



(11) **EP 4 015 099 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
16.10.2024 Patentblatt 2024/42

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 1/46 ^(2006.01) **B21B 45/00** ^(2006.01)
B21B 45/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20214219.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21B 1/463; B21B 45/004; B21B 45/06;
B21B 45/08; B21B 2201/04

(22) Anmeldetag: **15.12.2020**

(54) **ENERGIEEFFIZIENTE HERSTELLUNG EINES FERRITISCHEN WARMBANDS IN EINER GIESS-WALZ-VERBUNDANLAGE**

ENERGY EFFICIENT PRODUCTION OF A FERRITIC HOT STRIP IN A CASTING ROLL COMPOSITE SYSTEM

FABRICATION EFFICACE EN ÉNERGIE D'UN FEUILLARD À CHAUD FERRITIQUE DANS UNE INSTALLATION COMPOSITE DE COULÉE ET DE LAMINAGE

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.06.2022 Patentblatt 2022/25

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

(72) Erfinder:
• **Fürst, Heinz**
4210 Gallneukirchen (AT)

- **Grosseiber, Simon**
4060 Leonding (AT)
- **Lengauer, Thomas**
4616 Weißkirchen an der Traun (AT)
- **Zahedi, Michael**
4502 St. Marien (AT)

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

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 025 799 EP-A1- 3 769 862
DE-C1- 19 758 108

EP 4 015 099 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 Stahl-Metallurgie, konkret die besonders energieeffiziente Herstellung eines ferritischen Warmbands in einer Gieß-Walz-Verbundanlage.

[0002] Einerseits betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines ferritischen Warmbands in einer Gieß-Walz-Verbundanlage, umfassend die Schritte: Stranggießen eines flüssigen Stahls zu einem Strang mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt in einer Stranggießanlage; Vorwalzen des Strangs zu einem Zwischenband in einer mehrgerüstigen Vorstraße; Entzundern der Breitseiten des erhitzten Zwischenbands in einer Entzunderungseinrichtung; Fertigwalzen des entzundernten Zwischenbands zu dem Warmband in einer mehrgerüstigen Fertigstraße, wobei zumindest der letzte Walzstich in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich des Stahls erfolgt; Einstellen des Warmbands auf Haspeltemperatur; und Aufwickeln des Warmbands in einer Haspelanlage.

[0003] Andererseits betrifft die Erfindung die Verwendung einer Gieß-Walz-Verbundanlage, die zur Herstellung eines ferritischen Warmbands besonders gut geeignet ist, aufweisend: eine Stranggießanlage zum Stranggießen eines flüssigen Stahls zu einem Strang mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt; eine mehrgerüstige Vorstraße zum Vorwalzen des Strangs zu einem Zwischenband; eine Entzunderungseinrichtung zum Entzundern der Breitseiten des erhitzten Zwischenbands; eine mehrgerüstige Fertigstraße zum Fertigwalzen des entzundernten Zwischenbands zu dem Warmband, wobei zumindest der letzte Walzstich in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich des Stahls erfolgt; eine Kühlstrecke zur Einstellung des Warmbands auf Haspeltemperatur; und eine Haspelanlage zum Aufwickeln des Warmbands.

Stand der Technik

[0004] Aus der nicht veröffentlichten Anmeldung PCT/EP2020/068520 ist bekannt, ein ferritisches Warmband in einer Gieß-Walz-Verbundanlage durch die Schritte Stranggießen eines Strangs mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt, Vorwalzen des Strangs zu einem Zwischenband in einer mehrgerüstigen Vorstraße, Erhitzen des Zwischenbands auf eine gemittelte Temperatur $\geq 1070^\circ\text{C}$, Entzundern des erhitzten Zwischenbands, Fertigwalzen des entzundernten Zwischenbands zu einem Warmband in einer mehrgerüstigen Fertigstraße, wobei zumindest der letzte Walzstich in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich erfolgt, Abkühlen des Warmbands auf Haspeltemperatur, und Aufwickeln des Warmbands in einer Haspelanlage herzustellen. Obwohl das hergestellte ferritische Warmband gute metallurgische Eigenschaften und eine gute Oberflächen-

qualität aufweist, ist das Verfahren energieaufwändig, da die mittlere Temperatur des Zwischenbands zuerst auf eine hohe Temperatur $\geq 1070^\circ\text{C}$ gebracht wird, das Zwischenband dann entzündet und anschließend in einem Intensivkühlschritt die mittlere Temperatur des Zwischenbands auf $< 900^\circ\text{C}$ abgekühlt wird. Wie das Verfahren geändert werden kann, sodass das Warmband zwar gleich gute metallurgische Eigenschaften und eine gute Oberflächenqualität aufweist, der Energieeinsatz aber stark reduziert wird, geht aus der Schrift nicht hervor.

Zusammenfassung der Erfindung

[0005] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines ferritischen Warmbands in einer Gieß-Walz-Verbundanlage so abzuändern, dass das ferritische Warmband wesentlich energieeffizienter hergestellt werden kann, aber dennoch gute metallurgische Eigenschaften und eine gute Oberflächenqualität aufweist. Außerdem soll eine dafür besonders gut geeignete Gieß-Walz-Verbundanlage angegeben werden, welche entsprechend verwendet wird.

[0006] Der verfahrensmäßige Aspekt dieser Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Konkret erfolgt die Lösung durch ein Verfahren zur Herstellung eines ferritischen Warmbands in einer Gieß-Walz-Verbundanlage, mit den Schritten: Stranggießen eines flüssigen Stahls zu einem Strang mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt in einer Stranggießanlage; Vorwalzen des Strangs zu einem Zwischenband in einer mehrgerüstigen Vorstraße; Erhitzen der Breitseiten des Zwischenbands durch ein oder bevorzugt mehrere induktive Oberflächenheizmodule auf eine Oberflächentemperatur $\geq 1000^\circ\text{C}$, bevorzugt $\geq 1050^\circ\text{C}$, wobei das Oberflächenheizmodul mit einem Wechselstrom mit einer ersten Frequenz f_1 betrieben wird und für die erste Frequenz f_1 gilt: $f_1 \geq 20\text{ kHz}$, vorzugsweise $f_1 \geq 50\text{ kHz}$, besonders bevorzugt $f_1 \geq 100\text{ kHz}$; Entzundern der Breitseiten des erhitzten Zwischenbands in einer Entzunderungseinrichtung; Fertigwalzen des entzundernten Zwischenbands zu dem Warmband in einer mehrgerüstigen Fertigstraße, wobei das entzundernte Zwischenband nach dem Entzundern ohne weitere Abkühlung mit einer mittleren Temperatur von $775 - 900^\circ\text{C}$ in ein erstes Gerüst der Fertigstraße eintritt und zumindest der letzte Walzstich in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich des Stahls erfolgt; Einstellen des Warmbands auf Haspeltemperatur; und Aufwickeln des Warmbands in einer Haspelanlage.

[0008] Unter der mittleren Temperatur (auch gemittelte Temperatur) genannt, soll jene Temperatur verstanden werden, die der Durchschnittstemperatur der unterschiedlichen Schichten des Zwischenbands in Dickenrichtung entspricht. Es handelt sich im Allgemeinen somit nicht um die Temperatur, die das Zwischenband in Di-

ckenrichtung in der Mitte (d.h. im zentralen Bereich) aufweist.

[0009] Beim Einstellen des Warmbands auf Haspeltemperatur wird typischerweise das Warmband im Bereich zwischen dem letzten Gerüst der Fertigstraße und der Haspelanlage thermisch isoliert, sodass die mittlere Temperatur des Warmbands nur geringfügig abfällt. Dadurch wird eine hohe Haspeltemperatur erreicht, ohne das Warmband aktiv aufzuheizen bzw. wiederzuerwärmen. Alternativ dazu kann das Warmband entweder aktiv abgekühlt oder sogar durch eine Heizeinrichtung aufgeheizt werden. Auch eine Kombination einer Heizeinrichtung nach dem letzten Gerüst der Fertigstraße und einer Kühlstrecke zur aktiven Abkühlung des Warmbands vor dem Aufhaspeln ist denkbar und für bestimmte Stahlgüten vorteilhaft.

[0010] Erfindungsgemäß wird das Zwischenband durch zumindest ein Oberflächenheizmodul auf eine Oberflächentemperatur $\geq 1000^\circ\text{C}$ erhitzt. Da das bzw. die Oberflächenheizmodule mit einem Wechselstrom mit einer ersten Frequenz f_1 betrieben werden und für die erste Frequenz f_1 gilt: $f_1 \geq 20\text{ kHz}$, werden lediglich die oberflächennahen Schichten der Breitseiten erhitzt, wobei sich die Temperatur des Kerns des Zwischenbands nur geringfügig ändert. Mit anderen Worten wird die Oberflächentemperatur auf den Breitseiten des Zwischenbands durch das bzw. die Oberflächenheizmodule wesentlich stärker erhöht als die mittlere Temperatur des Zwischenbands. Anschließend werden die Breitseiten des heißen Zwischenbands entzündert, z.B. durch einen sog. *pinch roll descaler*. Das entzünderte Zwischenband tritt unmittelbar nach dem Entzünden, d.h. ohne weitere Abkühlung, mit einer mittleren Temperatur von $775 - 900^\circ\text{C}$ in das erste Gerüst der Fertigstraße ein und wird in der mehrgerüstigen Fertigstraße zu dem Warmband fertiggewalzt. Zur direkten Herstellung eines ferritischen Warmbands in der Gieß-Walz-Verbundanlage findet zumindest der letzte Walzstich in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich des Stahls statt. Anschließend wird die Temperatur des ferritischen Warmbands auf Haspeltemperatur eingestellt und in der Haspelanlage zu Bunden, engl. *coils*, aufgewickelt.

[0011] Somit ergeben sich mehrere Unterschiede zum Stand der Technik: Zum einen erhitzen die induktiven Oberflächenheizmodule nur die oberflächennahen Schichten der Breitseiten und nicht gleichmäßig alle Schichten des Zwischenbands. Da die Breitseiten vor dem Entzünden eine Oberflächentemperatur $\geq 1000^\circ\text{C}$ aufweisen, erfolgt das Entzünden sehr gründlich, was zu einer hohen Oberflächenqualität des Warmbands führt. Zum anderen tritt das entzünderte Zwischenband direkt mit einer mittleren Temperatur von $775 - 900^\circ\text{C}$ in das erste Gerüst der Fertigstraße ein, ohne nach dem Entzünden noch gesondert durch einen Intensivkühlschritt abgekühlt zu werden. Demnach wird einerseits Energie gespart, da nur die oberflächennahen Schichten der Breitseiten des Zwischenbands vor dem Entzünden auf eine vergleichsweise hohe Temperatur erhitzt wer-

den müssen und nicht das gesamte Zwischenband. Andererseits kann die mittlere Temperatur des Zwischenbands vor dem Entzünden sehr niedrig sein (bspw. zwischen 875 und 990°C), was wiederum sehr günstig für die Energieeffizienz des Herstellverfahrens ist.

[0012] Vorzugsweise beträgt das Verhältnis zwischen der Dicke s des Zwischenbands und der Eindringtiefe d in das erhitze Zwischenband: $s/d \leq 6$, bevorzugt $s/d \leq 10$, besonders bevorzugt $s/d \leq 14$ und ganz besonders bevorzugt $s/d \leq 16$. Als sog. Eindringtiefe δ (auch Stromeindringmaß genannt) wird ein Bereich im Zwischenband bezeichnet, in dem die Stromdichte auf 37 Prozent im Vergleich zum Außenrand der Breitseiten abgesunken ist. Im Bereich der Eindringtiefe werden 86 Prozent der induzierten Energie in Wärme umgesetzt, nur 14 Prozent erwärmen tieferliegende Bereiche. Konkret heißt das also, dass z.B. bei einer Zwischenbanddicke von 24 mm die Eindringtiefe d bei $s/d \leq 6$ max. 4 mm betragen darf. Die Eindringtiefe kann durch die Formel

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \mu_0 \mu_r f \kappa}}$$

abgeschätzt werden, wobei μ_0 die magnetische Feldkonstante, μ_r die relative elektromagnetische Permeabilität des Stahls, f die Frequenz des Wechselstroms und κ die elektrische Leitfähigkeit angibt. Alle genannten Größen sind in SI-Einheiten einzusetzen. Da insbesondere κ aber auch μ_r stark temperaturabhängig sind, müssen diese Werte bei der aktuellen Temperatur beim Erhitzen eingesetzt werden.

[0013] Vorzugsweise erhitzt ein induktives Oberflächenheizmodul das Zwischenband durch Querfelderwärmung. Allerdings ist es ebenfalls möglich, dass das Erhitzen durch Längsfelderwärmung erfolgt. Bei der Querfelderwärmung ist es vorteilhaft, dass ein erster Induktor die obere Breitseite des Zwischenbands und ein zweiter Induktor die untere Breitseite des Zwischenbands erhitzt.

[0014] Es ist vorteilhaft, den sog. Koppelspalt, das ist der vertikale Abstand zwischen einem oberen Induktor und einer oberen Breitseite des Zwischenbands, in Abhängigkeit der Zwischenbanddicke einzustellen bzw. konstant zu halten. Die Einstellung erfolgt z.B. durch einen Linearmotor.

[0015] Zur gründlichen Entzunderung des Zwischenbands in Breitenrichtung ist es vorteilhaft, dass jede Breitseite des Zwischenbands durch zumindest eine Reihe mit jeweils mehreren Spritzdüsen entzündert wird. Die Spritzdüsen einer Reihe sind entweder stationär oder auf rotierenden Rotoren angeordnet.

[0016] Eine gute Entzunderungswirkung wird erzielt, wenn die Entzunderung durch ein flüssiges Entzunderungsmittel, bspw. Wasser, erfolgt, wobei das Entzunderungsmittel mit einem Druck $450\text{ bar} > p > 100\text{ bar}$ an den Spritzdüsen anliegt.

[0017] Um das Entzunderungsmittel in der Entzunderungsvorrichtung zu halten, ist es vorteilhaft, wenn in Materialflussrichtung vor der ersten Reihe und hinter der letzten Reihe von Spritzdüsen ein an das Zwischenband angestelltes Treiberrollenpaar (engl. *pinch roll*) angeordnet ist.

[0018] Je nach Stahlgüte, Betriebsart (endlos, semi-endlos oder Batch-Betrieb) oder der Gießgeschwindigkeit kann es vorteilhaft, dass vor dem Erhitzen der Breitseiten die mittlere Temperatur des Zwischenbands in einem Induktionsofen durch mehrere induktive Durchwärmemodule erhöht wird. Durch das bzw. die Durchwärmemodule wird die mittlere Temperatur des Zwischenbands in etwa gleich stark erhöht als die Oberflächentemperatur. Hierbei ist es vorteilhaft, wenn die induktiven Oberflächenheizmodule mit einer ersten Frequenz f_1 und die induktiven Durchwärmemodule mit einer zweiten Frequenz f_2 betrieben werden, wobei gilt: $f_1 > f_2$, bevorzugt $f_1 \geq 2 \cdot f_2$, besonders bevorzugt $f_1 \geq 5 \cdot f_2$.

[0019] Zur Einstellung der Eintrittstemperatur des entzünderten Zwischenbands in die Fertigstraße ist es vorteilhaft, wenn die Oberflächentemperatur T_{Ist} des teilweise fertiggewalzten Zwischenbands zwischen dem ersten und dem zweiten oder zwischen dem zweiten und dem dritten Fertigerüst der Fertigstraße durch ein Pyrometer gemessen wird, ein Temperaturregler unter Berücksichtigung von T_{Ist} in Abhängigkeit einer Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} eine Stellgröße an zumindest ein, bevorzugt an mehrere, induktive Durchwärmemodule ausgibt, und die Durchwärmemodule das Zwischenband derart stark erwärmen, dass die gemessene Oberflächentemperatur T_{Ist} möglichst der Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} entspricht.

[0020] Diesem Verfahren liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Temperatur des erhitzten und entzünderten Zwischenbands vor der Fertigstraße nur ungenau gemessen werden kann und die Temperaturmessung in einem der Zwischengerüstbereiche der ersten drei Gerüste wesentlich genauer ist. Die induktiven Durchwärmemodule werden von einem Temperaturregler in Abhängigkeit der gemessenen Ist-Temperatur unter Berücksichtigung der Soll-Temperatur so geregelt, dass die Ist-Temperatur der Soll-Temperatur möglichst gut entspricht.

[0021] Die Aufgabe wird auch durch die Verwendung einer Gieß-Walz-Verbundanlage nach Anspruch 13 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0022] Konkret erfolgt die Lösung durch die Verwendung einer Gieß-Walz-Verbundanlage zur Herstellung eines ferritischen Warmbands in einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend:

- eine Stranggießanlage zum Stranggießen eines flüssigen Stahls zu einem Strang mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt;
- eine mehrgerüstige Vorstraße zum Vorwalzen des Strangs zu einem Zwischenband;

ein oder mehrere induktive Oberflächenheizmodule zum Erhitzen der Breitseiten des Zwischenbands auf eine Oberflächentemperatur $\geq 1000^\circ\text{C}$ wobei ein Oberflächenheizmodul mit einem Wechselstrom mit einer ersten Frequenz f_1 betrieben wird und für die erste Frequenz f_1 gilt: $f_1 \geq 20\text{ kHz}$, vorzugsweise $f_1 \geq 50\text{ kHz}$, besonders bevorzugt $f_1 \geq 100\text{ kHz}$;

eine Entzunderungseinrichtung zum Entzundern der Breitseiten des erhitzten Zwischenbands;

eine mehrgerüstige Fertigstraße zum Fertigwalzen des entzünderten Zwischenbands zu dem Warmband, wobei das entzünderte Zwischenband nach dem Entzundern ohne weitere Abkühlung mit einer mittleren Temperatur von $775 - 900^\circ\text{C}$ in ein erstes Gerüst der Fertigstraße eintritt und zumindest der letzte Walzstich in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich des Stahls erfolgt;

eine Kühlstrecke zur Einstellung des Warmbands auf Haspeltemperatur; und

eine Haspelanlage zum Aufwickeln des Warmbands.

[0023] Vorzugsweise ist in Materialflussrichtung zwischen der Vorstraße und den induktiven Oberflächenheizmodulen ein Induktionsofen mit mehreren induktiven Durchwärmemodulen angeordnet, wobei der Induktionsofen die mittlere Temperatur des Zwischenbands erhöht.

[0024] Weiter bevorzugt ist, dass zwischen dem ersten und dem zweiten oder zwischen dem zweiten und dem dritten Fertigerüst der Fertigstraße ein Pyrometer zur Messung der Oberflächentemperatur T_{Ist} des teilweise fertiggewalzten Zwischenbands angeordnet ist, das Pyrometer mit einem Temperaturregler und der Temperaturregler mit zumindest einem induktiven Durchwärmemodul signaltechnisch verbunden sind, der Temperaturregler unter Berücksichtigung von T_{Ist} in Abhängigkeit einer Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} eine Stellgröße an zumindest ein induktives Durchwärmemodul ausgeben kann, wobei die Durchwärmemodule das Zwischenband derart stark erwärmen können, dass die gemessene Oberflächentemperatur T_{Ist} möglichst der Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} entspricht.

[0025] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels, das im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert wird. Dabei zeigen:

Fig 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Gieß-Walz-Verbundanlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig 2 ein Temperaturprofil für das erfindungsgemäße Verfahren, und

Fig 3 ein Dickenprofil für das erfindungsgemäße Verfahren.

Beschreibung der Ausführungsformen

[0026] In der Gieß-Walz-Verbundanlage 1 der Fig 1 wird in der Stranggießanlage 2 flüssiger Stahl mit folgender chemischer Zusammensetzung

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung des Stahls

Element	Gewichts%
C	<0,004
Mn	< 0,2
P	< 0,01
Ti+Nb	0,03
Fe	Rest

zu einem Strang 3 mit Brammenquerschnitt stranggegossen. Der Strang 3 verlässt die Stranggießanlage 2 mit einer Dicke von 90 mm und einer Geschwindigkeit von 6 m/min. Vorzugsweise wird der teilerstartete Strang 3 in der bogenförmigen Strangführung einer Soft-Core oder einer Liquid Core Reduction (LCR) unterzogen. Dadurch wird die Dicke des Strangs reduziert und dessen Innenqualität verbessert. Der Strang 3 tritt ungeschnitten in die dreigerüstige Vorstraße 5 ein und wird dort zu einem Zwischenband 4 mit einer Dicke von 12,4 mm reduziert. Der letzte Walzstich im Gerüst R3 der Vorstraße 5 erfolgt im austenitischen Temperaturbereich bei einer Endwalztemperatur von 1050°C. Anschließend wird die mittlere Temperatur des Zwischenbands 4 durch sechs Durchwärmemodule eines Induktionsofens IH von 900°C auf 950°C erhöht. Im Anschluss daran wird die Oberflächentemperatur der Breitseiten des durcherwärmten Zwischenbands 4 durch zwei Oberflächenheizmodule 7 auf 1070°C erhitzt. Die Oberflächenheizmodule werden mit einer Frequenz von 50 kHz betrieben und erhitzen das Zwischenband durch Querfelderwärmung. Durch die Erhitzung der Breitseiten steigt die mittlere Temperatur des Zwischenbands auf 960°C an. Nach dem Erhitzen werden die Breitseiten des Zwischenbands 4 in einer Entzunderungseinrichtung D, konkret ein sog. *pinch roll descaler*, entzündert. Dabei sinkt die mittlere Temperatur des Zwischenbands auf 850 °C ab. Nach dem Entzundern tritt das entzünderte Zwischenband 3 in die fünfgerüstige Fertigstraße 8 ein und wird dort in 5 Walzstichen zu einem Warmband 6 mit einer Dicke von 1,7 mm fertiggewalzt. Da der letzte Walzstich im Gerüst F5 bei einer mittleren Temperatur von 760°C stattfindet, liegt spätestens nach dem letzten Walzstich ein Warmband mit einem ferritischen Gefüge vor. Vorzugsweise werden die letzten drei Walzstiche in den Walzgerüsten F3, F4 und F5 (besonders bevorzugt alle Walzstiche in) der Fertig-

straße 8 unter Anwendung einer Walzspaltschmierung durchgeführt. Dabei wird jeweils zwischen den Arbeitswalzen des Fertigerüsts und dem Walzgut ein Mineralöl aufgesprüht, das den Reibbeiwert im Walzspalt auf einen Wert $\mu < 0,15$ heruntersetzt. Dadurch wird verhindert, dass sich Scherbänder, die zur Entwicklung einer unerwünschten GOSS-Textur führen, im fertiggewalzten Warmband ausbilden. Das Warmband 6 verlässt die Fertigstraße 8 mit einer Oberflächentemperatur von 760°C. Um eine hohe Wickeltemperatur zu erreichen, wird das Warmband im Bereich der strichliert dargestellten Kühlstrecke 9 nicht aktiv abgekühlt, sondern durch Isolierpaneele 14 thermisch isoliert. Die Wickeltemperatur beträgt 700°C. Kurz bevor der Bund sein Zielgewicht erreicht hat, wird das endlose Warmband durch die Schere 10 quergeteilt und das Aufwickeln auf einer weiteren (in Fig 1 nicht dargestellten) Wickeleinrichtung fortgesetzt, wobei der Ferrit im Warmband 6 zumindest teilweise eine {1 1 1} Textur ausbildet. Die gemittelten Temperaturen bei den einzelnen Aggregaten der Gieß-Walz-Verbundanlage 1 ergeben sich entweder aus Fig 2 oder der nachfolgenden Tabelle:

Tabelle 2: Temperaturführung

	Temperatur [°C]
CCM Out	1200
R1	1150
R2	1100
R3	1050
IH In	900
IH Out	950
SHM In	950
SHM Out	1070
D	850
F1	840
F2	820
F3	800
F4	780
F5	760
DC	700

[0027] Die Reduktionsraten in den einzelnen Gerüsten R1... R3 und F1... F5 sowie die Dicken der Dünnbramme 2, des Zwischenbands 4 und des Warmbands 6 ergeben sich entweder aus Fig 3 oder der nachfolgenden Tabelle:

Tabelle 3: Dicken und Reduktionsraten

	Dicke [mm]	Reduktionsraten [%]
CCM Out	90,0	

(fortgesetzt)

	Dicke [mm]	Reduktionsraten [%]
R1 In	90,0	50
R1 Out	45,0	
R2 In	45,0	50
R2 Out	22,5	
R3 In	22,5	45
R3 Out	12,4	
IH In	12,4	
IH Out	12,4	
SHM In	12,4	
SHM Out	12,4	
D	12,4	
F1 In	12,4	
F1 Out	6,8	45
F2 In	6,8	
F2 Out	4,1	40
F3 In	4,1	
F3 Out	2,7	35
F4 In	2,7	
F4 Out	2,0	25
F5 In	2,0	
F5 Out	1,7	15
DC	1,7	

[0028] Um den endlosen Betrieb der Gieß-Walz-Verbundanlage 1 zu gewährleisten, wird das Warmband 6 direkt vor den Wickeleinrichtungen geschnitten und abwechselnd durch zumindest zwei Wickeleinrichtungen DC aufgewickelt.

[0029] Durch die Anwendung der erfindungsgemäßen Verfahren in der Gieß-Walz-Verbundanlage 1 weist das aufgewickelte Warmband 6 eine gute Tiefziehbarkeit auf, ohne dass das Warmband 6 nach dem Warmwalzen noch kaltgewalzt oder gegläht werden müsste.

[0030] 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 im Rahmen der Ansprüche abgeleitet werden, ohne den Schutzbereich der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

[0031]

- | | |
|----------|---|
| 1 | Gieß-Walz-Verbundanlage |
| 2 | Stranggießanlage |
| 3 | Strang |
| 4 | Zwischenband |
| 5 | Vorstraße |
| 6 | Warmband bzw. Fertigband |
| 7 | Oberflächenheizmodul |
| 8 | Fertigstraße |
| 9 | Kühlstrecke |
| 10 | Schere |
| 14 | Isolierpaneel |
| 15, DC | Haspelanlage |
| D | Entzunderungseinrichtung |
| 15 | F1... F5 |
| IH | Induktionsofen |
| In | Eingang eines Aggregats |
| Out | Ausgang eines Aggregats |
| R1... R3 | Erstes bis drittes Gerüst der Vorstraße |
| 20 | T _{Ist} |
| | T _{Soll} |

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines ferritischen Warmbands (6) in einer Gieß-Walz-Verbundanlage (1), umfassend die Schritte:

Stranggießen eines flüssigen Stahls zu einem Strang (3) mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt in einer Stranggießanlage (2, CCM); Vorwalzen des Strangs (3) zu einem Zwischenband (4) in einer mehrgerüstigen Vorstraße (5); Erhitzen der Breitseiten des Zwischenbands (4) durch ein oder bevorzugt mehrere induktive Oberflächenheizmodule (7) auf eine Oberflächentemperatur $\geq 1000^\circ\text{C}$, bevorzugt $\geq 1050^\circ\text{C}$, wobei ein Oberflächenheizmodul (7) mit einem Wechselstrom mit einer ersten Frequenz f_1 betrieben wird und für die erste Frequenz f_1 gilt: $f_1 \geq 20\text{ kHz}$, vorzugsweise $f_1 \geq 50\text{ kHz}$, besonders bevorzugt $f_1 \geq 100\text{ kHz}$; Entzundern der Breitseiten des erhitzten Zwischenbands (4) in einer Entzunderungseinrichtung (D); Fertigwalzen des entzunderten Zwischenbands (4) zu dem Warmband (6) in einer mehrgerüstigen Fertigstraße (8), wobei das entzunderte Zwischenband (4) nach dem Entzundern ohne weitere Abkühlung mit einer mittleren Temperatur von $775 - 900^\circ\text{C}$ in ein erstes Gerüst (F1) der Fertigstraße (8) eintritt und zumindest der letzte Walzstich (F5) in der Fertigstraße im ferritischen Temperaturbereich des Stahls erfolgt; Einstellen des Warmbands (6) auf Haspeltemperatur; und Aufwickeln des Warmbands (6) in einer Haspel-

anlage (15, DC).

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das Verhältnis zwischen der Dicke s des Zwischenbands (4) und der Eindringtiefe d in das erhitze Zwischenband (4) gilt: $s/d \leq 6$, bevorzugt $s/d \leq 10$, besonders bevorzugt $s/d \leq 14$ und ganz besonders bevorzugt $s/d \leq 16$, wobei die Eindringtiefe d einen Bereich im Zwischenband (4) bezeichnet, in dem die Stromdichte auf 37% im Vergleich zum Außenrand der Breitseiten abgesunken ist, sodass im Bereich der Eindringtiefe d 86% der induzierten Energie in Wärme umgesetzt werden und nur 14% tieferliegende Bereiche erwärmen. 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein induktives Oberflächenheizmodul (7) das Zwischenband (4) durch Querfelderwärmung erhitzt. 10
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein erster Induktor die obere Breitseite des Zwischenbands (4) und ein zweiter Induktor die untere Breitseite des Zwischenbands (4) erhitzt. 15
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vertikale Abstand zwischen dem ersten Induktor und der oberen Breitseite in Abhängigkeit der Zwischenbanddicke konstant gehalten wird. 20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Breitseite des Zwischenbands (4) in der Entzunderungseinrichtung (D) durch zumindest eine Reihe mit jeweils mehreren Spritzdüsen entzündert wird. 25
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spritzdüsen einer Reihe entweder stationär oder auf rotierenden Rotoren angeordnet sind. 30
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entzunderung durch ein flüssiges Entzunderungsmittel, bspw. Wasser, erfolgt, wobei das Entzunderungsmittel mit einem Druck $450 \text{ bar} > p > 100 \text{ bar}$ an den Spritzdüsen anliegt. 35
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Materialflussrichtung vor der ersten Reihe und hinter der letzten Reihe von Spritzdüsen ein an das Zwischenband (4) angestelltes Treiberrollenpaar angeordnet ist, sodass das Entzunderungsmittel die Entzunderungseinrichtung nicht verlassen kann. 40
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Erhitzen der Breitseiten des Zwischenbands die mittlere Temperatur des Zwischenbands in einem Induktionsofen (IH) durch mehrere induktive Durchwärmemodule erhöht wird, wobei die mittlere Temperatur in etwa gleich stark erhöht wird als die Oberflächentemperatur des Zwischenbands. 45
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die induktiven Oberflächenheizmodule mit einer ersten Frequenz f_1 und die induktiven Durchwärmemodule mit einer zweiten Frequenz f_2 betrieben werden, wobei gilt: $f_1 > f_2$, bevorzugt $f_1 \geq 2 \cdot f_2$, besonders bevorzugt $f_1 \geq 5 \cdot f_2$. 50
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Oberflächentemperatur T_{Ist} des teilweise fertiggewalzten Zwischenbands (4) zwischen dem ersten (F1) und dem zweiten (F2) oder zwischen dem zweiten (F2) und dem dritten Fertiggerüst (F3) der Fertigstraße (8) durch ein Pyrometer gemessen wird, ein Temperaturregler unter Berücksichtigung von T_{Ist} in Abhängigkeit einer Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} eine Stellgröße an zumindest ein, bevorzugt an mehrere, induktive Durchwärmemodule ausgibt, und die Durchwärmemodule das Zwischenband derart stark erwärmen, dass die gemessene Oberflächentemperatur T_{Ist} möglichst der Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} entspricht. 55
13. Verwendung einer Gieß-Walz-Verbundanlage (1) zur Herstellung eines ferritischen Warmbands (6) in einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend:
 - eine Stranggießanlage (2, CCM) zum Stranggießen eines flüssigen Stahls zu einem Strang (3) mit Brammen- oder Dünnbrammenquerschnitt;
 - eine mehrgerüstige Vorstraße (5) zum Vorwalzen des Strangs (3) zu einem Zwischenband (4);
 - ein oder mehrere induktive Oberflächenheizmodule (7) zum Erhitzen der Breitseiten des Zwischenbands (4) auf eine Oberflächentemperatur $\geq 1000 \text{ °C}$, wobei ein Oberflächenheizmodul (7) mit einem Wechselstrom mit einer ersten Frequenz f_1 betrieben wird und für die erste Frequenz f_1 gilt: $f_1 \geq 20 \text{ kHz}$, vorzugsweise $f_1 \geq 50 \text{ kHz}$, besonders bevorzugt $f_1 \geq 100 \text{ kHz}$;
 - eine Entzunderungseinrichtung (D) zum Entzundern der Breitseiten des erhitzten Zwischenbands (4);
 - eine mehrgerüstige Fertigstraße (8) zum Fertigwalzen des entzünderten Zwischenbands (4) zu dem Warmband (6), wobei das entzünderte Zwischenband (4) nach dem Entzundern ohne weitere Abkühlung mit einer mittleren Temperatur

von 775 - 900 °C in ein erstes Gerüst (F1) der Fertigstraße (8) eintritt und zumindest der letzte Walzstich (F5) in der Fertigstraße (8) im ferritischen Temperaturbereich des Stahls erfolgt; eine Kühlstrecke (9) zur Einstellung des Warmbands (6) auf Haspeltemperatur; und eine Haspelanlage (15, DC) zum Aufwickeln des Warmbands (6).

14. Gieß-Walz-Verbundanlage nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Materialflussrichtung zwischen der Vorstraße (5) und den induktiven Oberflächenheizmodulen (7) ein Induktionsofen (IH) mit mehreren induktiven Durchwärmemodulen angeordnet ist, wobei der Induktionsofen (IH) die mittlere Temperatur des Zwischenbands erhöht.
15. Gieß-Walz-Verbundanlage nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem ersten (F1) und dem zweiten (F2) oder zwischen dem zweiten (F2) und dem dritten Fertigerüst (F3) der Fertigstraße (8) ein Pyrometer zur Messung der Oberflächentemperatur T_{Ist} des teilweise fertiggewalzten Zwischenbands (4) angeordnet ist, das Pyrometer mit einem Temperaturregler und der Temperaturregler mit zumindest einem induktiven Durchwärmemodul signaltechnisch verbunden sind, der Temperaturregler unter Berücksichtigung von T_{Ist} in Abhängigkeit einer Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} eine Stellgröße an zumindest ein induktives Durchwärmemodul ausgeben kann, wobei die Durchwärmemodule das Zwischenband derart stark erwärmen können, dass die gemessene Oberflächentemperatur T_{Ist} möglichst der Soll-Oberflächentemperatur T_{Soll} entspricht.

Claims

1. Process for producing a ferritic hot-rolled strip (6) in an integrated casting-rolling plant (1), comprising the steps:
- continuous casting of a liquid steel to give a strip (3) having a slab or thin slab cross section in a continuous casting plant (2, CCM);
- prerolling of the strip (3) to give an intermediate strip (4) in a multipart roughing stand (5);
- heating of the broad sides of the intermediate strip (4) by one or preferably more inductive surface heating modules (7) to a surface temperature of $\geq 1000^\circ\text{C}$, preferably $\geq 1050^\circ\text{C}$, where a surface heating module (7) is operated using an alternating current having a first frequency f_1 and the first frequency f_1 obeys: $f_1 \geq 20 \text{ kHz}$, preferably $f_1 \geq 50 \text{ kHz}$, particularly preferably $f_1 \geq 100 \text{ kHz}$;
- descaling of the broad sides of the heated inter-

mediate strip (4) in a descaling apparatus (D);

final rolling of the descaled intermediate strip (4) to give the hot-rolled strip (6) in a multipart finishing stand (8), where the descaled intermediate strip (4) after descaling and without further cooling enters a first set (F1) of the finishing stand (8) with an average temperature of $775-900^\circ\text{C}$ and at least the last rolling pass (F5) in the finishing stand takes place in the ferritic temperature range of the steel;

setting of the hot-rolled strip (6) to coiler temperature; and

winding-up of the hot-rolled strip (6) in a coiler (15, DC).

2. Process according to Claim 1, **characterized in that** the ratio of the thickness s of the intermediate strip (4) and the penetration depth d into the heated intermediate strip (4) obeys: $s/d \leq 6$, preferably $s/d \leq 10$, particularly preferably $s/d \leq 14$ and very particularly preferably $s/d \leq 16$, where the penetration depth d refers to a region in the intermediate strip (4) in which the current density has dropped to 37% relative to the outer edge of the broad sides, so that in the region of the penetration depth d , 86% of the induced energy is converted into heat while only 14% heats the regions deeper down.
3. Process according to Claim 1 or 2, **characterized in that** an inductive surface heating module (7) heats the intermediate strip (4) by transverse field heating.
4. Process according to Claim 3, **characterized in that** a first inductor heats the upper broad side of the intermediate strip (4) and a second inductor heats the lower broad side of the intermediate strip (4).
5. Process according to Claim 4, **characterized in that** the vertical distance between the first inductor and the upper broad side is kept constant as a function of the intermediate strip thickness.
6. Process according to any of the preceding claims, **characterized in that** each broad side of the intermediate strip (4) is descaled by at least one row of in each case a plurality of spray nozzles in the descaling apparatus (D).
7. Process according to Claim 6, **characterized in that** the spray nozzles of a row are either stationary or arranged on rotating rotors.
8. Process according to Claim 6 or 7, **characterized in that** descaling is carried out using a liquid descaling agent, for example water, where the descaling agent has a pressure in the range $450 \text{ bar} > p > 100 \text{ bar}$ at the spray nozzles.

9. Process according to any of Claims 6 to 8, **characterized in that** a pair of pinch rolls next to the intermediate strip (4) is arranged, in the flow direction of the material, before the first row and after the last row of spray nozzles, so that the descaling agent cannot leave the descaling apparatus.
10. Process according to any of the preceding claims, **characterized in that** the average temperature of the intermediate strip is increased using a plurality of inductive volume-heating modules in an induction furnace (IH) before heating of the broad sides of the intermediate strip, where the average temperature is increased to about the same degree as the surface temperature of the intermediate strip.
11. Process according to Claim 10, **characterized in that** the inductive surface heating modules are operated at a first frequency f_1 and the inductive volume-heating modules are operated at a second frequency f_2 , where: $f_1 > f_2$, preferably $f_1 \geq 2 \cdot f_2$, particularly preferably $f_1 \geq 5 \cdot f_2$.
12. Process according to Claim 10 or 11, **characterized in that** the surface temperature T_{act} of the partially finished intermediate strip (4) between the first finishing set (F1) and the second finishing set (F2) or between the second finishing set (F2) and the third finishing set (F3) of the finishing stand (8) is measured by a pyrometer, a temperature regulator transmits an actuating variable as a function of an intended surface temperature T_{int} and taking into account T_{act} to at least one, preferably a plurality of, inductive volume-heating modules, and the volume-heating modules heat the intermediate strip to such a degree that the measured surface temperature T_{act} corresponds closely to the intended surface temperature T_{int} .
13. Use of an integrated casting-rolling plant (1) for producing a ferritic hot-rolled strip (6) in a process according to any of the preceding claims, comprising:
- a continuous casting plant (2, CCM) for continuously casting a liquid steel to give a strip (3) having a slab or thin slab cross section;
 - a multipart roughing stand (5) for prerolling the strip (3) to give an intermediate strip (4);
 - one or more inductive surface heating modules (7) for heating the broad sides of the intermediate strip (4) to a surface temperature of $\geq 1000^\circ\text{C}$, where a surface heating module (7) is operated using an alternating current having a first frequency f_1 and the first frequency f_1 obeys: $f_1 \geq 20 \text{ kHz}$, preferably $f_1 \geq 50 \text{ kHz}$, particularly preferably $f_1 \geq 100 \text{ kHz}$;
 - a descaling apparatus (D) for descaling the broad sides of the heated intermediate strip (4);
 - a multipart finishing stand (8) for final rolling of the descaled intermediate strip (4) to give the hot-rolled strip (6), where the descaled intermediate strip (4) after descaling and without further cooling enters a first set (F1) of the finishing stand (8) with an average temperature of $775\text{--}900^\circ\text{C}$ and at least the last rolling pass (F5) in the finishing stand (8) takes place in the ferritic temperature range of the steel;
 - a cooling section (9) for setting the hot-rolled strip (6) to coiler temperature; and
 - a coiler (15, DC) for winding up the hot-rolled strip (6).
14. Integrated casting-rolling plant according to Claim 13, **characterized in that** an induction furnace (IH) having a plurality of inductive volume-heating modules is arranged, in the flow direction of the material, between the roughing stand (5) and the inductive surface heating modules (7), where the induction furnace (IH) increases the average temperature of the intermediate strip.
15. Integrated casting-rolling plant according to Claim 13 or 14, **characterized in that** a pyrometer for measuring the surface temperature T_{act} of the partially finished intermediate strip (4) is arranged between the first finishing set (F1) and the second finishing set (F2) or between the second finishing set (F2) and the third finishing set (F3) of the finishing stand (8), the pyrometer is connected so as to be able to transmit a signal to a temperature regulator and the temperature regulator is connected so as to be able to transmit a signal to at least one inductive volume-heating module, the temperature regulator can transmit an actuating variable as a function of an intended surface temperature T_{int} and taking into account T_{act} to at least one inductive volume-heating module, where the volume-heating modules can heat the intermediate strip to such a degree that the measured surface temperature T_{act} corresponds closely to the intended surface temperature T_{int} .

Revendications

1. Procédé pour la fabrication d'un feuillard à chaud (6) ferritique dans une installation mixte de coulée et de laminage (1), comportant les étapes suivantes :

- coulée continue d'un acier liquide en un lingot (3) avec une section transversale en brame ou en brame mince dans une installation de coulée continue (2, CCM) ;
- prélaminage du lingot (3) en un feuillard intermédiaire (4) dans un train dégrossisseur (5) à plusieurs cages ;
- chauffage des faces larges du feuillard intermé-

- diaire (4) par un ou de préférence plusieurs modules de chauffage en surface (7) à induction à une température de surface $\geq 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, de préférence $\geq 1\,050\text{ }^{\circ}\text{C}$, dans lequel un module de chauffage en surface (7) fonctionne avec un courant alternatif ayant une première fréquence f_1 et la première fréquence f_1 vérifie : $f_1 \geq 20\text{ kHz}$, de préférence $f_1 \geq 50\text{ kHz}$, de manière particulièrement préférée $f_1 > 100\text{ kHz}$;
déc laminage des faces larges du feuillard intermédiaire (4) chauffé dans un dispositif de décalaminage (D) ;
laminage de finition du feuillard intermédiaire (4) décalaminé en le feuillard à chaud (6) dans un train de finition (8) à plusieurs cages, dans lequel le feuillard intermédiaire (4) décalaminé, après le décalaminage, entre dans une première cage (F1) du train de finition (8) sans refroidissement supplémentaire avec une température moyenne allant de $775\text{ à }900\text{ }^{\circ}\text{C}$, et au moins la dernière passe de laminage (F5) s'effectue dans le train de finition dans la gamme de température ferritique de l'acier ;
ajustement du feuillard à chaud (6) à la température de dévidage ; et
bobinage du feuillard à chaud (6) dans une installation de dévidage (15, DC).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le rapport entre l'épaisseur s du feuillard intermédiaire (4) et la profondeur de pénétration d dans le feuillard intermédiaire (4) chauffé vérifie : $s/d \leq 6$, de préférence $s/d \leq 10$, de manière particulièrement préférée $s/d \leq 14$ et idéalement $s/d \leq 16$, dans lequel la profondeur de pénétration d désigne une zone dans le feuillard intermédiaire (4) dans laquelle la densité de courant est abaissée de 37 % en comparaison avec le bord externe des faces larges, de telle sorte que, dans la zone de la profondeur de pénétration d , 86 % de l'énergie induite soient convertis en chaleur et seulement 14 % réchauffent des zones plus profondes.
 3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce qu'un** module de chauffage en surface (7) à induction chauffe le feuillard intermédiaire (4) par réchauffage par champ transversal.
 4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce qu'un** premier inducteur chauffe les faces larges supérieures du feuillard intermédiaire (4) et un deuxième inducteur chauffe les faces larges inférieures du feuillard intermédiaire (4).
 5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la distance verticale entre le premier inducteur et la face large supérieure est maintenue constante en fonction de l'épaisseur du feuillard intermédiaire.
 6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque face large du feuillard intermédiaire (4) est décalaminée dans le dispositif de décalaminage (D) par au moins une série de respectivement plusieurs buses de pulvérisation.
 7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** les buses de pulvérisation d'une série sont disposées soit de manière stationnaire, soit sur des rotors en rotation.
 8. Procédé selon la revendication 6 ou la revendication 7, **caractérisé en ce que** le décalaminage s'effectue par un agent de décalaminage liquide, par exemple de l'eau, dans lequel l'agent de décalaminage est appliqué à une pression vérifiant $450\text{ bars} > p > 100\text{ bars}$ au niveau des buses de pulvérisation.
 9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que**, dans la direction d'écoulement de matière, devant la première série et derrière la dernière série de buses de pulvérisation, est disposée une paire de rouleaux d'entraînement placée au niveau du feuillard intermédiaire (4), de telle sorte que l'agent de décalaminage ne puisse pas quitter le dispositif de décalaminage.
 10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, avant le chauffage des faces larges du feuillard intermédiaire, la température moyenne du feuillard intermédiaire est accrue dans un four à induction (IH) par plusieurs modules de réchauffage en profondeur à induction, dans lequel la température moyenne est accrue dans à peu près la même mesure que la température de surface du feuillard intermédiaire.
 11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** les modules de chauffage en surface à induction fonctionnent avec une première fréquence f_1 et les modules de réchauffage en profondeur à induction fonctionnent avec une deuxième fréquence f_2 , dans lequel se vérifie la relation : $f_1 > f_2$, de préférence $f_1 \geq 2 * f_2$, de manière particulièrement préférée $f_1 \geq 5 * f_2$.
 12. Procédé selon la revendication 10 ou la revendication 11, **caractérisé en ce que** la température de surface T_{Ist} du feuillard intermédiaire (4) ayant en partie subi un laminage de finition est mesurée par un pyromètre entre la première (F1) et la deuxième (F2) ou entre la deuxième (F2) et la troisième cage de finition (F3) du train de finition (8), un régulateur de température délivre, avec prise en considération de T_{Ist} en fonction d'une température de surface théorique T_{Sol} , une grandeur de réglage à au moins un, de préférence à plusieurs modules de réchauf-

fage en profondeur à induction, et les modules de réchauffage en profondeur réchauffent le feuillard intermédiaire dans une mesure telle que la température de surface T_{Ist} mesurée corresponde autant que possible à la température de surface théorique T_{Soll} .

13. Utilisation d'une installation mixte de coulée et de laminage (1) pour la fabrication d'un feuillard à chaud (6) ferritique dans un procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant :

une installation de coulée continue (2, CCM) pour la coulée continue d'un acier liquide en un lingot (3) avec une section transversale en brame ou en brame mince ;

un train dégrossisseur (5) à plusieurs cages pour le pré-laminage du lingot (3) en un feuillard intermédiaire (4) ;

un ou plusieurs modules de chauffage en surface (7) à induction pour le chauffage des faces larges du feuillard intermédiaire (4) à une température de surface $\geq 1\,000\text{ }^{\circ}\text{C}$, dans laquelle un module de chauffage en surface (7) fonctionne avec un courant alternatif ayant une première fréquence f_1 et la première fréquence f_1 vérifie : $f_1 \geq 20\text{ kHz}$, de préférence $f_1 \geq 50\text{ kHz}$, de manière particulièrement préférée $f_1 \geq 100\text{ kHz}$; un dispositif de décalaminage (D) pour le décalaminage des faces larges du feuillard intermédiaire (4) chauffé ;

un train de finition (8) à plusieurs cages pour le laminage de finition du feuillard intermédiaire (4) décalaminé en le feuillard à chaud (6), dans laquelle le feuillard intermédiaire (4) décalaminé, après le décalaminage, entre dans une première cage (F1) du train de finition (8) sans refroidissement supplémentaire avec une température moyenne allant de $775\text{ à }900\text{ }^{\circ}\text{C}$, et au moins la dernière passe de laminage (F5) s'effectue dans le train de finition (8) dans la gamme de température ferritique de l'acier ;

une ligne de refroidissement (9) pour l'ajustement du feuillard à chaud (6) à la température de dévidage ; et

une installation de dévidage (15, DC) pour le bobinage du feuillard à chaud (6).

14. Installation mixte de coulée et de laminage selon la revendication 13, **caractérisée en ce que**, dans la direction d'écoulement de matière, entre le train dégrossisseur (5) et les modules de chauffage en surface (7) à induction, est disposé un four à induction (IH) avec plusieurs modules de réchauffage en profondeur à induction, dans laquelle le four à induction (IH) accroît la température moyenne du feuillard intermédiaire.

15. Installation mixte de coulée et de laminage selon la revendication 13 ou la revendication 14, **caractérisée en ce que**, entre la première (F1) et la deuxième (F2) ou entre la deuxième (F2) et la troisième cage de finition (F3) du train de finition (8), est disposé un pyromètre pour la mesure de la température de surface T_{Ist} du feuillard intermédiaire (4) ayant en partie subi un laminage de finition, le pyromètre est relié par technologie de signaux à un régulateur de température et le régulateur de température est relié par technologie de signaux à au moins un module de réchauffage en profondeur à induction, le régulateur de température peut délivrer, avec prise en considération de T_{Ist} en fonction d'une température de surface théorique T_{Soll} , une grandeur de réglage à au moins un module de réchauffage en profondeur à induction, dans laquelle les modules de réchauffage en profondeur peuvent réchauffer le feuillard intermédiaire dans une mesure telle que la température de surface T_{Ist} mesurée corresponde autant que possible à la température de surface théorique T_{Soll} .

Fig 1

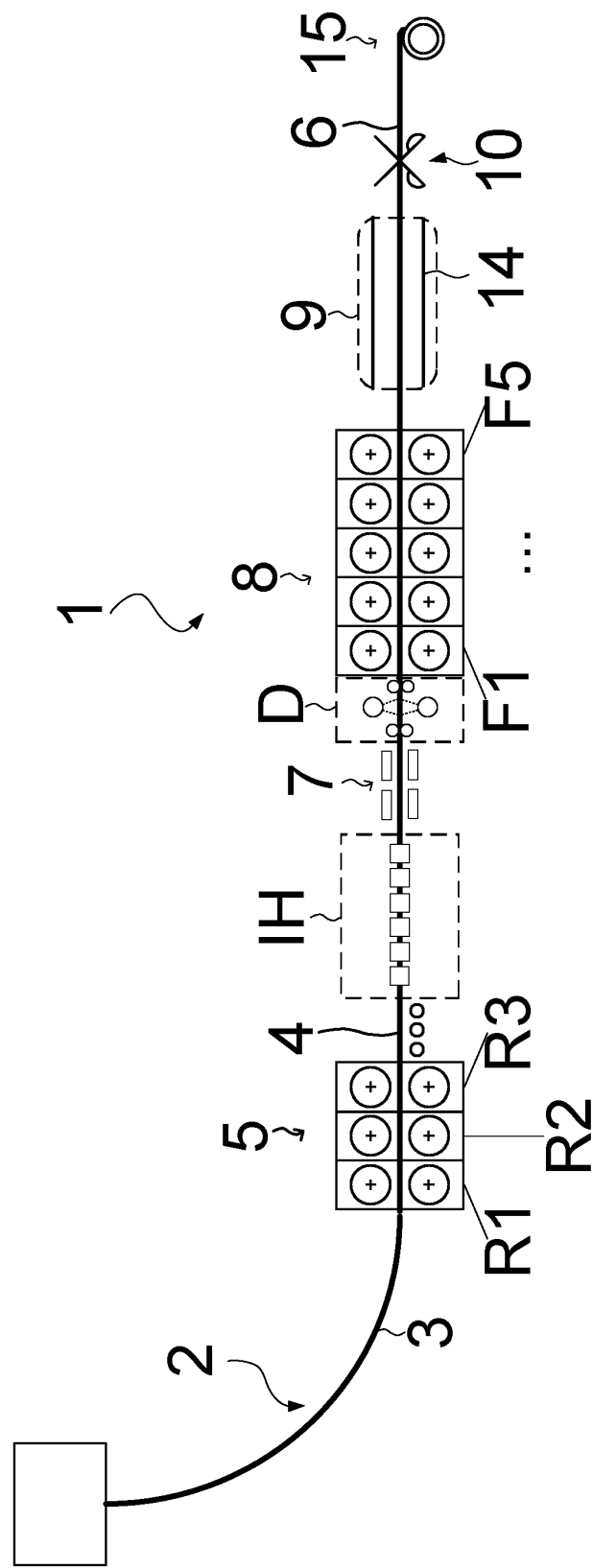
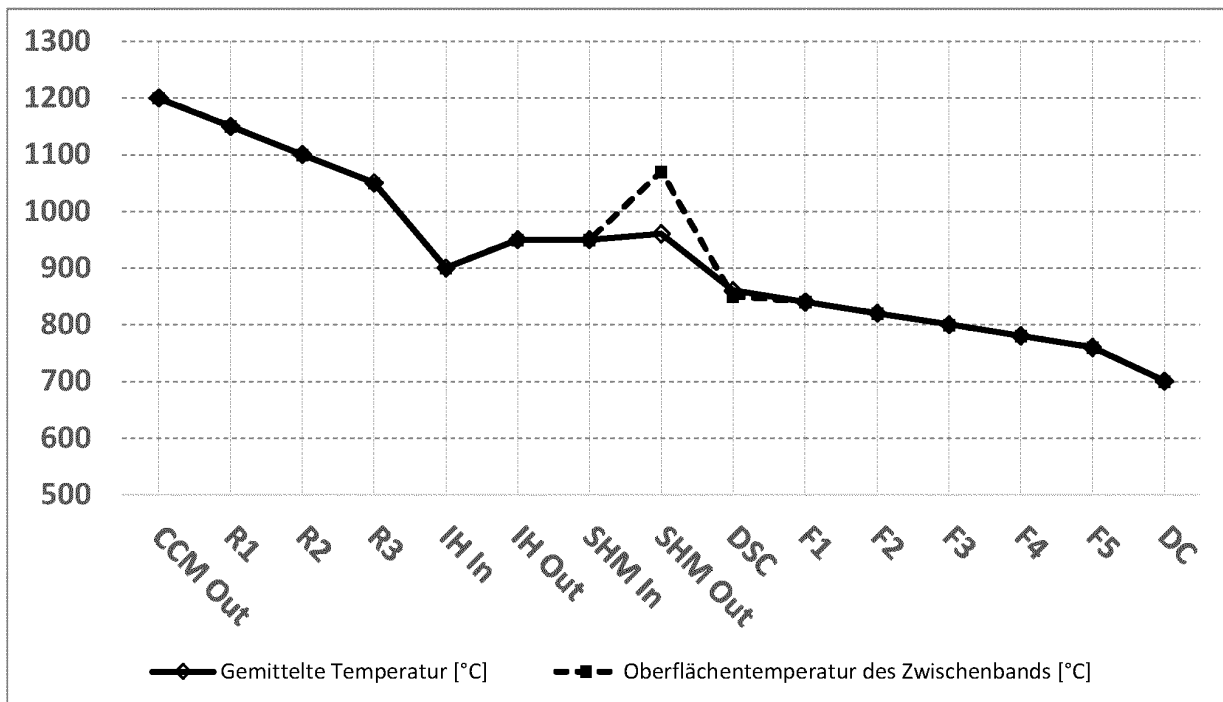
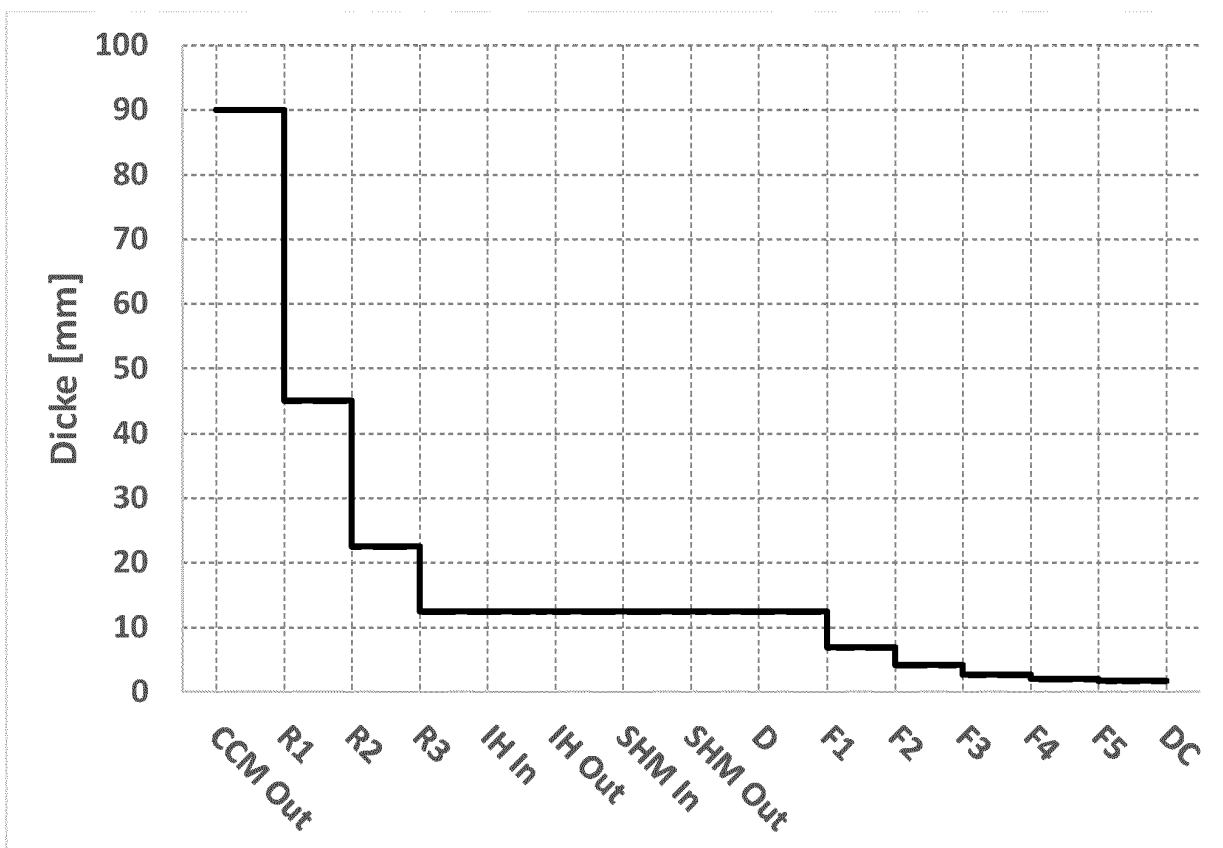


Fig 2**Fig 3**

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

- EP 2020068520 W [0004]