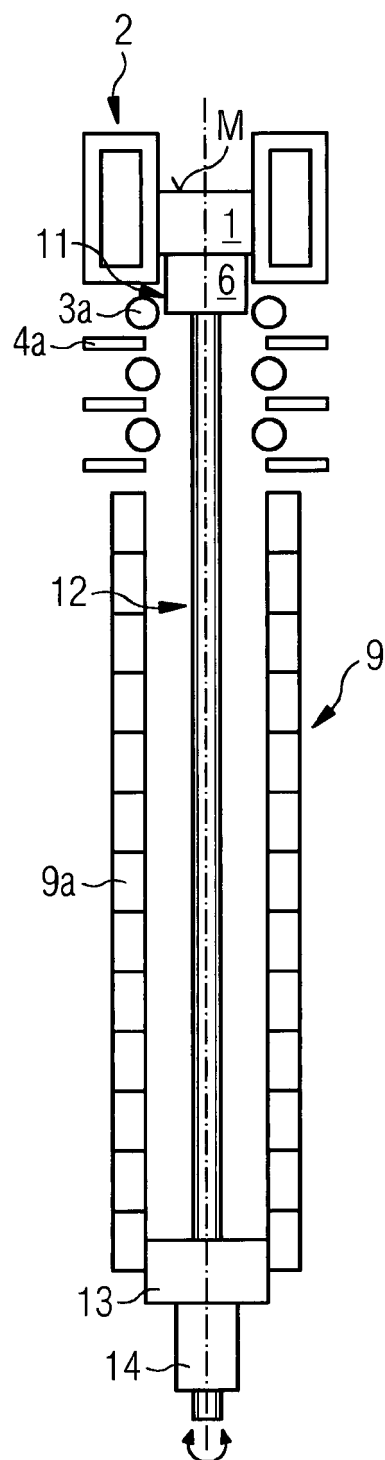


FIG 1B

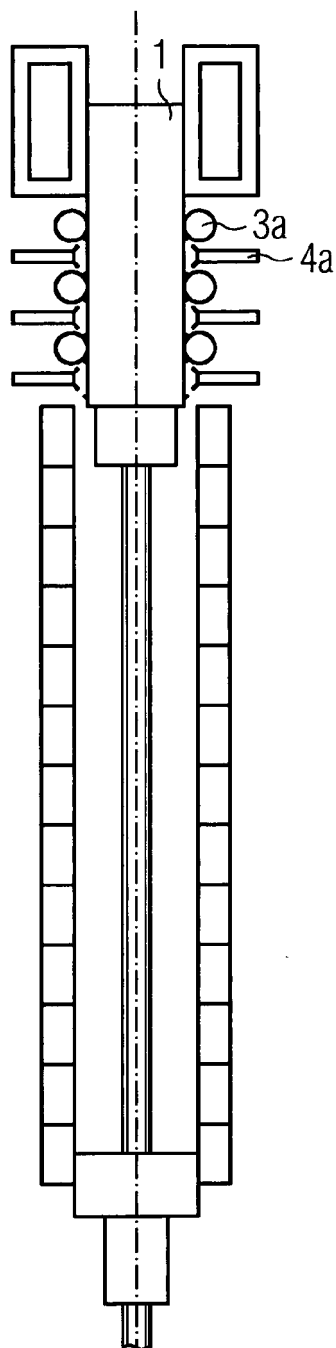


FIG 1C

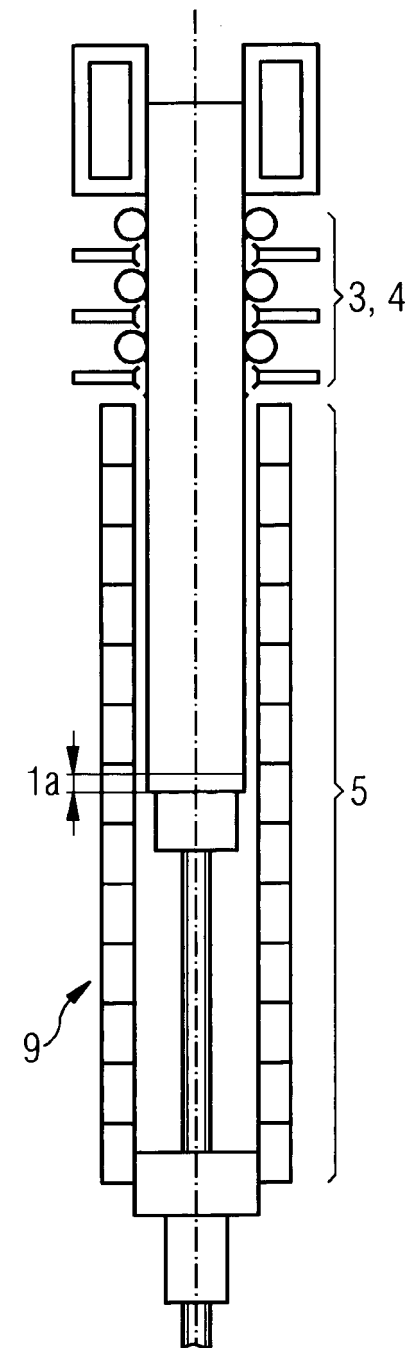


FIG 1D

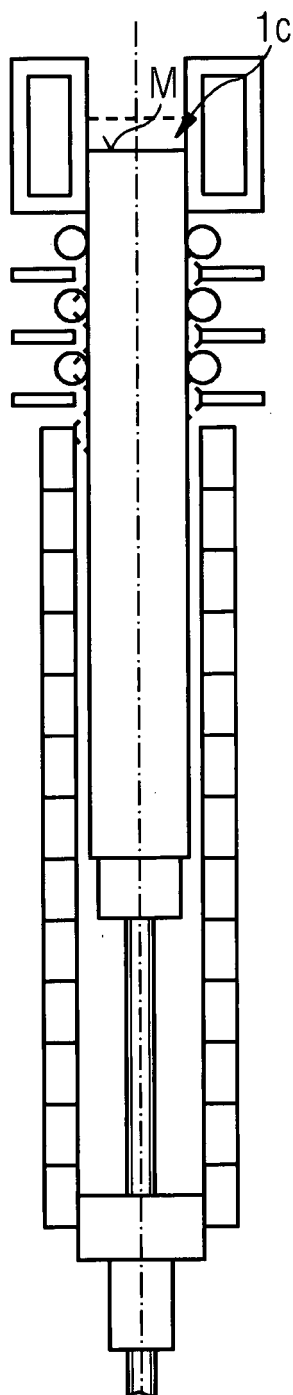


FIG 1E

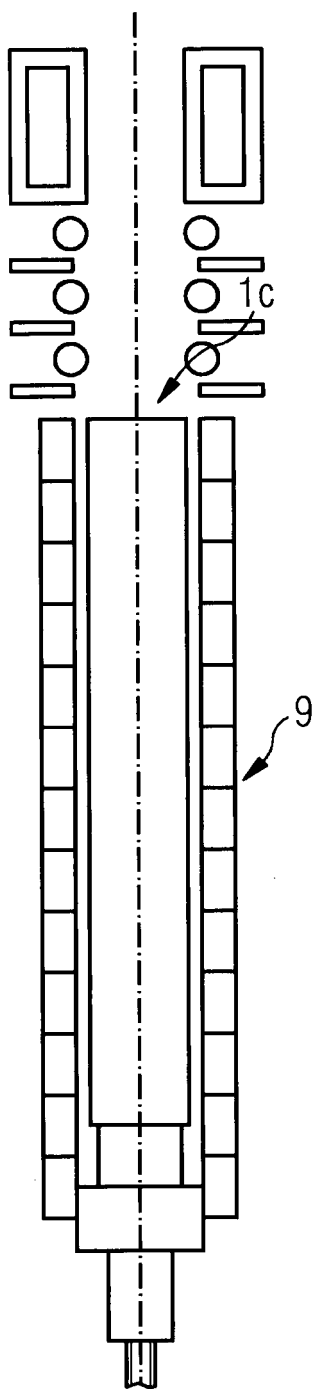


FIG 1F

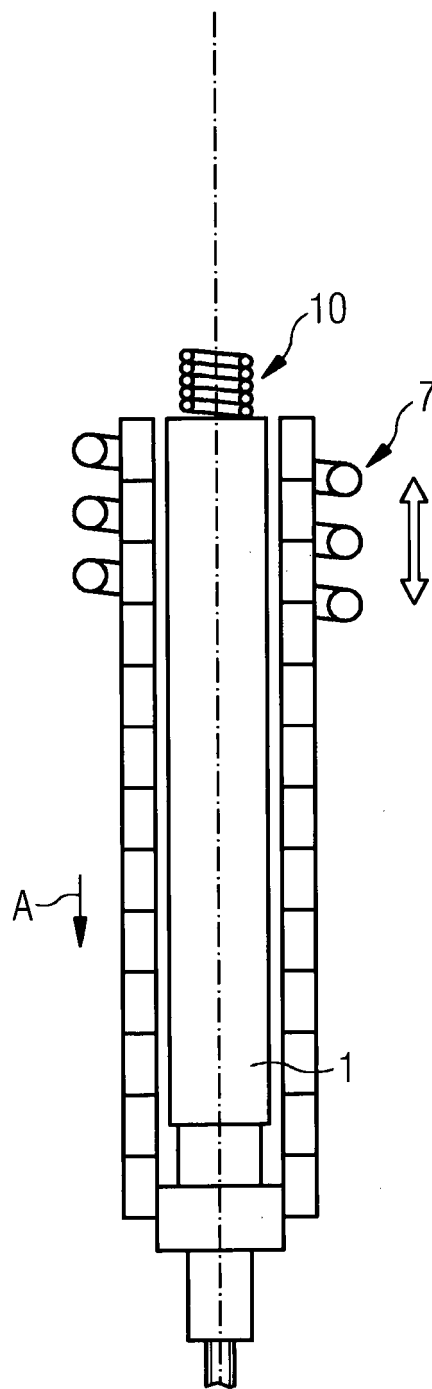


FIG 2A

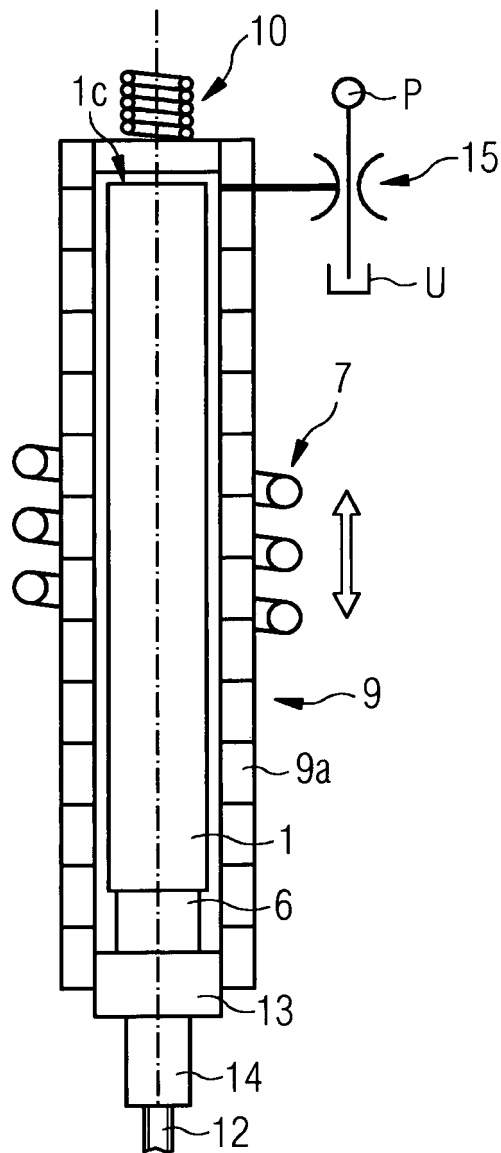


FIG 2B

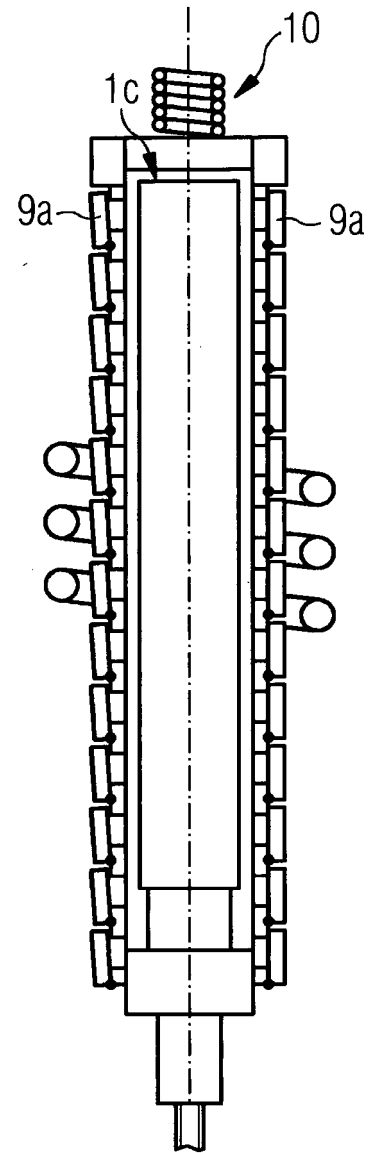
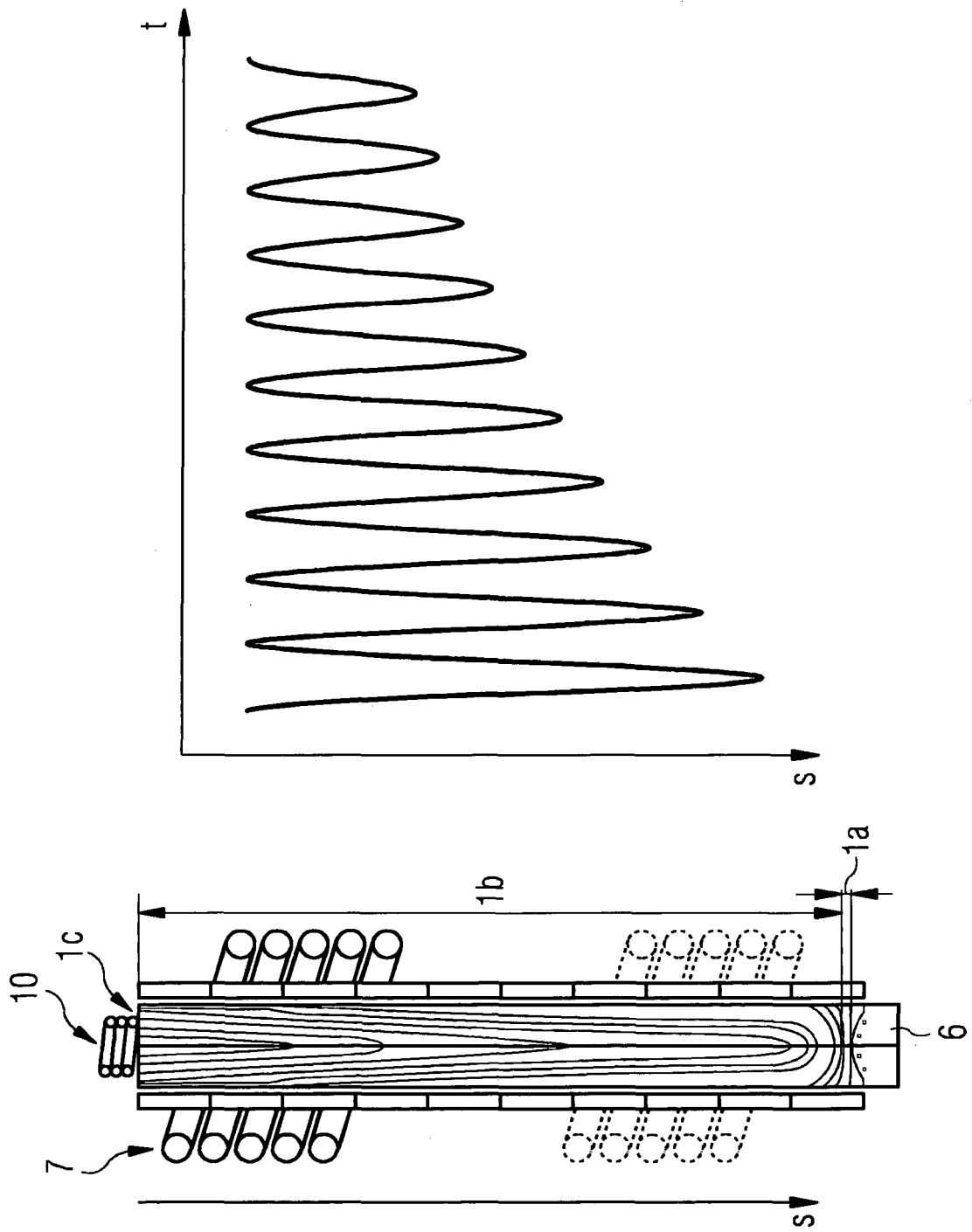
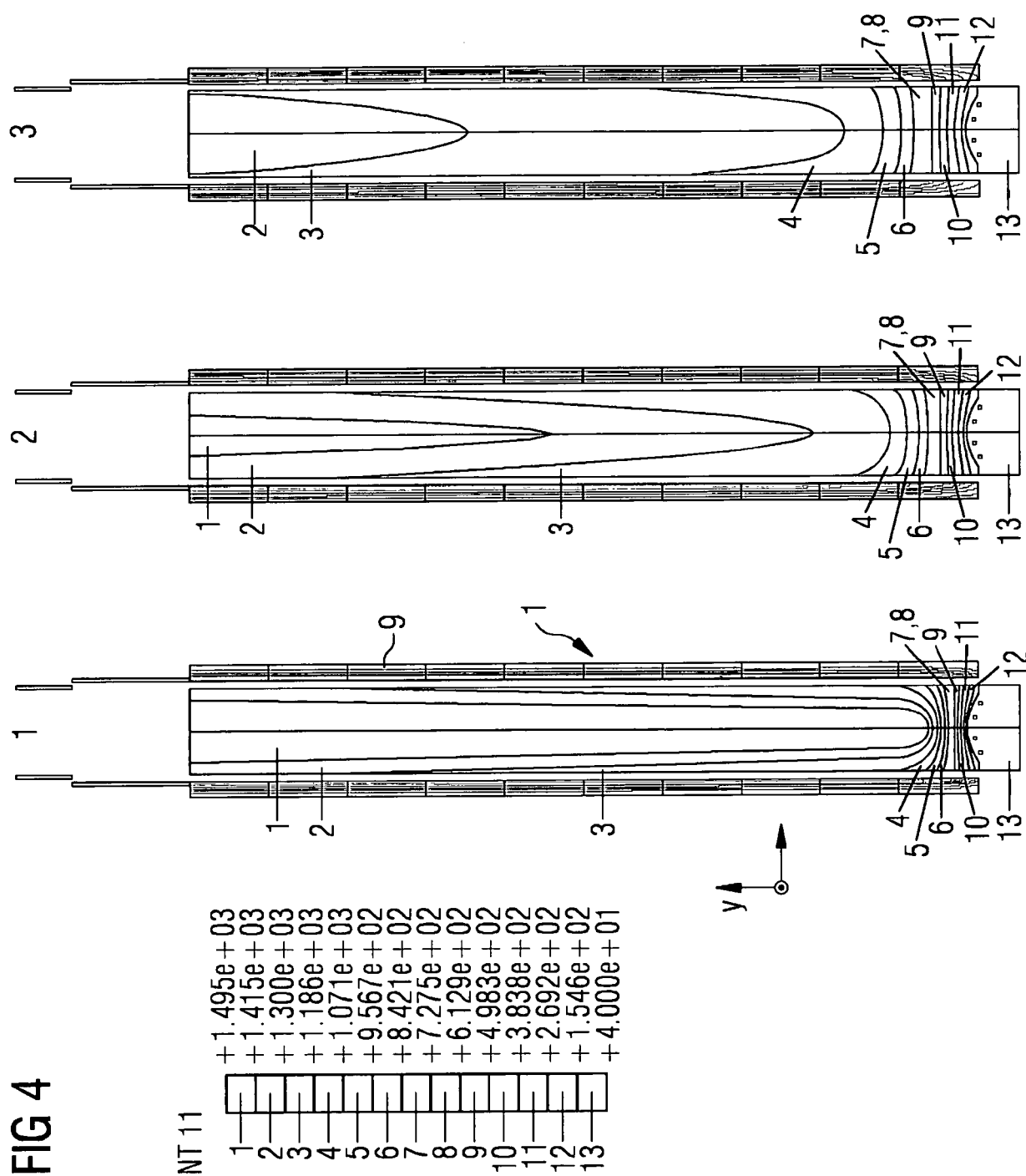


FIG 3





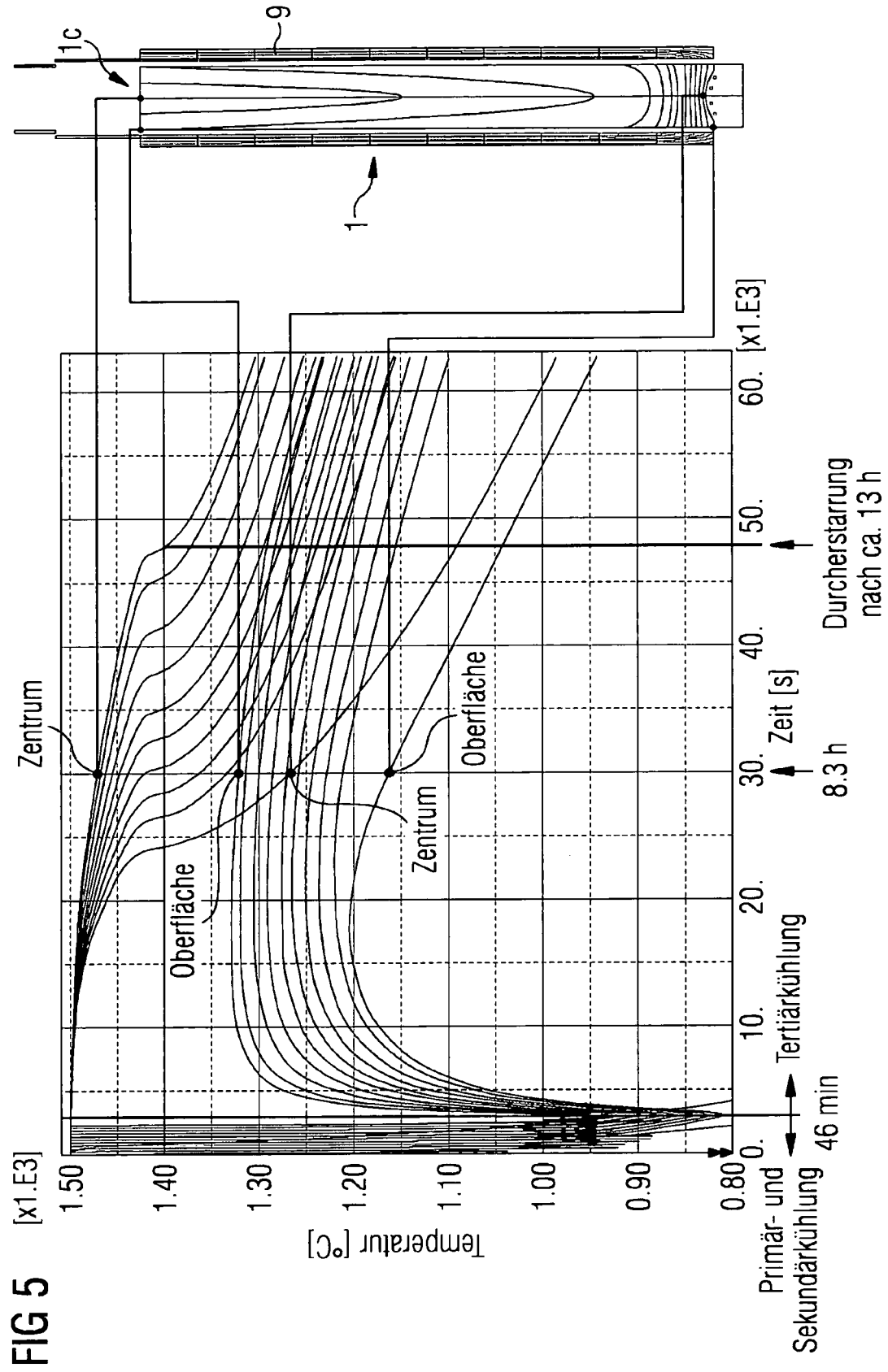


FIG 6A

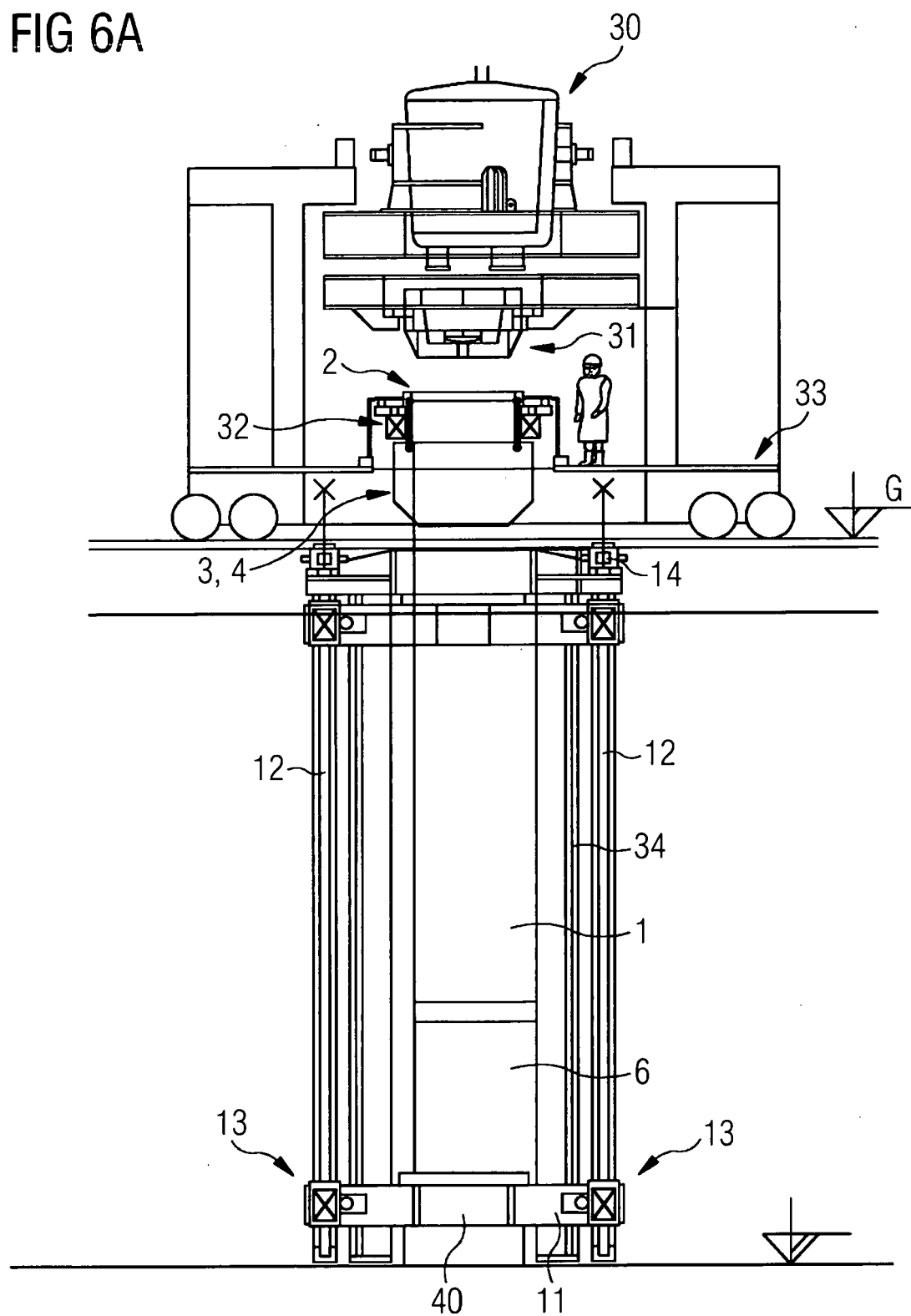


FIG 6B

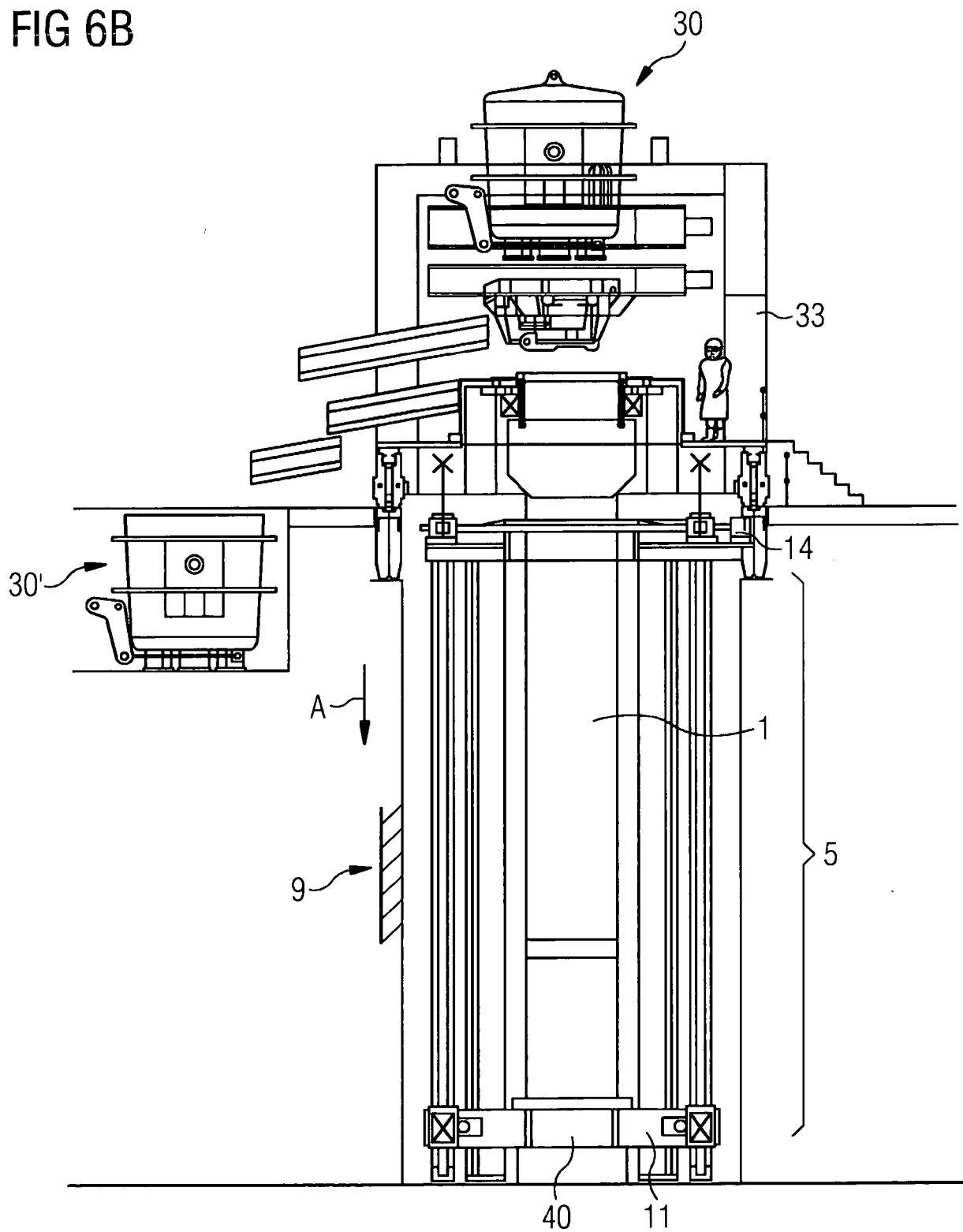


FIG 7

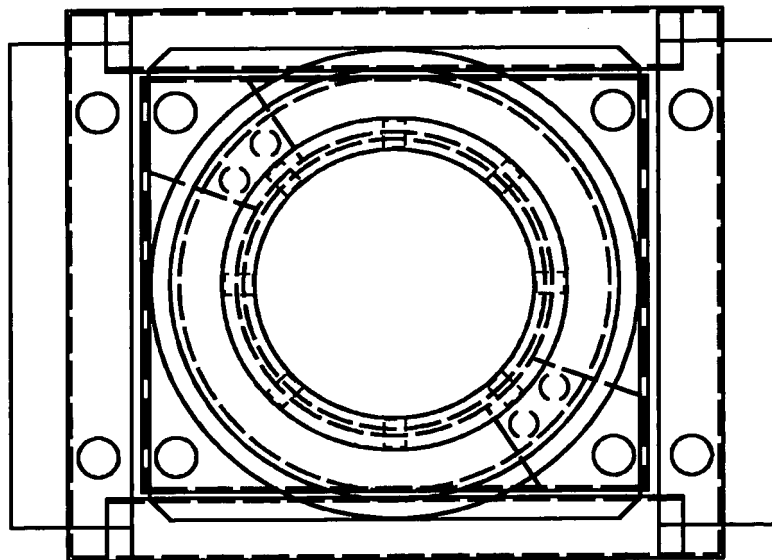
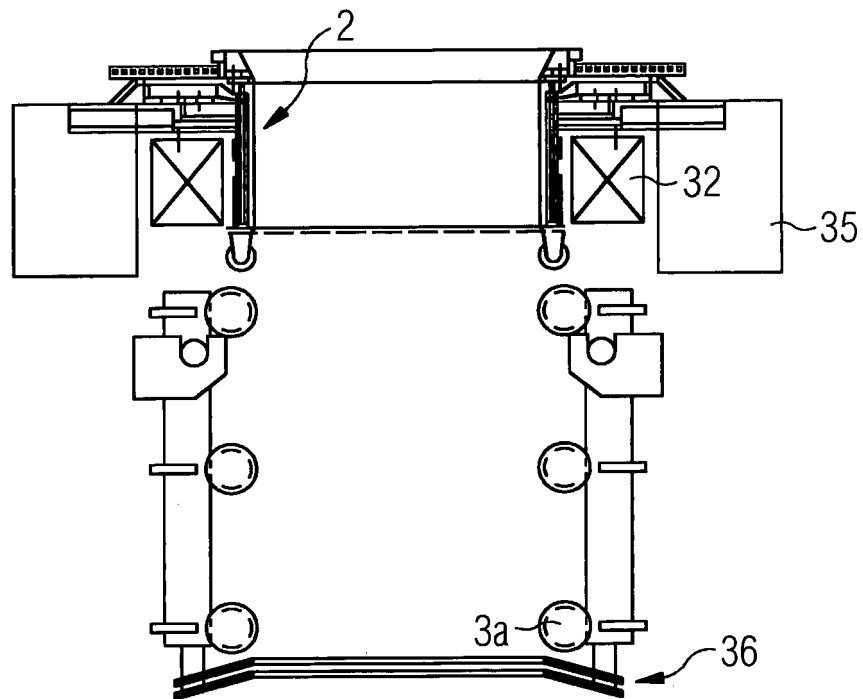


FIG 8A

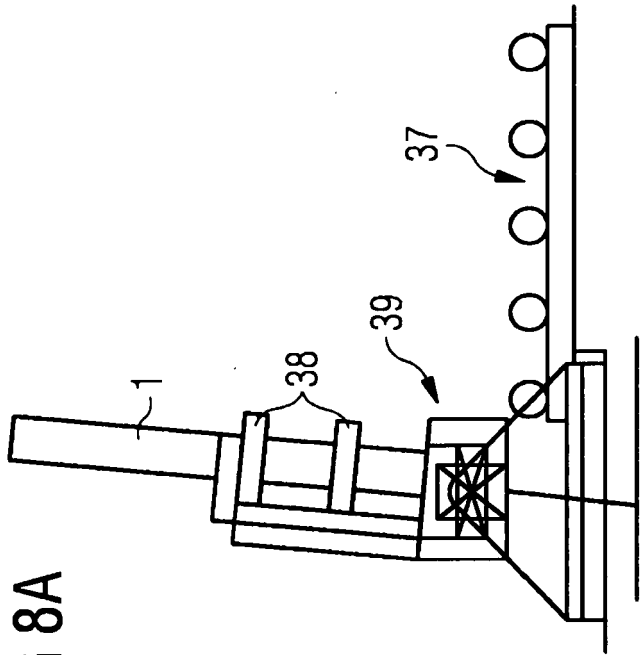
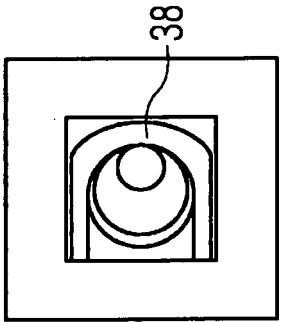
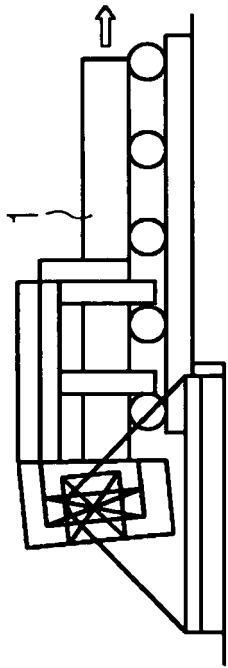


FIG 8B



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

- DE 2042546 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Steel Ingot Casting. ASM Handbook, vol. 15, 911-917
[0002]