



(11)

EP 3 535 076 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
28.08.2024 Patentblatt 2024/35

(21) Anmeldenummer: **17787436.9**

(22) Anmeldetag: **24.10.2017**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 1/46 ^(2006.01) **B22D 11/128** ^(2006.01)
B22D 11/12 ^(2006.01) **B22D 11/04** ^(2006.01)
B21B 45/06 ^(2006.01) **B22D 11/18** ^(2006.01)
B22D 11/22 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B22D 11/0408; B22D 11/1206; B22D 11/1246;
B22D 11/126; B22D 11/1265; B22D 11/1282;
B22D 11/18; B22D 11/225; B21B 1/463;
B21B 45/0218; B21B 45/06; B21B 2015/0014;
B21B 2015/0057

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2017/077138

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2018/082966 (11.05.2018 Gazette 2018/19)

(54) **GIESS-WALZ-VERBUNDANLAGE UND VERFAHREN ZUR ENDLOSEN HERSTELLUNG EINES WARMGEWALZTEN FERTIGBANDES**

COMBINED CASTING-ROLLING INSTALLATION AND METHOD FOR THE CONTINUOUS PRODUCTION OF A HOT-ROLLED FINISHED STRIP

INSTALLATION MIXTE DE COULÉE-LAMINAGE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION CONTINUE D'UNE BANDE FINIE LAMINÉE À CHAUD

(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: **03.11.2016 AT 510012016**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.09.2019 Patentblatt 2019/37

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

(72) Erfinder: **WINKLER, Roman**
4203 Altenberg (AT)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 846 508 EP-A1- 3 000 539
DE-A1- 102007 058 709

EP 3 535 076 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Gebiet der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Gieß-Walz-Verbundanlagen, das sind Anlagen bei der eine Gießanlage (typischerweise eine Stranggießanlage zur kontinuierlichen Herstellung eines Stahlstranges mit Brammenformat, z.B. Dünn- oder Mittelbrammen) direkt und inline mit einer Warmwalzstraße zur Herstellung eines warmgewalzten Bandes verbunden ist. Das warmgewalzte Band wird nach der Warmwalzstraße in einer Kühlstrecke abgekühlt und anschließend ausgefördert, z.B. durch Aufwickeln des Bandes zu Bunden (engl. *coils*). In der Literatur sind diese Anlagen z.B. auch unter TSCR (engl. *Thin Slab Casting and Rolling*) oder Arvedi ESP Anlagen bekannt.

[0002] Insbesondere betrifft die Erfindung endlos betriebene Gieß-Walz-Verbundanlagen bei der die Gießanlage als eine Dünnbrammen-Stranggießanlage ausgebildet ist (engl. *TSER Thin Slab Endless Rolling*). Dabei wird der in der Dünnbrammen-Stranggießanlage kontinuierlich hergestellte, endlose Dünnbrammenstrang direkt, inline und ungeschnitten der Warmwalzstraße zugeführt und dort zu einem endlosen Band gewalzt. Das Band wird nach der Warmwalzstraße wiederum in einer Kühlstrecke abgekühlt, danach das erste Mal auf eine bestimmte Länge bzw. ein bestimmtes Gewicht geschnitten und zu Bunden aufgewickelt.

Stand der Technik

[0003] Obwohl eine Arvedi ESP Anlage bereits wesentlich kompakter als eine CSP oder eine QSP Anlage mit einem Tunnelofen ist, sowie die anfallenden Betriebskosten und der CO₂ Ausstoß pro Tonne warmgewalzten Bandes stark reduziert wurde, gibt es einen Bedarf an noch kompakteren Gieß-Walz-Verbundanlagen zur Herstellung einer Jahresproduktionsmenge an warmgewalzten Band im Bereich von 1 Million Tonnen.

[0004] Die derzeit auf dem Markt befindlichen Lösungen, wie eine Stranggießanlage mit einer nachgeschalteten Breitbandstraße, eine Arvedi ESP-, Danieli QSP-DUE- oder SMS CSP/CEM-Anlage, sind für diese geringen Mengen nicht kompakt genug und/oder aufgrund der wesentlich höheren Jahresproduktionsmengen von ca. 2,5 Millionen Tonnen und des hohen Kapitaleinsatzes CAPEX bei einer Jahresproduktionsmenge von ca. 1 Millionen Tonnen nicht wirtschaftlich betreibbar. Somit besteht insbesondere bei kleinen Stahlwerken ein Bedarf nach einer kompakten Gieß-Walz-Verbundanlage, die günstig in Anschaffung und Betrieb ist, aber dennoch hochqualitatives Warmband unterschiedlichster Stahlgüten erzeugen kann.

[0005] Aus dem Stand der Technik sind auch Zweiwalzen-Bandgießanlagen mit einem nachgeschalteten Warmwalzwerk bekannt. Obwohl eine Zweiwalzen-Bandgießanlage sehr kompakt ist und unmittelbar ein

Band erzeugt, hat sich diese Technologie bis dato nicht durchsetzen können, da insbesondere mittel bis höher legierte Stahlgüten nicht zuverlässig hergestellt werden können.

[0006] Aus der WO 89/11363 A1 ist ein Konzept für eine Gieß-Walz-Verbundanlage bekannt, bei der ein in einer Stranggießanlage hergestellter Dünnbrammenstrang ungeschnitten in einem Vorwalzgerüst vorgewalzt, anschließend wiedererwärmt, entzündert, in einer Fertigstraße fertiggewalzt, abgekühlt und aufgewickelt wird. Untersuchungen der Anmelderin haben ergeben, dass aufgrund der Tatsache, dass bei diesem Konzept die Durcherstarrung des Dünnbrammenstrangs im Gießbogen der Stranggießmaschine erfolgt, sich eine relativ niedrige Stichtemperatur beim Vorwalzen ergibt, was zur Folge hat, dass die erforderliche Energie für die Umwandlung vom Guss in ein Walzgefüge wesentlich höher als notwendig ist. Außerdem lässt das sog. ISP Konzept viele Fragen offen, z.B. wie das Abtrennen des Kaltstrangs beim Angießen der Stranggießanlage nach Fig 1 erfolgt, wie auf Probleme in einem hinteren Anlagenteil reagiert wird etc. Somit ist das beschriebene Konzept nur bedingt industriell einsetzbar.

[0007] Aus der AT 512399 B1 und der DE 102008003222 A1 sind Gieß-Walz-Verbundanlagen mit drei Vorwalzgerüsten und fünf Fertigwalzgerüsten bekannt. Die EP 2441539 A1 zeigt eine Gieß-Walz-Verbundanlage mit vier Vorwalzgerüsten und fünf Fertigwalzgerüsten. Die Anlagen in den drei vorgenannten Schriften sind für Jahresproduktionsmengen von ca. 2,5 Millionen Tonnen und mehr ausgelegt. Die DE 19518144 A1 zeigt ein sog. Kleinstwarmwalzwerk mit drei Vorwalzgerüsten und fünf Fertigwalzgerüsten. Durch die Kombination einer Induktionsheizung und eines Ausgleichsofens zwischen der Vor- und der Fertigwalzstraße baut die Anlage aber relativ lang. Gegenüber dem Stand der Technik soll die Baulänge der Gieß-Walz-Verbundanlage weiter reduziert werden und der Energieeinsatz für die Herstellung von Fertigband weiter reduziert werden.

[0008] Aus der WO 2008/113848 A1 ist eine ultrakompakte Gieß-Walz-Verbundanlage zur Erzeugung eines Stahlbands mit einer Dicke zwischen 0,8 und 12 mm mit einem Vorwalzgerüst und vier Fertigwalzgerüsten bekannt. Ein in einer geraden Kokille der Stranggießanlage erzeugter Dünnbrammenstrang mit einer Dicke zwischen 40 und 55 mm wird durch eine Soft-Reduction in einem "pre-rolling device" im vertikalen Bereich der Strangführung zu einem durcherstarrten Strang mit einer Dicke zwischen 15 und 37 mm reduziert. Im Normalbetrieb wird die nachfolgende bogenförmige Strangführung weggeklappt, sodass der durcherstarrte Dünnbrammenstrang eine frei hängende Schleife ausbildet. Der Dünnbrammenstrang wird dann entzündert, in dem Vorwalzgerüst vorgewalzt, durch eine Schere geschnitten, in einem Induktionsofen erhitzt, neuerlich entzündert und durch die Fertigwalzgerüste fertiggewalzt. Das Fertigband wird anschließend abgekühlt, geschnitten und aufgehäpelt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine kompakte Gieß-Walz-Verbundanlage der eingangs genannten Art und ein Verfahren zur endlosen Herstellung eines warmgewalzten Fertigbands auf der Gieß-Walz-Verbundanlage anzugeben, mit denen qualitativ hochwertiges Fertigband unterschiedlichster Stahlgüten (Low- und Medium Carbon, aber auch HSLA, API Grades etc.) kostengünstig hergestellt werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird durch die Gieß-Walz-Verbundanlage nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0011] Die gerade Kokille, vorzugsweise eine Trichterkokille (engl. *funnel mold*) in Kombination mit dem nachfolgenden vertikalen Abschnitt der Strangführung stellt sicher, dass sich etwaige nichtmetallische Einschlüsse in der Stahlschmelze am Meniskus ansammeln und vom Gießpulvers gebunden werden. Dadurch wird die metallurgische Qualität des Dünnbrammenstrangs verbessert. Durch den relativ dicken und breiten Dünnbrammenstrang am Ausgang der Kokille wird einerseits ein hoher Massenfluss durch die Anlage erreicht und andererseits durch die Dickenreduktion (z.B. eine sog. *Liquid Core Reduction*) in der Strangführung dennoch bereits in der Stranggießanlage ein relativ dünner Dünnbrammenstrang hergestellt. Zumindest

- die Sekundärkühlung in der Strangführung, und
- die Gießgeschwindigkeit v_C ,
sowie vorzugsweise ein Parameter aus der Liste
- die Primärkühlung in der Kokille,
- die Dickenreduktion in der Strangführung,

werden durch eine Steuer- oder Regeleinrichtung der Stranggießanlage so eingestellt, dass der Dünnbrammenstrang erst in einem horizontalen Abschnitt der Strangführung durcherstarrt, d.h. dass sich das Sumpfende des Dünnbrammenstrangs im horizontalen Abschnitt der Strangführung befindet.

[0012] Der durch die Steuer- oder Regeleinrichtung gesteuerte bzw. geregelte Betrieb der Stranggießanlage, sodass die Sumpfspitze des Dünnbrammenstrangs auch bei wechselnden Betriebsbedingungen in der Stranggießanlage bzw. der Gieß-Walz-Verbundanlage stets innerhalb des horizontalen Abschnitts der Strangführung zu liegen kommt, ist dem Fachmann z.B. aus der WO 01/03867 A1 bekannt. Die entsprechende Offenbarung wird hiermit per Referenz in diese Anmeldung aufgenommen.

[0013] Diese Fahrweise stellt sicher, dass der Dünnbrammenstrang möglichst viel Gießhitze mitnimmt sowie die Umformarbeiten in der Vor- und Fertigwalzstraße und die notwendige Wiedererwärmungsenergie möglichst niedrig sind. In der Vorwalzstraße wird der Dünnbrammenstrang von einer Dicke von 50 bis 70 mm durch zwei Vorwalzgerüste zu einem Vorband mit einer Dicke von

10 bis 30 mm gewalzt. Die Pendelschere, welche z.B. zum Abschneiden eines Kaltstrangs dient, sowie die Ausfördereinrichtung zum Ausfördern des Kaltstrangs werden im Endlosbetrieb ungeschnitten passiert. Um das Vorband nicht zu stark abzukühlen, ist vorzugsweise an der Ober- und Unterseite der Ausfördereinrichtung eine thermische Isolation angebracht. Anschließend wird das Vorband durch einen Induktionsofen auf eine Temperatur von 1050 bis 1250 °C erwärmt und vor dem Fertigwalzen die Ober- und Unterseite des Vorbands durch eine Entzunderungseinrichtung entzündet. In der Fertigwalzstraße wird das Vorband durch drei Fertigwalzgerüste zu einem Fertigband mit einer Dicke von 1,6 bis 12 mm gewalzt, anschließend in der Kühlstrecke auf Wickeltemperatur abgekühlt, durch die Schere erstmals geschnitten und in der Wickeleinrichtung zu Bunden aufgewickelt.

[0014] Wie bereits oben gesagt, ist die gerade Kokille vorzugsweise als eine Trichterkokille ausgebildet. Dadurch kann der Bereich um den Meniskus eine deutlich größere Querschnittsfläche als das ausgießseitige Ende der Kokille aufweisen, sodass das Gießpulver mehr Einschlüsse aufnehmen kann.

[0015] Ein günstiger Kompromiss zwischen der Bauhöhe und der Reinheit des Dünnbrammenstrangs besteht darin, den bogenförmigen Abschnitt der Strangführung mit einem Bogenradius R von 3 bis 7 m, vorzugsweise von 4 bis 6 m, besonders bevorzugt von 4,5 bis 5,5 m auszubilden.

[0016] Um eine Überkühlung der Kantenbereiche des Dünnbrammenstrangs zu verhindern, ist es vorteilhaft, wenn die Sekundärkühlung an mehreren Positionen innerhalb der Strangführung jeweils zumindest zwei in einer Breitenrichtung des Dünnbrammenstrangs verfahrbare Spritzdüsen aufweist. Dadurch werden auch unterschiedliche Breiten des Dünnbrammenstrangs nicht unterkühlt.

[0017] Auch im Bereich zwischen dem Ende des horizontalen Abschnitts der Strangführung und der Vorwalzstraße ist es günstig, wenn Wärmeisulationspaneele die Abkühlung des Dünnbrammenstrangs verhindern.

[0018] Um den Temperaturabfall durch das Entzundern möglichst niedrig zu halten, ist es vorteilhaft, wenn die Entzunderungseinrichtung auf der Ober- und Unterseite jeweils mehrere in der Breitenrichtung angeordnete Rotationsentzunderer umfasst.

[0019] Für die Kompaktheit der Gieß-Walz-Verbundanlage ist es günstig, wenn der horizontale Abstand zwischen zwei Fertigwalzgerüsten zwischen 3 und 6 m, insbesondere zwischen 4 und 5 m, beträgt und/oder die Länge der Kühlstrecke zwischen 20 bis 60 m, bevorzugt 20 bis 40 m, beträgt. Durch den geringen Gerüstabstand der Fertigwalzgerüste wird zudem eine starke Abkühlung des Bandes hintangehalten.

[0020] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ebenfalls durch ein Verfahren zur endlosen Herstellung eines warmgewalzten Fertigbandes aus Stahl nach Anspruch 9 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegen-

stand der abhängigen Ansprüche.

[0021] Beim Betrieb der erfindungsgemäßen Gieß-Walz-Verbundanlage beträgt die Gießgeschwindigkeit des Dünnbrammenstrangs $v_C \geq 4$ m/min, vorzugsweise $v_C \geq 5$ m/min, besonders bevorzugt $v_C \geq 6$ m/min. Dadurch wird eine hohe Produktivität sichergestellt und das Halten der Sumpfspitze im horizontalen Bereich der Strangführung erleichtert. Außerdem wird die Energie zum Erwärmen des Vorbands im Induktionsofen reduziert. Die Steuer- oder Regeleinrichtung der Stranggießanlage stellt zumindest

- die Sekundärkühlung in der Strangführung, und
- die Gießgeschwindigkeit v_C und vorzugsweise einen weiteren Parameter aus der Liste
- die Primärkühlung in der Kokille,
- die Dickenreduktion in der Strangführung

derart ein, dass der Dünnbrammenstrang erst in einem horizontalen Abschnitt der Strangführung durcherstarrt. Der dickenreduzierte Dünnbrammenstrang wird unentzündet, d.h. ohne dass er in einer Entzündungseinrichtung entzündet wurde, der Vorwalzstraße zugeführt und dort zu einem Vorband gewalzt.

[0022] Bei der Steuerung bzw. Regelung der Stranggießanlage ist es günstig, wenn die Steuer- oder Regeleinrichtung mithilfe eines mathematischen Modells

- eine Ist-Position einer Sumpfspitze entlang des Transportweges des Dünnbrammenstrangs in der Strangführung und
- ein Ist-Temperaturprofil entlang des Transportweges des Dünnbrammenstrangs in der Strangführung und in Normalebenen dazu

kontinuierlich berechnet und der Dünnbrammenstrang unter Berücksichtigung eines Soll-Temperaturprofils und einer Soll-Position der Sumpfspitze durch die Sekundärkühlung kontinuierlich, geregelt abgekühlt wird. Dadurch wird das Halten der Sumpfspitze im horizontalen Bereich der Strangführung erleichtert und eine Überkühlung der Strangkantenbereiche verhindert. Außerdem kann durch den Vergleich zwischen dem Soll- und dem Ist-Temperaturprofil eine zu starke Abkühlung der Kantenbereiche des Dünnbrammenstrangs vermieden werden.

[0023] Bei der Dickenreduktion ist es vorteilhaft, wenn eine Soft Reduction in einem Bereich mit noch flüssigem oder teilflüssigem Kern des Dünnbrammenstrangs durch eine Anstellvorrichtung für Strangführungsrollen (z.B. durch Strangführungssegmente) angewendet wird. Dadurch wird die Formänderungsarbeit reduziert und außerdem die metallurgische Qualität erhöht.

[0024] Eine besonders einfache und energieeffiziente Einstellung der Endwalztemperatur erfolgt durch das Messen der Ist-Temperatur $T_{1\text{Ist}}$ des Bandes nach dem dritten Walzstich in der Fertigwalzstraße und vor dem Abkühlen in der Kühlstrecke und das temperaturgeregelt

te Ansteuern mehrerer Induktoren des Induktionsofens, sodass die Ist-Temperatur $T_{1\text{Ist}}$ einer Soll-Temperatur $T_{1\text{Soll}}$ möglichst entspricht.

[0025] Die Genauigkeit wird weiter erhöht, wenn alternativ die Ist-Temperatur $T_{1\text{Ist}}$ des Bandes nach dem zweiten Walzstich und vor dem dritten Walzstich in der Fertigwalzstraße gemessen wird und mehrerer Induktoren des Induktionsofens temperaturgeregelt angesteuert werden, sodass die Ist-Temperatur $T_{1\text{Ist}}$ einer Soll-Temperatur $T_{1\text{Soll}}$ möglichst entspricht.

[0026] Für die Einstellung der Gefügeeigenschaften des Fertigbands ist es günstig, wenn die Ist-Temperatur $T_{2\text{Ist}}$ des endlosen Fertigbands nach dem Abkühlen in der Kühlstrecke gemessen wird und mehrere Kühldüsen der Kühlstrecke temperaturgeregelt angesteuert werden, sodass die Ist-Temperatur $T_{2\text{Ist}}$ einer Soll-Temperatur $T_{2\text{Soll}}$ möglichst entspricht.

[0027] Bei der Herstellung von relativ dünnem Fertigband ist es vorteilhaft, wenn das endlose Fertigband nach dem Hochfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage die Fertigstraße mit einer ersten Dicke d_1 verlässt, anschließend die Dicke des Fertigbands im ununterbrochenen Endlosbetrieb schrittweise auf eine zweite Dicke $d_2 < d_1$ reduziert wird, und vor dem Niederfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage die Dicke des Fertigbands im ununterbrochenen Endlosbetrieb schrittweise auf eine dritte Dicke $d_3 > d_2$ erhöht wird.

[0028] Dabei ist es günstig, wenn die erste Dicke d_1 zwischen 3 und 12 mm, die zweite Dicke d_2 zwischen 1,6 und 12 mm und die dritte Dicke d_3 zwischen 3 und 12 mm liegt.

[0029] Da ein hoher Wasserstoffanteil in der Stahlschmelze die Wärmeabfuhr in der Kokille reduziert, ist es günstig, wenn der Wasserstoffanteil des Stahls vor dem Stranggießen, z.B. durch eine Vakuumbehandlung, auf ≤ 3 ppm gesenkt wird.

[0030] Außerdem wirkt sich diese Maßnahme günstig auf das Stranggießen empfindlicher Stahlgüten, z.B. tiefziehbarer Stähle, aus.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0031] Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung nicht einschränkender Ausführungsbeispiele. Die nachfolgenden schematisch dargestellten Figuren zeigen:

Fig 1 eine perspektivische Darstellung einer Gieß-Walz-Verbundanlage

Fig 2 eine Darstellung der Stranggießanlage aus Fig 1

Fig 3 eine Darstellung der unterschiedlichen Abschnitte der Strangführung der Stranggießanlage

Fig 4 eine Darstellung mehrerer breitenverstellbarer Spritzdüsen in der Strangführung der Stranggießanlage

lage

Fig 5 eine Darstellung eines Temperaturverlaufs bei der erfindungsgemäßen Herstellung eines dünnen, warmgewalzten Fertigbands in einer Gieß-Walz-Verbundanlage

Fig 6 eine Darstellung eines Dickenverlaufs eines Fertigbands bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Gieß-Walz-Verbundanlage

Beschreibung der Ausführungsformen

[0032] Die Fig 1 zeigt schematisch eine einer erfindungsgemäßen Gieß-Walz-Verbundanlage zur Herstellung eines warmgewalzten Fertigbandes 15 aus Stahl. Der durch eine Vakuumbehandlung vorbehandelte flüssige Stahl mit einem Wasserstoffgehalt ≤ 1 ppm wird in Pfannen zum Pfannendrehturm (in der Figur ganz links) der Stranggießanlage 1 transportiert und dort über einen Gießverteiler in die als Trichterkokille ausgebildete Kokille 2 gegossen. In der Kokille 2 bildet sich ein Dünnbrammenstrang 3 mit einer dünnen Strangschale aus, der eine Dicke von 60 bis 75 mm und eine Breite von 900 bis 1700 mm aufweist. Der teilerstarrte Dünnbrammenstrang 3 wird aus der Kokille 2 kontinuierlich ausgezogen und in der nachfolgenden Strangführung 4 gestützt, geführt und durch eine Sekundärkühlung weiter abgekühlt. Die Strangführung 4 weist einen vertikalen Abschnitt 4a, einen bogenförmigen Abschnitt 4b mit mehreren als Strangführungssegmenten ausgebildeten Dickenreduktionseinrichtungen 6 und einen horizontalen Abschnitt 4c auf (siehe Fig 3). Durch die Dickenreduktionseinrichtungen 6 (siehe Fig 2) wird der Dünnbrammenstrang 3 auf eine Dicke von 50 bis 70 mm reduziert, wobei der Dünnbrammenstrang bei der Reduktion einen flüssigen Kern 5 (eine sog. *Liquid Core Reduction*) oder teilflüssigen Kern aufweist. Um die mechanische Verformungsarbeit bei den nachfolgenden Walzschritten in der Vorwalz- 8 oder Fertigwalzstraße 14 möglichst niedrig zu halten und die Gießhitze im Dünnbrammenstrang 3 zu halten, wird die Primärkühlung in der Kokille 2, die Sekundärkühlung in der Strangführung 4 sowie die Gießgeschwindigkeit v_C durch eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung 20 der Stranggießanlage 1 derart eingestellt, dass der Dünnbrammenstrang 3 erst im horizontalen Abschnitt 4c der Strangführung 4 durcherstarrt. Erfindungsgemäß wird die Stranggießanlage 1 mit einer Gießgeschwindigkeit v_C von 5,5 m/min betrieben (siehe auch Fig 3 für die Angabe der Gießgeschwindigkeit). Der dickenreduzierte, durcherstarrte, nicht entzündete und ungeschnittene Dünnbrammenstrang 3 wird unmittelbar nach dem Stranggießen in zwei Vorwalzgerüsten R1, R2 der Vorwalzstraße 8 zu einem Vorband 9 mit einer Dicke von 10 bis 30 mm gewalzt. Im erfindungsgemäßen Endlosbetrieb der erfindungsgemäßen Gieß-Walz-Verbundanlage passiert das Vorband 9 eine Pendelschere 10

zum Abschneiden eines Kaltstrangs nach dem Angießen der Stranggießanlage 1 und eine Ausfördereinrichtung 11 ungeschnitten. Um das Auskühlen des Vorbands 9 zu verringern, ist die Ausfördereinrichtung 11 mit Isolierpanelen ausgekleidet.

[0033] Der durch die Steuer- oder Regeleinrichtung 20 gesteuerte bzw. geregelte Betrieb der Stranggießanlage, sodass die Sumpfspitze des Dünnbrammenstrangs 3 innerhalb des horizontalen Abschnitts 4c der Strangführung 4 zu liegen kommt, ist z.B. aus der WO 01/03867 A1 bekannt. Die entsprechende Offenbarung wird hiermit per Referenz in diese Anmeldung aufgenommen.

[0034] Sollte ein Problem in einem der Ausfördereinrichtung 11 nachgelagerten Anlagenteil auftreten, wird der Endlosbetrieb verlassen und das von der Stranggießanlage 1 bzw. der Vorwalzstraße 8 nachkommende Material durch die Pendelschere 10 zu kurzen Vorbandabschnitten geschnitten und durch die Ausfördereinrichtung 11 aus dem Rollgang zwischen der Vor- 8 und der Fertigwalzstraße 14 ausgefördert. Dabei wird nach dem ersten Schnitt der Pendelschere 10 das hinter der Pendelschere 10 liegende Vorband angehoben, sodass zuverlässig Kollisionen zwischen dem von der Vorwalzstraße 8 kommenden Material und dem hinter der Pendelschere 10 liegenden Vorband 9 vermieden werden.

[0035] Falls erforderlich wird die Temperatur des Vorbands 9 in einem Induktionsofen 12 auf eine Temperatur von 1050 bis 1250 °C, vorzugsweise 1150 bis 1200 °C, erhöht. Hierbei werden die Induktoren des Induktionsofens 12 temperaturgeregelt angesteuert, sodass die gemessene Ist-Temperatur vor dem letzten Walzstich F3 in der Fertigwalzstraße 14 einer vorgegebenen Soll-Temperatur möglichst entspricht. Durch diese Maßnahme wird auch bei einer niedrigen Gießgeschwindigkeit v_C eine voreingestellte Endwalztemperatur zuverlässig erreicht.

[0036] Vor dem Fertigwalzen wird die Ober- und die Unterseite des erwärmten Vorbands 9 durch eine Entzunderungseinrichtung 13 von Zunder befreit. In der dreigerüstigen Fertigwalzstraße 14 wird das entzündete Vorband 9 zu einem Fertigband 15 mit einer Dicke von 1,6 bis 12 mm gewalzt, anschließend durch eine Kühlstrecke 16 auf Wickeltemperatur abgekühlt, von der Schere 17 geschnitten und in den Wickeleinrichtungen 18 zu Bunden aufgewickelt.

[0037] In Fig 2 sind weitere Details der Stranggießanlage 1 dargestellt.

[0038] Die Fig 3 zeigt den vertikalen Abschnitt 4a, den bogenförmigen Abschnitt 4b und den horizontalen Abschnitt 4c der Strangführung 4 der Stranggießanlage 1 näher. Durch die gerade Kokille 2 und den vertikalen Abschnitt 4a sammeln sich Einschlüsse in der Stahlschmelze am Meniskus an, werden vom Gießpulver aufgenommen und in Form von Gießschlacke zur Strangschmierung verwendet. Der Radius R der bogenförmigen Strangführung 4b ist in Fig 3 gezeigt und beträgt bei der erfindungsgemäßen Stranggießanlage ca. 5 m. Der

Dünnbrammenstrang 3 tritt unmittelbar (d.h. ohne entzündet zu werden) nach dem horizontalen Abschnitt 4c in das erste Vorwalzgerüst R1 der Vorwalzstraße 8 ein. Weiters zeigt die Figur, wie ein Dünnbrammenstrang 3 mit einem flüssigen Kern 5 die Kokille 2 verlässt und in der Strangführung 4 dickenreduziert wird. Der dickenreduzierte Dünnbrammenstrang 3 wird durch eine als ein Paar von angetriebenen Strangführungsrollen ausgebildete Auszieheinrichtung 7 aus der Kokille 2 ausgezogen. Um die Sumpfspitze des Dünnbrammenstrangs 3 im horizontalen Abschnitt 4c der Strangführung 4 zu halten, wird die Gießgeschwindigkeit v_C , optional auch die Dickenreduktion mittels der Dickenreduktionseinrichtung 6, durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 20 gesteuert bzw. geregelt eingestellt.

[0039] In Fig 4 ist eine breitenverstellbare Sekundärkühlung in der Strangführung 4 gezeigt. Sowohl bei schmalen 3 als auch bei breiten Dünnbrammensträngen 3' wird eine Überkühlung der Kantenbereiche der Stränge verhindert, indem die äußeren zwei Spritzdüsen 19 sowohl in Breitenrichtung als auch normal zur Strangoberfläche verschieblich ausgebildet sind. Die Spritzdüsen 19 sind über Spritzdüsenhalter 21 mit einem Linearantrieb 22 verbunden, der die Spritzdüsen 19 in der axialen Richtung des Linearantriebs 22 verschiebt. Die mittlere Spritzdüse 19 kann entweder fix oder so wie dargestellt, ebenfalls verschieblich ausgebildet sein.

[0040] In Fig 5 ist der Temperaturverlauf in °C bei der erfindungsgemäßen Herstellung eines warmgewalzten Fertigbands in der erfindungsgemäßen Gieß-Walz-Verbundanlage dargestellt. Die Kerntemperatur ist jeweils strichliert, die Oberflächentemperatur punktiert und die Durchschnittstemperatur durchgezogen dargestellt. Eine Stahlschmelze der Güte DD11 wird vor dem Stranggießen einer Vakuumbehandlung unterworfen, wodurch der Wasserstoffgehalt im flüssigen Stahl auf ≤ 1 ppm reduziert wird. In der Trichterkokille 2 der Stranggießanlage 1 wird ein teilerstarter Dünnbrammenstrang 3 mit einer Dicke von 70 mm und einer Breite von 1300 mm gebildet und durch eine Liquid Core Reduction zu einem durcherstarten Dünnbrammenstrang 3 mit einer Dicke von 60 mm umgeformt. Der durcherstartete Dünnbrammenstrang 3 verlässt den horizontalen Abschnitt 4c der Stranggießanlage 1 mit einer Gießgeschwindigkeit von $v_C = 6$ m/min und wird ohne Entzundern einer zweigestrügten Vorwalzstraße 8 zugeführt und dort durch die beiden Vorgerüste R1 und R2 auf ein Vorband 9 mit einer Dicke von 10 mm reduziert. Durch den relativ großen Abstand zwischen dem Ausgangsbereich des zweiten Vorwalzgerüsts R2 und dem Eingangsbereich des Induktionsofens 12 kühlt das Vorband 9 auf eine Temperatur von ca. 860 °C ab. Durch den Induktionsofen 12 bzw. IH wird das Vorband 9 auf eine Temperatur von ca. 1115 °C gebracht. Anschließend wird das Vorband 9 durch die Entzunderungseinrichtung 13 bzw. DES entzündet, wodurch die Oberflächentemperatur auf ca. 950 °C abfällt; dabei beträgt die Kerntemperatur ca. 1020 °C. Das entzündete Vorband 9 wird sodann in den drei Fertigwalz-

gerüsten F1, F2 und F3 der Fertigwalzstraße 14 zu einem Fertigband 15 mit einer Dicke von 1,6 mm gewalzt, anschließend in der Kühlstrecke 16 abgekühlt, geschnitten und zu Bunden aufgewickelt.

[0041] In Fig 6 ist der Dickenverlauf eines relativ dünnen Fertigbands 15 während der erfindungsgemäßen Herstellung angegeben. Nach dem Hochfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage wird anfangs ein Fertigband 15 mit einer Dicke von $d_1 = 4$ mm erzeugt. Das endlos produzierte Fertigband 15 wird nach dem Abkühlen in einer Kühlstrecke 16 durch eine Schere 17 abgeschnitten und durch eine der Wickeleinrichtungen 18 zu einem ersten Bund aufgewickelt. Anschließend wird die Dicke des Fertigbands von $d_1 = 4$ mm schrittweise auf $d_2 = 1,6$ mm reduziert. Dies erfolgt durch zumindest eine der folgenden Maßnahmen:

- a) der Dünnbrammenstrang 3 wird in der Stranggießanlage 1 durch Dickenreduktionseinrichtungen stärker dickenreduziert, sodass er die Stranggießanlage 1 dünner verlässt,
- b) der Dünnbrammenstrang 3 wird durch die Vorwalzstraße 8 stärker dickenreduziert, sodass das Vorband 9 die Vorwalzstraße 8 dünner verlässt,
- c) das Vorband 9 wird in der Fertigwalzstraße 14 stärker dickenreduziert, sodass das Fertigband 15 die Fertigwalzstraße 14 dünner verlässt.

[0042] Wird z.B. lediglich die Maßnahme a angewendet, so soll angenommen werden, dass die Reduktionsraten in der Vorwalzstraße 8 und der Fertigwalzstraße 14 konstant gehalten werden. Dies gilt *mutatis mutandis* auch für die Maßnahmen b und c. Natürlich ist es aber ebenfalls möglich, dass mehrere Maßnahmen während der Herstellung eines einzelnen Bundes angewendet werden.

[0043] Gemäß Fig 6 weist das Fertigband nach 5 Bunden eine Dicke von $d_2 = 1,6$ mm auf. Diese Dicke wird anschließend für ca. 70 Bunde aufrechterhalten und danach die Dicke von $d_2 = 1,6$ mm schrittweise auf $d_3 = 3,2$ mm erhöht. Diese Maßnahmen sind vorteilhaft, da einerseits besonders dünnes Fertigband (hier mit einer Dicke von 1,6 mm) nicht unmittelbar nach dem Hochfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage erzeugt wird, sondern die Anlage länger Zeit hat sich "einzuschwingen". Erst dann wird besonders dünnes Fertigband erzeugt. Im Allgemeinen ist der Betreiber der Gieß-Walz-Verbundanlage interessiert, einen möglichst großen Anteil an dünnem Warmband zu erzeugen, da er dafür höhere Preise erzielen kann. Vor dem Niederfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage wird die Dicke des Fertigbands 15 wiederum erhöht, wodurch das Risiko für Produktionsausfälle im letzten Abschnitt einer Produktionskampagne gesenkt wird. Bei der Erhöhung der Dicke des Fertigbands kommt zumindest einer der oben angeführten Maßnahmen *mutatis mutandis* in umgekehrter Richtung (weniger stark anstelle von stärker und dicker statt dünner) zur Anwendung. Sämtliche Maßnahmen werden im

ununterbrochenen Endlosbetrieb der Anlage angewendet, wodurch Störungen, wie z.B. durch das Einfädeln des Vorbands 9 in die Fertigwalzstraße 14, vermieden werden. Alleine schon dadurch wird die Stabilität des Herstellungsprozesses stark erhöht.

[0044] Die in Fig 6 angegebenen Dickenwerte und Bundzahlen verstehen sich nicht einschränkend, sondern geben nur ein Beispiel an.

[0045] 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 Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0046]

1	Stranggießanlage	20
2	Kokille	
3, 3'	Dünnbrammenstrang	
4	Strangführung	
4a	vertikaler Abschnitt der Strangführung	
4b	bogenförmiger Abschnitt der Strangführung	25
4c	horizontaler Abschnitt der Strangführung	
5	flüssiger Kern	
6	Dickenreduktionseinrichtung	
7	Auszieheinrichtung	
8	Vorwalzstraße	30
9	Vorband	
10	Pendelschere	
11	Ausfördereinrichtung	
12, IH	Induktionsofen	
13, DES	Entzunderungseinrichtung	35
14	Fertigwalzstraße	
15	Fertigband	
16	Kühlstrecke	
17	Schere	
18	Wickeleinrichtung	40
19	Spritzdüse	
20	Steuer- und/oder Regeleinrichtung	
21, 21'	Spritzdüsenhalter	
22	Linearantrieb	45
d1	erste Dicke	
d2	zweite Dicke	
d3	dritte Dicke	
F1,F2,F3	Fertigwalzgerüste	
R	Radius	50
R1,R2	Vorwalzgerüste	
v_C	Gießgeschwindigkeit	

Patentansprüche

1. Gieß-Walz-Verbundanlage zur Herstellung eines warmgewalzten Fertigbandes (15) aus Stahl, auf-

weisend

- eine Stranggießanlage (1), die

- eine gerade Kokille (2) zur kontinuierlichen Herstellung eines Dünnbrammenstrangs (3), der einen flüssigen Kern (5), eine Dicke von 60 bis 75 mm und eine Breite von 900 bis 1700 mm beim Austritt aus der Kokille (2) aufweist;
- eine Strangführung (4) zum Stützen und Führen des Dünnbrammenstrangs (3) mit einer Sekundärkühlung zum Abkühlen des Dünnbrammenstrangs (3) und einer Dickenreduktionseinrichtung (6) zur Dickenreduktion des Dünnbrammenstrangs (3), wobei die Strangführung (4) einen vertikalen Abschnitt (4a) unterhalb der Kokille, nachfolgend einen bogenförmigen Abschnitt (4b) und nachfolgend einen horizontalen Abschnitt (4c) aufweist, und der Dünnbrammenstrang (3) nach der Dickenreduktion eine Dicke von 50 bis 70 mm aufweist;
- eine Steuer- oder Regeleinrichtung (20) zur Einstellung der Sekundärkühlung und der Gießgeschwindigkeit v_C , sodass der Dünnbrammenstrang (3) erst im horizontalen Abschnitt (4c) der Strangführung (4) durcherstartet;

umfasst;

- eine Vorwalzstraße (8) zum Vorwalzen des dickenreduzierten Dünnbrammenstrangs (3), wobei die Vorwalzstraße (8) genau zwei Vorwalzgerüste (R1, R2) aufweist und durch das Vorwalzen ein Vorband (9) mit einer Dicke von 10 bis 30 mm erzeugt wird;
- eine Pendelschere (10) zum Abschneiden eines Kaltstrangs;
- eine Ausfördereinrichtung (11) zum Ausfordern des Kaltstrangs, wobei die Ausfördereinrichtung (11) eine thermische Isolation zur Reduktion von Wärmeverlusten aufweist;
- einen Induktionsofen (12) zum Erwärmen des Vorbands (9) auf eine Temperatur von 1050 bis 1250 °C, vorzugsweise 1150 bis 1200 °C;
- eine Entzunderungseinrichtung (13) zum Entzundern einer Ober- und einer Unterseite des erwärmten Vorbands (9);
- eine Fertigwalzstraße (14) zum Fertigwalzen des entzundern Vorbands (9), wobei die Fertigwalzstraße (14) genau drei Fertigwalzgerüste (F1, F2, F3) aufweist und durch das Fertigwalzen ein Fertigband (15) mit einer Dicke von 1,6 bis 12 mm erzeugt wird;
- eine Kühlstrecke (16) zum Abkühlen des Fertigbands (15) auf eine Wickeltemperatur;
- eine Schere (17) zum Abschneiden des abge-

- kühlten Fertigbands (15); und
 - eine Wickeleinrichtung (18) zum Aufwickeln des Fertigbands (15) zu Bündeln.
2. Gieß-Walz-Verbundanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gerade Kokille (2) eine Trichterkokille ist. 5
 3. Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der bogenförmige Abschnitt (4b) der Strangführung (4) einen Bogenradius R von 3 bis 7 m, vorzugsweise von 4 bis 6 m, besonders bevorzugt von 4,5 bis 5,5 m, aufweist. 10
 4. Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sekundärkühlung an mehreren Positionen innerhalb der Strangführung (4) je zumindest zwei in einer Breitenrichtung des Dünnbrammenstrangs (3) verfahrbare Spritzdüsen (19) aufweist. 15 20
 5. Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Bereich zwischen dem Ende des horizontalen Abschnitts (4c) der Strangführung (4) und der Vorwalzstraße (8) Wärmeisulationspaneele angebracht sind. 25
 6. Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entzunderungseinrichtung (13) mehrere in der Breitenrichtung des Vorbands (9) angeordnete Rotationsentzunderer umfasst. 30 35
 7. Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der horizontale Abstand zwischen zwei Fertigwalzgerüsten (F1, F2, F3) der Fertigwalzstraße (14) zwischen 3 und 6 m, insbesondere zwischen 4 und 5 m, beträgt. 40
 8. Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Länge der Kühlstrecke (16) zwischen 20 und 60 m, bevorzugt zwischen 20 und 40 m, beträgt. 45
 9. Verfahren zur endlosen Herstellung eines warmgewalzten Fertigbandes (15) aus Stahl in einer Gieß-Walz-Verbundanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend die Schritte: 50
 - Vergießen einer Stahlschmelze zu einem Dünnbrammenstrang (3) in einer geraden Kokille (2) einer Stranggießanlage (1), wobei der Dünnbrammenstrang (3) beim Austritt aus der Kokille (2) einen flüssigen Kern, eine Dicke von 60 bis 75 mm und eine Breite von 900 bis 1700 mm aufweist; 55
 - Stützen und Führen des Dünnbrammenstrangs (3) in einer Strangführung (4) der Stranggießanlage (1) und Abkühlen des Dünnbrammenstrangs (3) mit einer Sekundärkühlung der Stranggießanlage (1);
 - Dickenreduktion des Dünnbrammenstrangs (3) durch eine Dickenreduktionseinrichtung (6) in der Strangführung (4), wobei der Dünnbrammenstrang (3) nach der Dickenreduktion eine Dicke von 50 bis 70 mm und eine Gießgeschwindigkeit von $v_C \geq 4$ m/min, vorzugsweise $v_C \geq 5$ m/min, besonders bevorzugt $v_C \geq 6$ m/min, aufweist, und eine Steuer- oder Regeleinrichtung (20) der Stranggießanlage (1) die Sekundärkühlung und die Gießgeschwindigkeit v_C derart einstellt, dass der Dünnbrammenstrang (3) erst in einem horizontalen Abschnitt (4c) der Strangführung (4) durcherstarrt;
 - Vorwalzen des ungeschnittenen, dickenreduzierten, unentzundernten Dünnbrammenstrangs (3) in einer Vorwalzstraße (8), wobei der Dünnbrammenstrang (3) durch genau zwei Walzstiche zu einem Vorband (9) mit einer Dicke von 10 bis 30 mm gewalzt wird;
 - ungeschnittenes Passieren einer Pendelschere (10) und einer Ausfördereinrichtung (11);
 - Erwärmen des Vorbands (9) auf eine Temperatur von 1050 bis 1250 °C, vorzugsweise 1150 bis 1200 °C in einem Induktionsofen (12);
 - Entzundern einer Ober- und einer Unterseite des erwärmten Vorbands (9) in einer Entzunderungseinrichtung (13);
 - Fertigwalzen des ungeschnittenen, entzundernten Vorbands (9) in einer Fertigwalzstraße (14), wobei das Vorband (9) durch genau drei Walzstiche zu einem Fertigband (15) mit einer Dicke von 1,6 bis 12 mm gewalzt wird;
 - Abkühlen des Fertigbands (15) auf eine Wickeltemperatur in einer Kühlstrecke (16);
 - Abschneiden des abgekühlten Fertigbands (15) durch eine Schere (17); und
 - Aufwickeln des Fertigbands (15) zu Bündeln in einer Wickeleinrichtung (18).
 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuer- oder Regeleinrichtung (20) mithilfe eines mathematischen Modells
 - eine Ist-Position einer Sumpfspitze entlang des Transportweges des Dünnbrammenstrangs (3) in der Strangführung (4) und
 - ein Ist-Temperaturprofil entlang des Transportweges des Dünnbrammenstrangs (3) in der Strangführung (4) und in Normalebenen dazu kontinuierlich berechnet und der Dünnbrammenstrang (3) unter Berücksichtigung eines Soll-

Temperaturprofil und einer Soll-Position der Sumpfspitze durch die Sekundärkühlung kontinuierlich, geregelt abgekühlt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ist-Temperatur $T_{1\text{Ist}}$ des Fertigbandes (15) nach dem dritten Walzstich (F3) in der Fertigwalzstraße (14) und vor dem Abkühlen in der Kühlstrecke (16) gemessen wird und mehrere Induktoren des Induktionsofens (12) temperaturgeregelt angesteuert werden, sodass die Ist-Temperatur $T_{1\text{Ist}}$ einer Soll-Temperatur $T_{1\text{Soll}}$ möglichst entspricht. 5
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dickenreduktionseinrichtung (6) eine Soft Reduction in einem Bereich mit noch flüssigem oder teilflüssigem Kern (5) des Dünnbrammenstrangs (3) anwendet. 10
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ist-Temperatur $T_{2\text{Ist}}$ des endlosen Fertigbandes (15) nach dem Abkühlen in der Kühlstrecke (16) gemessen wird und die Kühldüsen der Kühlstrecke (16) temperaturgeregelt angesteuert werden, sodass die Ist-Temperatur $T_{2\text{Ist}}$ einer Soll-Temperatur $T_{2\text{Soll}}$ möglichst entspricht. 20
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** das endlose Fertigband (15) nach dem Hochfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage die Fertigstraße (14) mit einer ersten Dicke d_1 verlässt, nachfolgend die Dicke des Fertigbands (15) im ununterbrochenen Endlosbetrieb schrittweise auf eine zweite Dicke $d_2 < d_1$ reduziert wird, und vor dem Niederfahren der Gieß-Walz-Verbundanlage die Dicke des Fertigbands (15) im ununterbrochenen Endlosbetrieb schrittweise auf eine dritte Dicke $d_3 > d_2$ erhöht wird. 25
15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Dicke d_1 zwischen 3 und 12 mm, die zweite Dicke d_2 zwischen 1,6 und 12 mm und die dritte Dicke d_3 zwischen 3 und 12 mm liegt. 30
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wasserstoffanteil in der Stahlschmelze vor dem Stranggießen ein durch eine Vakuumbehandlung auf ≤ 3 ppm, vorzugsweise ≤ 1 ppm, reduziert wird. 35

Claims

1. Combined casting/rolling installation for the production of a hot-rolled finished strip (15) of steel, having

- a continuous casting installation (1) which comprises

- a linear permanent mold (2) for the continuous production of a thin slab strand (3) which when exiting the permanent mold (2) has a liquid core (5), a thickness of 60 to 75 mm, and a width of 900 to 1700 mm;
- a strand guide (4) for supporting and guiding the thin slab strand (3), having a secondary cooling for cooling the thin slab strand (3) and a thickness-reduction unit (6) for reducing the thickness of the thin slab strand (3), wherein the strand guide (4) has a vertical portion (4a) below the permanent mold, subsequently an arcuate portion (4b), and subsequently a horizontal portion (4c), and the thin slab strand (3) after the reduction in thickness has a thickness of 50 to 70 mm;
- a controlling or regulating unit (20) for setting the secondary cooling and the casting speed v_C such that the thin slab strand (3) solidifies to the core only in the horizontal portion (4c) of the strand guide (4) ;

- a pre-rolling line (8) for pre-rolling the thickness-reduced thin slab strand (3), wherein the pre-rolling line (8) has exactly two pre-roll stands (R1, R2) and a preliminary strip (9) having a thickness of 10 to 30 mm is generated by the pre-rolling;
- a set of pendulum shears (10) for cutting off a cold strand;
- a discharging unit (11) for discharging the cold strand, wherein the discharging unit (11) has a thermal insulation for reducing thermal losses;
- an induction furnace (12) for heating the preliminary strip (9) to a temperature of 1050 to 1250°C, preferably 1150 to 1200°C;
- a descaling unit (13) for descaling an upper side and a lower side of the heated preliminary strip (9);
- a finishing rolling line (14) for finish-rolling the descaled preliminary strip (9), wherein the finishing rolling line (14) has exactly three finishing roll stands (F1, F2, F3), and a finished strip (15) having a thickness of 1.6 to 12 mm is generated by the finish-rolling;
- a cooling section (16) for cooling the finished strip (15) to a coiling temperature;
- a set of shears (17) for cutting off the cooled finished strip (15); and
- a coiling unit (18) for coiling the finished strip (15) to coils.

2. Combined casting/rolling installation according to Claim 1, **characterized in that** the linear permanent

mold (2) is a funnel permanent mold.

3. Combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the arcuate portion (4b) of the strand guide (4) has an arc radius R of 3 to 7 m, preferably of 4 to 6 m, particularly preferably of 4.5 to 5.5 m. 5
4. Combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the secondary cooling at a plurality of positions within the strand guide (4) has in each case at least two spray nozzles (19) which are displaceable in a width direction of the thin slab strand (3). 10
5. Combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, **characterized in that** thermal insulation panels are attached in the region between the end of the horizontal portion (4c) of the strand guide (4) and the pre-rolling line (8). 15
6. Combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the descaling unit (13) comprises a plurality of rotary descalers which are disposed in the width direction of the preliminary strip (9). 20
7. Combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the horizontal spacing between two finishing roll stands (F1, F2, F3) of the finishing rolling line (14) is between 3 and 6 m, in particular between 4 and 5 m. 25
8. Combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, **characterized in that** the length of the cooling section (16) is between 20 and 60 m, preferably between 20 and 40 m. 30
9. Method for the continuous production of a hot-rolled finished strip (15) of steel in a combined casting/rolling installation according to one of the preceding claims, said method comprising the following steps: 35
 - casting a steel melt to a thin slab strand (3) in a linear permanent mold (2) of a continuous casting installation (1), wherein the thin slab strand (3) when exiting the permanent mold (2) has a liquid core, a thickness of 60 to 75 mm, and a width of 900 to 1700 mm; 40
 - supporting and guiding the thin slab strand (3) in a strand guide (4) of the continuous casting installation (1), and cooling the thin slab strand (3) by way of a secondary cooling of the continuous casting installation (1); 45
 - reducing the thickness of the thin slab strand (3) by a thickness-reduction unit (6) in the strand guide (4), wherein the thin slab strand (3) after 50

the reduction in thickness has a thickness of 50 to 70 mm and a casting speed of $v_C \geq 4$ m/min, preferably $v_C \geq 5$ m/min, particularly preferably $v_C \geq 6$ m/min, and a controlling or regulating unit (20) of the continuous casting installation (1) sets the secondary cooling and the casting speed v_C in such a manner that the thin slab strand (3) solidifies to the core only in a horizontal portion (4c) of the strand guide (4);

- pre-rolling the uncut, thickness-reduced, non-descaled thin slab strand (3) in a pre-rolling line (8), wherein the thin slab strand (3) is rolled to a preliminary strip (9) having a thickness of 10 to 30 mm by way of exactly two rolling passes;
- passing in an uncut state a set of pendulum shears (10) and a discharging unit (11);
- heating the preliminary strip (9) to a temperature of 1050 to 1250°C, preferably 1150 to 1200°C, in an induction furnace (12);
- descaling an upper side and a lower side of the heated preliminary strip (9) in a descaling unit (13);
- finish-rolling the uncut descaled preliminary strip (9) in a finishing rolling line (14), wherein the preliminary strip (9) is rolled to a finished strip (15) having a thickness of 1.6 to 12 mm by way of exactly three rolling passes;
- cooling the finished strip (15) to a coiling temperature in a cooling section (16);
- cutting off the cooled finished strip (15) by a set of shears (17); and
- coiling the finished strip (15) to coils in a coiling unit (18).

10. Method according to Claim 9, **characterized in that** the controlling or regulating unit (20) with the aid of a mathematical model continuously computes
 - an actual position of a crater end along the transportation path of the thin slab strand (3) in the strand guide (4); and
 - an actual temperature profile along the transportation path of the thin slab strand (3) in the strand guide (4) and in normal planes to the latter; and

the thin slab strand (3) while taking into consideration a nominal temperature profile and a nominal position of the crater end is continuously cooled in a regulated manner by the secondary cooling.

11. Method according to Claim 9 or 10, **characterized in that** the actual temperature $T1_{act}$ of the finished strip (15) is measured after the third rolling pass (F3) in the finishing rolling line (14) and prior to cooling in the cooling section (16), and a plurality of inductors of the induction furnace (12) are actuated in a temperature-controlled manner such that the actual tem-

perature $T_{1\text{act}}$ ideally corresponds to a nominal temperature $T_{1\text{nom}}$.

12. Method according to one of Claims 9 to 11, **characterized in that** the thickness-reduction unit (6) applies a soft reduction in a region of the thin slab strand (3) that still has a liquid or partially liquid core (5). 5
13. Method according to one of Claims 9 to 12, **characterized in that** the actual temperature $T_{2\text{act}}$ of the continuous finished strip (15) is measured after the cooling in the cooling section (16), and the cooling nozzles of the cooling section (16) are actuated in a temperature-controlled manner such that the actual temperature $T_{2\text{act}}$ ideally corresponds to a nominal temperature $T_{2\text{nom}}$. 10 15
14. Method according to one of Claims 9 to 13, **characterized in that** the continuous finished strip (15) after the starting up of the combined casting/rolling installation exits the finishing line (14) having a first thickness d_1 , the thickness of the finished strip (15) in the uninterrupted continuous operation is subsequently reduced step-by-step to a second thickness $d_2 < d_1$, and the thickness of the finished strip (15) prior to the shutting down of the combined casting/rolling installation in the uninterrupted continuous operation is increased step-by-step to a third thickness $d_3 > d_2$. 20 25
15. Method according to Claim 14, **characterized in that** the first thickness d_1 is between 3 and 12 mm, the second thickness d_2 is between 1.6 and 12 mm, and the third thickness d_3 is between 3 and 12 mm. 30
16. Method according to one of Claims 9 to 15, **characterized in that** the proportion of hydrogen in the steel melt prior to the continuous casting by way of a vacuum treatment is reduced to ≤ 3 ppm, preferably ≤ 1 ppm. 35 40

Revendications

1. Installation mixte de coulée et de laminage pour la fabrication d'un feuillard fini laminé à chaud (15) à partir d'acier, comprenant 45
 - une installation de coulée continue (1), laquelle comporte 50
 - une lingotière droite (2) pour la fabrication en continu d'un lingot en brame mince (3), lequel présente à la sortie de la lingotière (2) un coeur liquide (5), une épaisseur allant de 60 à 75 mm et une largeur allant de 900 à 1 700 mm ; 55
 - un dispositif de guidage de lingot (4) pour le soutien et le guidage du lingot en brame

mince (3) avec un dispositif de refroidissement secondaire pour le refroidissement du lingot en brame mince (3) et un dispositif de réduction de l'épaisseur (6) pour la réduction de l'épaisseur du lingot en brame mince (3), dans laquelle le dispositif de guidage de lingot (4) comprend une section verticale (4a) au-dessous de la lingotière, puis une section en forme d'arc (4b) et ensuite une section horizontale (4c), et le lingot en brame mince (3) présente après la réduction d'épaisseur une épaisseur allant de 50 à 70 mm ;

- un dispositif de commande ou de régulation (20) pour l'ajustement du dispositif de refroidissement secondaire et de la vitesse de coulée v_C de telle sorte que le lingot en brame mince (3) se solidifie complètement tout d'abord dans la section horizontale (4c) du dispositif de guidage de lingot (4) ;

- un train de pré laminage (8) pour le pré laminage du lingot en brame mince (3) d'épaisseur réduite, dans laquelle le train de pré laminage (8) comprend exactement deux cages de pré laminage (R1, R2) et un pré feuillard (9) avec une épaisseur allant de 10 à 30 mm est produit par le pré laminage ;
- une cisaille pendulaire (10) pour le découpage d'un lingot froid ;
- un dispositif d'évacuation (11) pour l'évacuation du lingot froid, dans laquelle le dispositif d'évacuation (11) comprend une isolation thermique pour la réduction des déperditions de chaleur ;
- un four à induction (12) pour le réchauffage du pré feuillard (9) à une température allant de 1 050 à 1 250 °C, de préférence de 1 150 à 1 200 °C ;
- un dispositif de décalaminage (13) pour le décalaminage d'une face supérieure et d'une face inférieure du pré feuillard (9) réchauffé ;
- un train de laminage de finition (14) pour le laminage de finition du pré feuillard (9) décalaminé, dans laquelle le train de laminage de finition (14) comprend exactement trois cages de laminage de finition (F1, F2, F3) et un feuillard fini (15) avec une épaisseur allant de 1,6 à 12 mm est produit par le laminage de finition ;
- une ligne de refroidissement (16) pour le refroidissement du feuillard fini (15) à une température d'enroulement ;
- une cisaille (17) pour le découpage du feuillard fini (15) refroidi ; et
- un dispositif d'enroulement (18) pour le bobinage du feuillard fini (15) en bobines.

2. Installation mixte de coulée et de laminage selon la

revendication 1, **caractérisée en ce que** la lingotière droite (2) est une lingotière en entonnoir.

3. Installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la section en forme d'arc (4b) du dispositif de guidage de lingot (4) présente un rayon de courbure R allant de 3 à 7 m, de préférence de 4 à 6 m, de manière particulièrement préférée de 4,5 à 5,5 m. 5
4. Installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le dispositif de refroidissement secondaire comprend en plusieurs positions à l'intérieur du dispositif de guidage de lingot (4) respectivement au moins deux buses de pulvérisation (19) déplaçables dans une direction de largeur du lingot en brame mince (3). 10
5. Installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des panneaux d'isolation thermique sont montés dans la zone comprise entre l'extrémité de la section horizontale (4c) du dispositif de guidage de lingot (4) et le train de pré laminage (8). 15
6. Installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le dispositif de décalaminage (13) comporte plusieurs décalamineuses rotatives disposées dans la direction de la largeur du pré feuillard (9). 20
7. Installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la distance horizontale entre deux cages de laminage de finition (F1, F2, F3) du train de laminage de finition (14) est comprise entre 3 et 6 m, en particulier entre 4 et 5 m. 25
8. Installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la longueur de la ligne de refroidissement (16) est comprise entre 20 et 60 m, de préférence entre 20 et 40 m. 30
9. Procédé pour la fabrication sans fin d'un feuillard fini laminé à chaud (15) à partir d'acier dans une installation mixte de coulée et de laminage selon l'une des revendications précédentes, comprenant les étapes suivantes : 35
 - coulée d'une masse fondue d'acier en un lingot en brame mince (3) dans une lingotière droite (2) d'une installation de coulée continue (1), dans lequel le lingot en brame mince (3) présente à la sortie de la lingotière (2) un coeur liquide, une épaisseur allant de 60 à 75 mm et une largeur allant de 900 à 1 700 mm ; 40

- soutien et guidage du lingot en brame mince (3) dans un dispositif de guidage de lingot (4) de l'installation de coulée continue (1) et refroidissement du lingot en brame mince (3) avec un dispositif de refroidissement secondaire de l'installation de coulée continue (1) ;
- réduction de l'épaisseur du lingot en brame mince (3) par un dispositif de réduction de l'épaisseur (6) dans le dispositif de guidage de lingot (4), dans lequel le lingot en brame mince (3) après la réduction d'épaisseur présente une épaisseur allant de 50 à 70 mm et une vitesse de coulée de $v_C \geq 4$ m/min, de préférence $v_C \geq 5$ m/min, de manière particulièrement préférée $v_C \geq 6$ m/min, et un dispositif de commande ou de régulation (20) de l'installation de coulée continue (1) ajuste le dispositif de refroidissement secondaire et la vitesse de coulée v_C de telle sorte que le lingot en brame mince (3) se solidifie complètement tout d'abord dans une section horizontale (4c) du dispositif de guidage de lingot (4) ;
- pré laminage du lingot en brame mince (3) non décalaminé, d'épaisseur réduite, non coupé, dans un train de pré laminage (8), dans lequel le lingot en brame mince (3) est laminé par exactement deux passes de laminage en un pré feuillard (9) avec une épaisseur allant de 10 à 30 mm ;
- passage non coupé d'une cisaille pendulaire (10) et d'un dispositif d'évacuation (11) ;
- réchauffage du pré feuillard (9) à une température allant de 1 050 à 1 250 °C, de préférence de 1 150 à 1 200 °C dans un four à induction (12) ;
- décalaminage d'une face supérieure et d'une face inférieure du pré feuillard (9) réchauffé dans un dispositif de décalaminage (13) ;
- laminage de finition du pré feuillard (9) décalaminé, non coupé, dans un train de laminage de finition (14), dans lequel le pré feuillard (9) est laminé par exactement trois passes de laminage en un feuillard fini (15) avec une épaisseur allant de 1,6 à 12 mm ;
- refroidissement du feuillard fini (15) à une température d'enroulement dans une ligne de refroidissement (16) ;
- découpage du feuillard fini (15) refroidi par une cisaille (17) ; et
- bobinage du feuillard fini (15) en bobines dans un dispositif d'enroulement (18).

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** le dispositif de commande ou de régulation (20) calcule en continu, à l'aide d'un modèle mathématique, 45

- une position réelle d'une extrémité de cratère

liquide le long du parcours de transport du lingot en brame mince (3) dans le dispositif de guidage de lingot (4) et

- un profil de température réelle le long du parcours de transport du lingot en brame mince (3) dans le dispositif de guidage de lingot (4) et dans des plans normaux à celui-ci,

et le lingot en brame mince (3) est refroidi de manière régulée, en continu, par le dispositif de refroidissement secondaire avec prise en considération d'un profil de température théorique et d'une position théorique de l'extrémité de cratère liquide.

11. Procédé selon la revendication 9 ou la revendication 10, **caractérisé en ce que** la température réelle $T_{1\text{Ist}}$ du feuillard fini (15) est mesurée après la troisième passe de laminage (F3) dans le train de laminage de finition (14) et avant le refroidissement dans la ligne de refroidissement (16), et plusieurs inducteurs du four à induction (12) sont commandés de manière régulée en température de telle sorte que la température réelle $T_{1\text{Ist}}$ corresponde autant que possible à une température théorique $T_{1\text{Soll}}$.
12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** le dispositif de réduction de l'épaisseur (6) applique une réduction douce (*Soft Reduction*) dans une zone avec encore du cœur liquide ou partiellement liquide (5) du lingot en brame mince (3).
13. Procédé selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisé en ce que** la température réelle $T_{2\text{Ist}}$ du feuillard fini (15) sans fin est mesurée après le refroidissement dans la ligne de refroidissement (16) et les buses de refroidissement de la ligne de refroidissement (16) sont commandées de manière régulée en température de telle sorte que la température réelle $T_{2\text{Ist}}$ corresponde autant que possible à une température théorique $T_{2\text{Soll}}$.
14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, **caractérisé en ce que** le feuillard fini (15) sans fin, après le démarrage de l'installation mixte de coulée et de laminage, quitte le train de finition (14) avec une première épaisseur d_1 , puis l'épaisseur du feuillard fini (15), lors du fonctionnement sans fin ininterrompu, est réduite progressivement à une deuxième épaisseur $d_2 < d_1$, et avant l'extinction de l'installation mixte de coulée et de laminage, l'épaisseur du feuillard fini (15), lors du fonctionnement sans fin ininterrompu, est accrue progressivement à une troisième épaisseur $d_3 > d_2$.
15. Procédé selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la première épaisseur d_1 est comprise entre 3 et 12 mm, la deuxième épaisseur d_2 est comprise

entre 1,6 et 12 mm et la troisième épaisseur d_3 est comprise entre 3 et 12 mm.

16. Procédé selon l'une des revendications 9 à 15, **caractérisé en ce que** la teneur en hydrogène dans la masse fondue d'acier avant la coulée continue est réduite par un traitement sous vide à une valeur ≤ 3 ppm, de préférence ≤ 1 ppm.

FIG 1

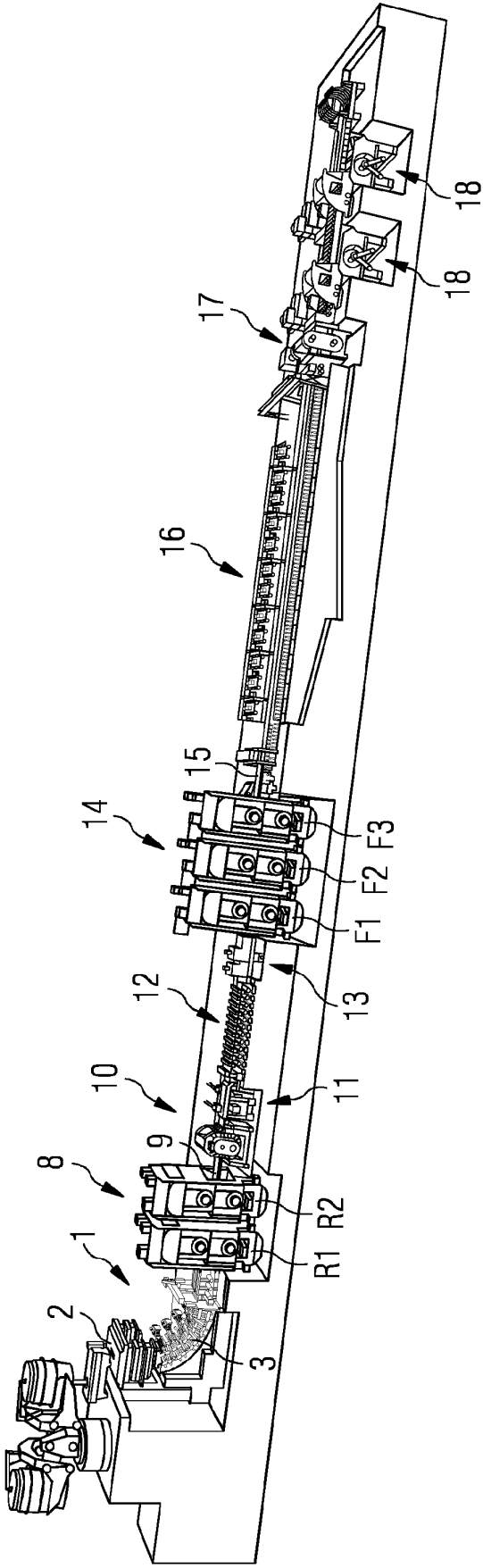


FIG 2

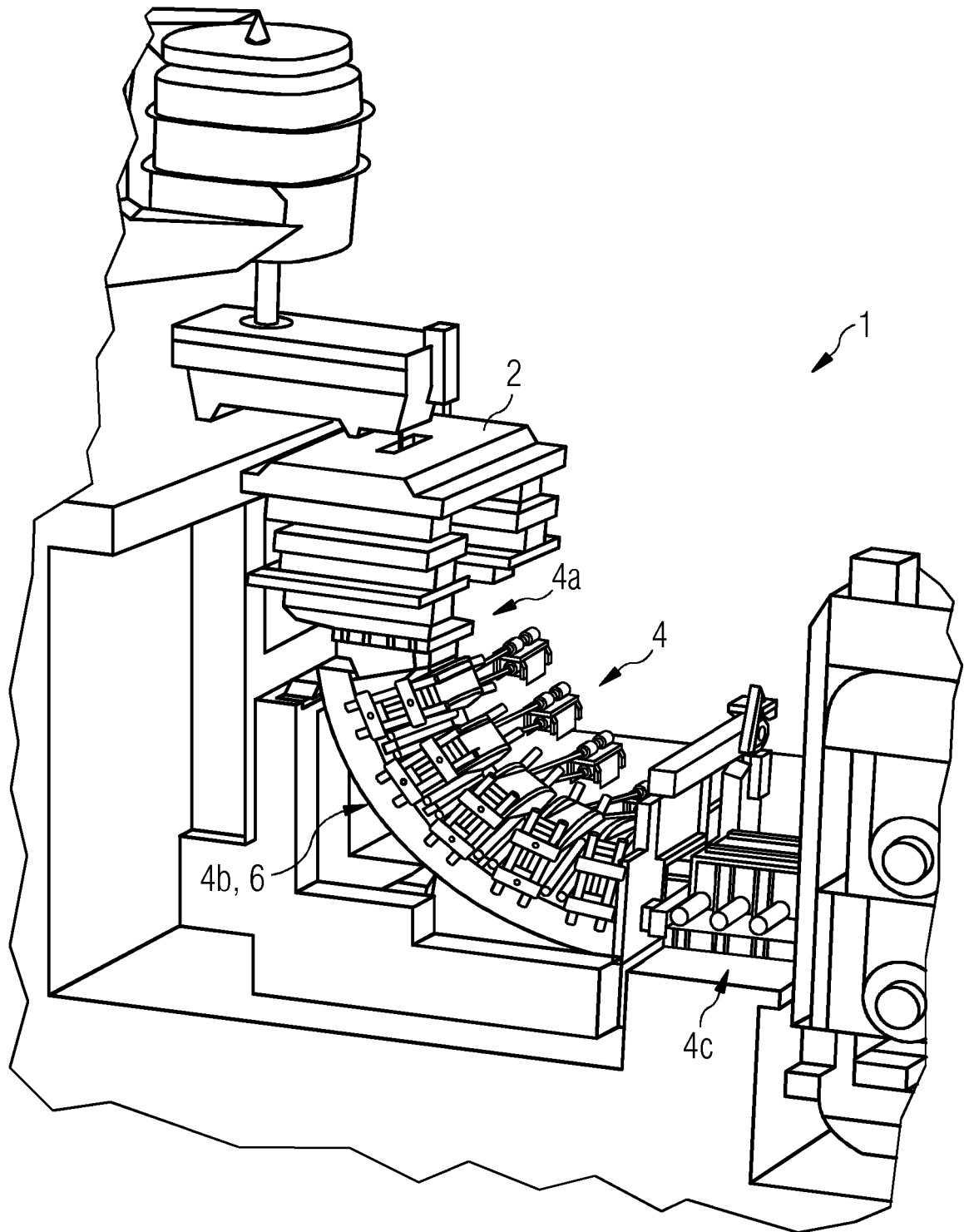


FIG 3

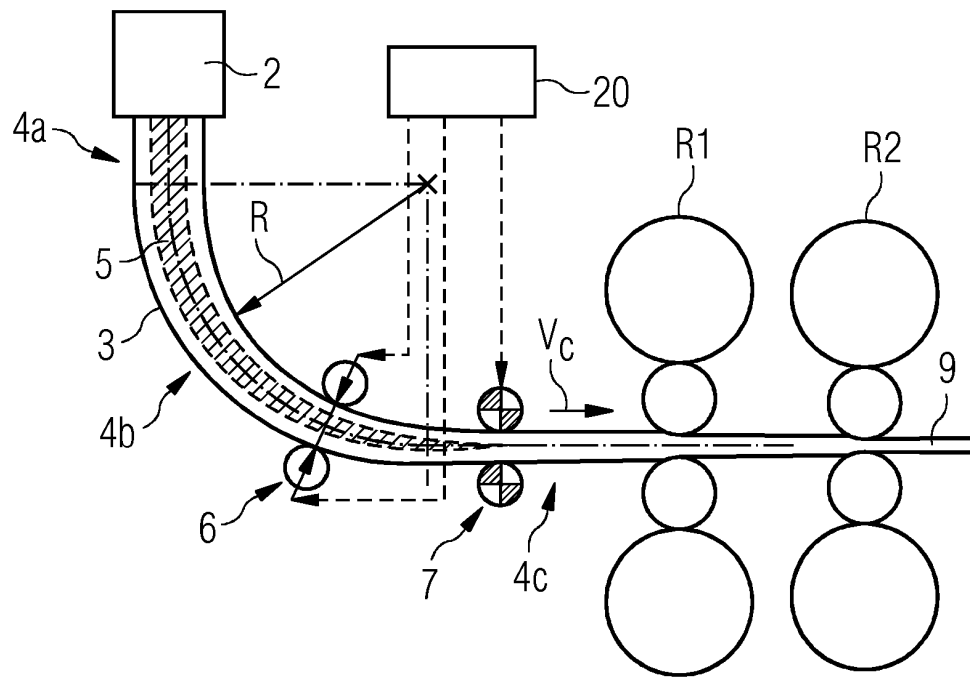


FIG 4

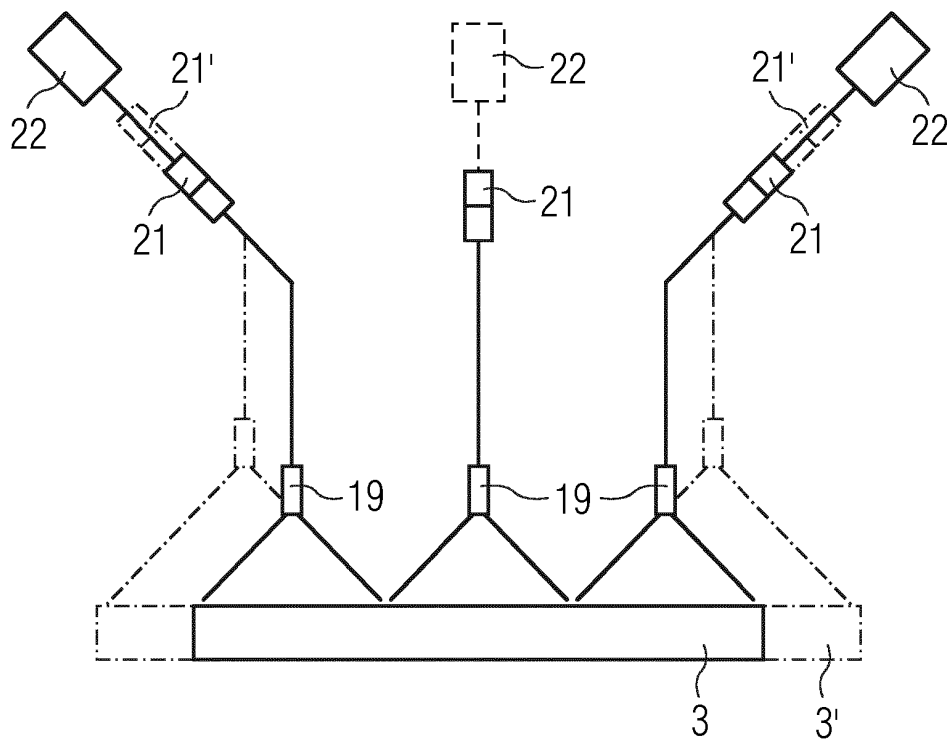


FIG 5

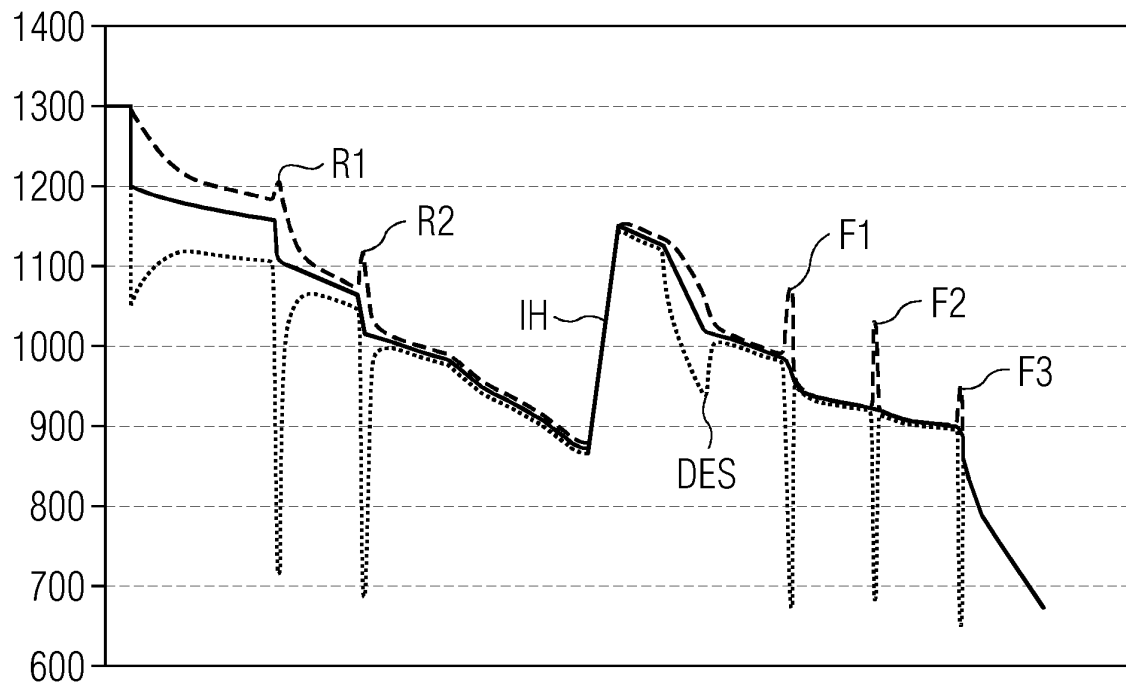
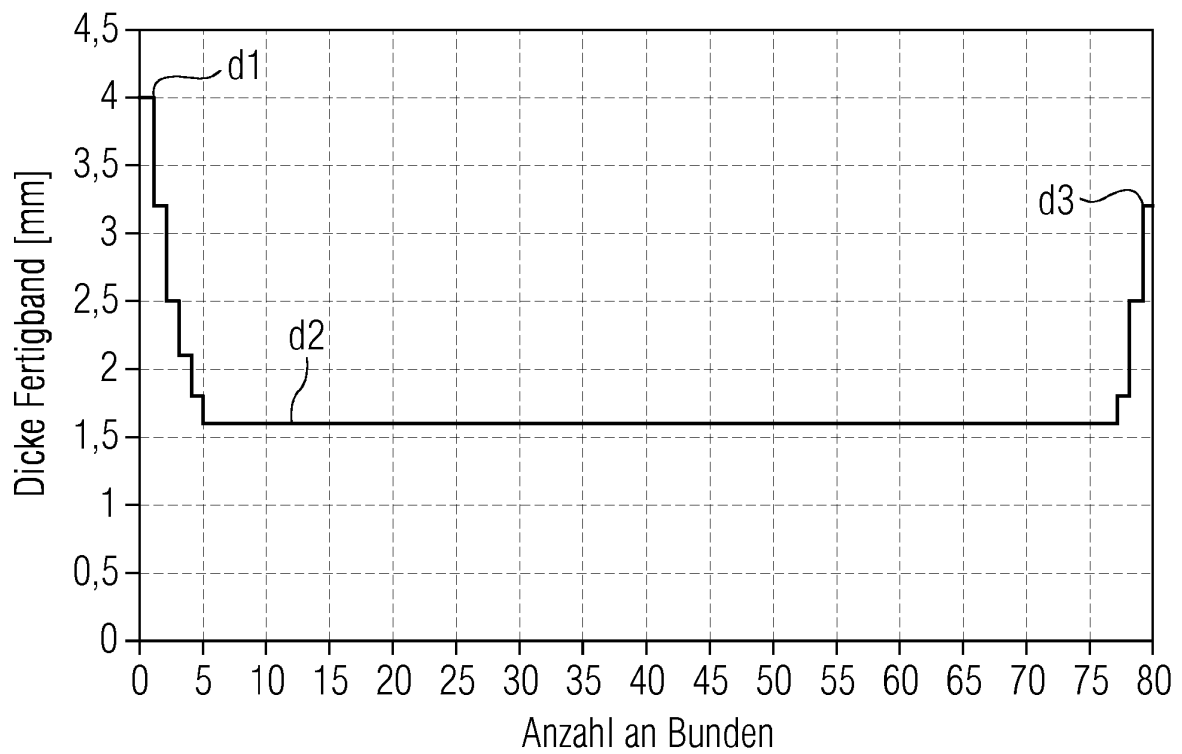


FIG 6



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 8911363 A1 [0006]
- AT 512399 B1 [0007]
- DE 102008003222 A1 [0007]
- EP 2441539 A1 [0007]
- DE 19518144 A1 [0007]
- WO 2008113848 A1 [0008]
- WO 0103867 A1 [0012] [0033]