(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 200 449 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
13.11.2024 Patentblatt 2024/46

(21) Anmeldenummer: **21769633.5**

(22) Anmeldetag: **18.08.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
C21D 1/26 *(2006.01)* ***C21D 1/32*** *(2006.01)*
C21D 9/56 *(2006.01)* ***C21D 9/573*** *(2006.01)*
C21D 9/66 *(2006.01)* ***C22C 38/00*** *(2006.01)*
C22C 38/02 *(2006.01)* ***C22C 38/04*** *(2006.01)*
C22C 38/06 *(2006.01)* ***C21D 1/74*** *(2006.01)*
C21D 9/00 *(2006.01)* ***C21D 8/12*** *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
C21D 1/26; C21D 1/32; C21D 1/74; C21D 8/1272; C21D 8/1277; C21D 9/005; C21D 9/561; C21D 9/563; C21D 9/573; C21D 9/66; C22C 38/004; C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/06

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2021/060288

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/036382 (24.02.2022 Gazette 2022/08)

(54) **VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES ELEKTROBANDS**

METHOD FOR PRODUCING AN ELECTRICAL STEEL SHEET

MÉTHODE DE PRODUCTION D'UNE TÔLE D'ACIER ÉLECTRIQUE

(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: **20.08.2020 AT 507032020**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.06.2023 Patentblatt 2023/26

(73) Patentinhaber: **NanoNeal Technologies GmbH**
4040 Linz (AT)

(72) Erfinder:
- **DORFBAUER, Christian**
  4040 Linz (AT)
- **KREUZEDER, Marius**
  3100 St. Pölten (AT)

(74) Vertreter: **Burger, Hannes**
Anwälte Burger & Partner
Rechtsanwalt GmbH
Rosenauerweg 16
4580 Windischgarsten (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 862 946
EP-A1- 2 960 348
JP-A- H01 234 524
JP-A- H01 234 525
JP-A- H09 302 413
JP-A- S61 119 620

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).

EP 4 200 449 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bearbeitung eines siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs mit einer thermischen Behandlung zur Herstellung eines nicht-kornorientierten Elektrobands entsprechend dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Für eine Vielzahl von elektrotechnischen bzw. elektromagnetischen Anwendungen sind Stahlbleche von Eisen-Silizium-Legierungen mit einem hohen Siliziumanteil, insbesondere mit einem Siliziumanteil von mehr als 1,5 % Gew. von großem Interesse. Solche üblicherweise als Elektroblech oder Elektroband bezeichneten Stahlbleche weisen eine höhere Sättigungsmagnetisierung in Kombination mit höheren Werten des elektrischen Widerstands auf und bieten daher den Vorteil von geringeren magnetischen Verlusten, insbesondere bei Anwendungen bei höheren Frequenzen.

[0003] Zu der Herstellung solcher Elektrobleche werden zunächst nach dem Erschmelzen der Stahllegierungen die Schmelzen zu sogenannten Brammen vergossen. Aus diesem Vormaterial werden in einem Warmwalzprozess zunächst sogenannte Warmbänder hergestellt. Dazu ist - im Falle einer zwischenzeitlichen Abkühlung des Vormaterials - ein Wiedererwärmen und Entzundern der Oberflächen zur Beseitigung von zurückgebliebenen Oxydschichten erforderlich. Dies erfolgt in der Regel durch eine als Beizen durchgeführte, chemische Oberflächenbehandlung. Die erhaltenen Warmbänder werden dann zu einem Kaltband gewalzt. Schließlich erfolgt eine Wärmebehandlung der Bänder in Glühöfen, wobei durch den Glühprozess die Ausbildung einer die erwünschten Eigenschaften begünstigenden, kristallinen Struktur erzielt wird.

[0004] In Zwischenetappen der Bearbeitung solcher Stahlbänder zu Elektroblechen werden die Bänder zu Rollen, sogenannten Coils, aufgewickelt. Um den Herstellungsprozess in einem kontinuierlichen Verfahren durchführen zu können, sind in den dafür vorgesehenen Fertigungsanlagen Zwischenstationen, in denen die Rollen abgewickelt und die Enden der hintereinander angelieferten Rollen miteinander verschweißt werden, vorgesehen. Andererseits ist am Ausgang der Fertigungsanlagen ein Zerschneiden der kontinuierlichen Bänder und ein Wiederaufwickeln zu Rollen vorgesehen.

[0005] Die JP S61-119620 A beschreibt ein Glühverfahren für ein auf 0,15 bis 0,6 mm Wandstärke kaltgewalztes Band aus nicht-kornorientiertem Siliziumstahl mit einem Siliziumgehalt von 1 bis 4 Gew.-%. Das Verfahren findet in einem vertikalen, kontinuierlich betriebenen Glühofen unter Inertgasatmosphäre und bei einer Haltetemperatur von 760 bis 950 °C statt. Dabei wird eine bestimmte Herdwalze verwendet, deren Durchmesser DA (mm) der Beziehung von DA > = 1,6 × 10-3 .d genügt, wobei d (mm) die Dicke des Stahlbandes ist. Durch dieses Verfahren kann ein nachteiliger sich verschlechternder Magnetismus von Produkten aufgrund einer plastischen Verformung, die mit dem Biegen entlang der Herdwalze einhergeht, beseitigt werden.

[0006] Die JP H09-302413 A beschreibt ein Herstellungs- bzw. Bearbeitungsverfahren für ein nichtkornorientiertes weichmagnetisches Band aus Stahl, der bis zu 4 Gew.-% Silizium enthält. U. a. wird der Stahl kontinuierlich gegossen, zu einem Band warmgewalzt, auf 0,5 mm Wandstärke kaltgewalzt und schließlich in einer vertikal betriebenen Glühanlage vorgewärmt, auf einer Temperatur von max. ~ 860 °C gehalten und wieder mit 10 bis 50 °C/s abgekühlt. In der Glühanlage wird das Band einer Zugspannung von bis zu ~70 MPa ausgesetzt.

[0007] Aus der JP H01-234525 A ist bekannt, dass ein Siliziumstahlblechs mit guten magnetischen Eigenschaften durch Verwendung einer Herdwalze mit einem bestimmten Walzendurchmesser bzw. einer Balligkeit in bestimmten Bereichen durch kontinuierliches Glühen in einem vertikalen Ofen hergestellt werden kann.

[0008] Die JP H01-234524 A beschreibt die Herstellung eines Siliziumstahlblechs mit bis zu 4 Gew.-% Si, wozu ein kaltgewalztes Stahlblech durch einen vertikalen Durchlaufglühofen geführt wird, während die Spannung des Stahlblechs auf $\leq$1,0 kg/mm^2 und die Abkühlgeschwindigkeit bei einer Temperatur von 900-400 °C zwischen 4-25 °C/s eingestellt werden. Durch dieses Verfahren wird das Auftreten von Verwerfungen verhindert und ein nicht orientiertes Siliziumstahlblech mit niedrigen magnetischen Feldeigenschaften hergestellt.

[0009] Die Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren zur Bearbeitung eines siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs zu schaffen, das die Herstellung eines nichtkornorientierten Elektrobands mit verbesserten magnetischen Eigenschaften als auch mit einer deutlich verbesserten Oberflächenqualität ermöglicht.

[0010] Diese Aufgabe der Erfindung wird gelöst durch ein Verfahren zur Bearbeitung eines siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs mit einer thermischen Behandlung zur Herstellung eines nicht-kornorientierten Elektrobands, wobei sich der Aufheizbereich und der Haltebereich zwischen dem Ofeneintrittsbereich und den Umlenkrollen erstrecken und dass in einem Querschnitt eines Bereichs des Stahlblechs mit der Maximaltemperatur eine Zugspannung herrscht, deren Wert kleiner ist als 5 MPa.

[0011] In einer bevorzugten Verfahrensweise ist vorgesehen, dass das Stahlblech in dem Aufheizbereich während einer Aufheizphase auf eine Maximaltemperatur in einem Bereich von 920° bis 1150°C, vorzugsweise von 950 °C bis 1100 °C, erwärmt wird.

[0012] Vorteilhaft ist insbesondere, wenn das Aufheizen des Stahlblechs in der Aufheizphase in einem ersten Abschnitt mit einer Heizrate von 100 °C/s bis 1000 °C/s und in einem zweiten Abschnitt mit einer Heizrate von 3 °C/s bis 50 °C/s durchgeführt wird.

[0013] Gemäß einer bevorzugten Verfahrensweise wird das Stahlblech in dem Haltebereich in einer Haltephase mit einer Dauer von 5 s bis 45 s, vorzugsweise mit einer Dauer von 10 s bis 30 s, auf der Maximaltem-

peratur gehalten.

[0014] Von Vorteil ist die Weiterbildung der Verfahrensweise, bei der das Stahlblech anschließend an die Haltephase, zwischen dem Haltebereich und den Umlenkrollen auf eine erste Zwischentemperatur von 200 °C bis 1050°C, bevorzugt von 400 °C bis 900 °C, abgekühlt wird, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 30 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 5 °C/s bis 15 °C/s durchgeführt wird.

[0015] Eine bevorzugte Wärmebehandlung des Stahlblechs sieht vor, dass das Stahlblech anschließend an die Umlenkrollen in einem ersten Abschnitt von der ersten Zwischentemperatur auf eine zweite Zwischentemperatur in einem Bereich von 200 °C bis 1050 °C, bevorzugt von 400 °C bis 900 °C, abgekühlt wird, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 30 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 5 °C/s bis 15 °C/s, durchgeführt wird.

[0016] Weiters ist es von Vorteil, wenn anschließend in einem zweiten Abschnitt bei der Bewegung zu dem Ofenaustrittsbereich das Stahlblech von der zweiten Zwischentemperatur weiter abgekühlt wird, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 60 °C/s, bevorzugt mit einer Kühlrate von 15 °C/s bis 35 °C/s, durchgeführt wird.

[0017] Die Verfahrensweise, wonach in der Glühanlage eine überwiegend aus Wasserstoff bestehende Schutzgasatmosphäre mit einem Anteil des Wasserstoffs von größer als 99 % (Vol.-%) bereitgestellt wird, hat den Vorteil, dass eine neuerliche Ausbildung von Oxydschichten an der Oberfläche vermieden werden kann.

[0018] Als vorteilhaft erweist sich insbesondere, wenn in der Schutzgasatmosphäre Wasserdampf mit einem sehr geringen Anteil, insbesondere mit einem Anteil entsprechend einem Taupunkt von -70 °C bis -45 °C enthalten ist.

[0019] Das Verfahren ist besonders geeignet für Stahlblech mit einem Wert der Dicke von 0,05 mm bis 0,5 mm.

[0020] Die Anwendung des Verfahrens ist insbesondere geeignet für die Behandlung von Elektrobändern aus legierten Stählen mit Legierungsbestandteilen in den Gewichtsanteilen von Si: 1,5 % bis 6 %, bevorzugt 2 % bis 4 %, Al: 0,05 % bis 2 %, C: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %, Mn: 0,05 % bis 5 %, P: 0,01 % bis 0,2 %, S: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %, und N: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %.

[0021] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0022] Es zeigen jeweils in stark vereinfachter, schematischer Darstellung:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs;

Fig. 2 eine Glühanlage zur thermischen Behandlung des Stahlblechs gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein Diagramm des Temperaturverlaufs des Stahlblechs während der thermischen Behandlung;

Fig. 4 ein alternatives Ausführungsbeispiel der Glühanlage zur thermischen Behandlung des Stahlblechs;

Fig. 5 ein weiteres alternatives Ausführungsbeispiel der Glühanlage.

[0023] Einführend sei festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind diese Lageangaben bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen.

[0024] Die Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 1 in Form einer Fertigungsstraße zur Bearbeitung eines siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs 2 mit einer thermischen Behandlung zur Herstellung eines nicht-kornorientierten Elektrobands. Das Stahlblech 2, das in der Vorrichtung 1 einer thermischen Behandlung unterzogen wird, ist dabei ein kaltgewalztes Stahlband mit einer Dicke in einem Bereich von 0,05 mm bis 0,5 mm. Das Stahlblech 2 wird bei dem Bearbeitungsverfahren in einem bandförmigen Zustand bereitgestellt und während der Bearbeitung in einem kontinuierlichen Prozess durch hintereinander angeordnete Stationen der Fertigungsstraße bewegt. Als die primäre Bearbeitungsstation der Vorrichtung 1 umfasst diese eine Glühanlage 3 zur thermischen Behandlung des Stahlblechs 2.

[0025] Eingangsseitig umfasst die Vorrichtung 1 eine Vorbereitungsstation 4 zur Bereitstellung des als Endlosband zugeführten Stahlblechs 2. Die in der Fig. 1 als nur eine Komponente dargestellte Vorbereitungsstation 4 repräsentiert mehrere einzelne Bearbeitungsstationen bzw. Vorbereitungsarbeiten wie das Abwickeln des kaltgewalzten Stahlblechs 2 von entsprechenden Rollen, das Zusammenschweißen der aufeinander folgenden Enden von mehreren Rollen zum Endlosband und ein vorbereitendes Reinigen bzw. Entfetten der Oberflächen. Durch einen nachfolgend angeordneten Bandspeicher 5 wird ein Ausgleich bzw. eine Anpassung unterschiedlicher Bewegungsgeschwindigkeiten des Stahlblechs 2 zwischen der Vorbereitungsstation 4 und anschließenden Bearbeitungsstationen sichergestellt.

[0026] Das kaltgewalzte Stahlblech 2 wird anschließend in der Glühanlage 3 einer thermischen Behandlung unterzogen, wobei - wie nachfolgend anhand der Darstellungen in der Fig. 2 beschrieben wird - das Stahlblech 2 in der Glühanlage 3 in einer vertikalen Förderrichtung

bewegt wird. Durch die thermische Behandlung des Stahlblechs 2 in der Glühanlage 3 wird dessen kristalline Struktur derart verändert, dass eine Verbesserung der magnetischen Eigenschaften des schließlich erhaltenen Elektrobands erreicht wird. Durch die vertikale Förderrichtung des Stahlblechs 2 während dieser thermischen Behandlung können Kontakte bzw. ein Abrollen von sonst erforderlichen Förderrollen an dem Stahlblech 2, insbesondere bei hohen Temperaturen des Stahlblechs 2 vermieden werden, wodurch diese Elektrobänder eine hohe Gleichförmigkeit ihrer Oberflächen erhalten. Zu der Beeinflussung der kristallinen Struktur des Stahlblechs 2 durchläuft dieses während der thermischen Behandlung in der Glühanlage 3 einen Aufheizbereich, einen Haltebereich und einen Abkühlbereich mit einem jeweils besonderen, angepassten zeitlichen Temperaturverlauf.

[0027] Zur Steuerung des Bearbeitungsverfahrens in der Vorrichtung 1 umfasst diese eine Steuervorrichtung 6, durch die sowohl die Temperaturen in den genannten Bereichen der Glühanlage 3 als auch die Geschwindigkeit der Bewegung des Stahlblechs 2 zur Erzielung der entsprechenden zeitlichen Temperaturverläufe versteuert werden. Die Steuerung des Bearbeitungsverfahrens in der Vorrichtung 1 stützt sich zusätzlich auch auf Informationen von nachfolgenden Kontrolleinrichtungen zur Überwachung der erhaltenen Qualität des Stahlblechs 2. So durchläuft das Stahlblech 2 nach Verlassen der Glühanlage 3 eine Messstation 7 in der die magnetischen Eigenschaften des Stahlblechs 2 nach der Wärmebehandlung detektiert werden. Im Falle von Abweichungen von den gewünschten Eigenschaften des Stahlblechs 2 ist es so möglich, durch die Steuervorrichtung 6 automatisch auf das Bearbeitungsverfahren - insbesondere in der Glühanlage 3 - korrigierend Einfluss zu nehmen. Neben der Detektion der magnetischen Eigenschaften des Stahlbleches 2 in der Messstation 7 kann diese auch zur Messung anderer Eigenschaften, wie beispielsweise von geometrischen Größen des bearbeiteten Stahlblechs 2 ausgestattet sein.

[0028] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Vorrichtung 1 zur Durchführung des Bearbeitungsverfahrens im Anschluss auch eine Beschichtungsstation 8 zum Auftrag und zur anschließenden Trocknung einer Schutzschicht auf dem Stahlblech 2. In weiterer Folge ist eine Beschichtungsmessstation 9 vorgesehen, in der die Dicke und Gleichförmigkeit der auf das Stahlblech 2 aufgetragenen Schutzschicht gemessen und somit kontrolliert wird. Schließlich sind ausgangsseitig ein weiterer Bandspeicher 10 und daran anschließend eine Nachbearbeitungsstation 11 vorgesehen. Letztere dient primär dem Zerschneiden des als Endlosband durch die Vorrichtung 1 laufenden Stahlblechs 2 in Teilbänder und deren Aufwickeln auf einzelne Rollen.

[0029] Die Fig. 2 zeigt als Detail der Fig. 1 die Glühanlage 3 in einer vereinfachten Prinzipdarstellung ihrer Komponenten. Diese Anlage zur thermischen Behandlung des Stahlblechs 2 umfasst in Reihenfolge der Bewegungsrichtung des Stahlbleches 2 einen Ofeneintrittsbereich 12, einen Schnellaufheizbereich 13 und einen Vertikalen Ofen 14. Im obersten Endbereich des Vertikalen Ofens 14 schließt sich an diesen ein Haltebereich bzw. eine Haltezone 15 an. Weiter im aufsteigenden Strang des Stahlblechs 2 folgt eine erste Abkühlzone 16 und in einem oberen Endbereich der Glühanlage 3 ein Umlenkbereich 17. Dieser weist Umlenkrollen 18 auf, über die das Stahlblech 2 geführt wird und so von dem aufsteigenden Strang in den absteigenden Strang der Glühanlage 3 übergeleitet wird. Auf den im oberen Endbereich der Glühanlage 3 angeordneten Umlenkbereich 17 folgt eine zweite Abkühlzone 19, eine dritte Abkühlzone 20 und schließlich ein Ofenaustrittsbereich 21.

[0030] Während seiner thermischen Behandlung wird das Stahlblech 2 in der Glühanlage 3 in einer überwiegend aus Wasserstoff bestehenden Schutzgasatmosphäre bewegt. Die Schutzgasatmosphäre weist Wasserstoff mit einem Anteil von mehr als 99 % auf. Da das Stahlblech 2 in einem kontinuierlichen Prozess fortlaufend durch das Innere der Glühanlage 3 bewegt wird, ist es besonders wichtig, dass die Übergänge des Stahlblechs 2 beim Eintritt durch den Ofeneintrittsbereich 12 und Verlassen der Glühanlage 3 durch den Ofenaustrittsbereich 21 möglichst gasdicht ausgebildet sind. Dementsprechend weisen der Ofeneintrittsbereich 12 und der Ofenaustrittsbereich 21 jeweils besondere Gasdichtungen auf. Optional können auch am Übergang zwischen dem Schnellaufheizbereich 13 und dem Vertikalen Ofen 14 und zwischen dem Vertikalen Ofen 14 und der ersten Abkühlzone 16 Dichtungen vorgesehen sein. Für die Schutzgasatmosphäre in der Glühanlage 3, die zu mehr als 99 % aus Wasserstoff besteht, ist außerdem vorgesehen, dass nur möglichst wenig Reste von Wasserdampf enthalten sind. Vorzugsweise enthält die Schutzgasatmosphäre Wasserdampf mit einem Anteil entsprechend einem Taupunkt von -70 °C bis -45 °C. Diese Schutzgasatmosphäre mit mehr als 99 % Wasserstoff und dem besonders niedrigen Wasserdampf-Anteil wird zumindest in dem sich vom Ofeneintrittsbereich 12 über den Aufheizbereich, die Haltezone 15 und den Umlenkbereich 17 erstreckenden Volumen aufrecht gehalten. In dem anschließenden Abschnitt, nach dem Umlenkbereich 17, kann auch eine Schutzgasatmosphäre mit nicht so hoher Reinheit vorgesehen werden.

[0031] Der Schnellaufheizbereich 13 und der Vertikale Ofen 14 bilden gemeinsam den Aufheizbereich der Glühanlage 3. Darauf folgt der Haltebereich in der Haltezone 15 und schließlich der Abkühlbereich, der sich zusammensetzt aus der ersten Abkühlzone 16, dem Umlenkbereich 17 und der zweiten und der dritten Abkühlzone 19, 20 in dem absteigenden Strang der Glühanlage 3. Durch die von dem Schnellaufheizbereich 13 und dem Vertikalen Ofen 14 während seiner Aufwärtsbewegung in das Stahlblech 2 zugeführte Wärmeenergie wird dieses schließlich auf eine Maximaltemperatur in einem Bereich von 920 °C bis 1.150 °C erwärmt. Das Stahlblech 2 ist dabei gleichzeitig einer Zugbelastung entsprechend dem Eigengewicht des weiter unten hängenden Stahl-

blechs 2 ausgesetzt. Die Abmessungen des Schnellaufheizbereichs 13, des Vertikalen Ofens 14 als auch des Ofeneintrittsbereichs 12 sind dabei so dimensioniert, dass eine Höhe 24 eines Bereichs des Stahlblechs 2 mit deren Maximaltemperatur so groß ist, dass die in dem Stahlblech 2 herrschende Zugspannung kleiner ist als 5 MPa. Vorzugsweise wird die Höhe 24 so gewählt, dass die Zugspannung kleiner ist als 4 MPa. Die Höhe 24 des Bereichs mit der Maximaltemperatur in der Glühanlage 3 entspricht etwa der Hälfte der Gesamthöhe Glühanlage 3.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsvariante des Verfahrens ist außerdem vorgesehen, dass während der thermischen Behandlung in der Glühanlage 3 in dem Stahlblech 2 als eine zusätzliche Behandlung periodisch auf- und abschwellende Zugspannungen eingebracht werden.

[0033] Dies kann beispielsweise durch die Erzeugung unterschiedlich großer Drehmomente, die an den Förderrollen für die Bewegung des Stahlblechs 2 angreifen, erreicht werden. Dabei ist aber jedenfalls vorgesehen, dass in Querschnitten des Bereichs des Stahlblechs 2 mit der Maximaltemperatur die jeweilig vorherrschende Zugspannung einen Wert von 5 MPa nicht überschreitet. Vorzugsweise wird die vorherrschende Zugspannung bei einem Wert gehalten, der kleiner ist als 4 MPa. Durch die Behandlung mit einer solchen Wechsellast während der thermischen Behandlung kann die Ausbildung guter magnetischer Eigenschaften zusätzlich begünstigt werden. Insbesondere können damit Ungleichmäßigkeiten der magnetischen Eigenschaften (magnetische Anisotropie) während dem Glühprozess in längs und quer Richtung des Stahlbandes 2 vermieden werden.

[0034] Die thermische Behandlung des Stahlblechs 2 in der Glühanlage 3 wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 3 näher erläutert. Die Fig. 3 zeigt ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs der Temperatur des Stahlblechs 2 während seiner thermischen Behandlung. Dabei sind eine Aufheizphase 25, eine Haltephase 26 und eine Abkühlphase 27 zu unterscheiden. Zu Beginn der Aufheizphase 25 erfolgt eine Erwärmung mit einer sehr steil ansteigenden Temperaturkurve in dem ersten Abschnitt mit einer Heizrate von 100 °C/s bis 600 °C/s. Diese rasche Erwärmung des Stahlblechs 2 wird durch den Schnellaufheizbereich 13 erreicht (Fig. 2). Daran anschließend wird in einem zweiten Abschnitt mit einer Heizrate von 10 °C/s bis 50 °C/s das Stahlblech bis zu einer Maximaltemperatur weiter erwärmt. Dieser zweite Teil der Aufheizphase wird in dem Vertikalen Ofen 14 bewirkt. Die Erwärmung des Stahlblechs 2 erfolgt vorzugsweise bis zu einer Maximaltemperatur in einem Bereich von 950 °C bis 1.100 °C. In dem Haltebereich bzw. der Haltezone 15 wird sodann während der Dauer der Haltephase 26 die Temperatur auf der Maximaltemperatur gehalten. Die Länge bzw. Dauer der Haltephase 26 liegt in einem Bereich von 5 Sekunden bis 45 Sekunden, vorzugsweise in einem Bereich von 10 Sekunden bis 30 Sekunden.

[0035] Mit dem Ende der Haltephase 26 - entsprechend dem Übergang des Stahlblechs 2 von der Haltezone 25 in die erste Abkühlzone 16 - geht die Temperatur des Stahlblechs 2 sodann in die Abkühlphase 27 über. Am Beginn dieser Abkühlphase 27 erfolgt zunächst ein Abkühlen des Stahlblechs 2 von der Maximaltemperatur auf eine erste Zwischentemperatur mit einem Wert in einem Bereich von 200 °C bis 1100 °C, bevorzugt 400 °C bis 900 °C, entsprechend der Bewegung des Stahlblechs 2 in der ersten Abkühlzone 16 zwischen der Haltezone 15 und dem Umlenkbereich 17. Das Abkühlen auf die erste Zwischentemperatur erfolgt vergleichsweise langsam mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 20 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 5 °C/s bis 15 °C/s. Während das Stahlblech 2 über die Umlenkrollen 18 geführt wird, wird dessen Temperatur in dem Umlenkbereich 17 auf der ersten Zwischentemperatur in etwa konstant gehalten. Anschließend an die Umlenkrollen 18 nach Verlassen des Umlenkbereichs 7 wird die Abkühlung in der zweiten Abkühlzone 19 bis Erreichen einer zweiten Zwischentemperatur in einem Bereich von 600 °C bis 700 °C fortgesetzt. Die Geschwindigkeit der Kühlung erfolgt dabei mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 20 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 5 °C/s bis 15 °C/s. Im letzten Abschnitt der Abkühlphase 27 - entsprechend der dritten Abkühlzone 20 mit der Bewegung des Stahlblechs 2 zu dem Ofenaustrittsbereich 21 hin - wird das Stahlblech 2 von der zweiten Zwischentemperatur bis etwa Raumtemperatur abgekühlt, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 10 °C/s bis 50 °C/s durchgeführt wird.

[0036] Hinsichtlich des Temperatur-Verlaufs während der Abkühlung, d.h. bei dem Übergang von der Maximaltemperatur über die erste Zwischentemperatur in dem Umlenkbereich 17 zu der zweiten Zwischentemperatur und schließlich zur endgültigen Abkühlung auf Raumtemperatur, können zumindest zwei unterschiedliche Varianten unterschieden werden.

[0037] Beispiel 1: Nach dem Haltebereich in der Haltezone 15 erfolgt in der ersten Abkühlzone 16 eine Absenkung der Temperatur des Stahlblechs 2 auf einem Wert der ersten Zwischentemperatur von etwa 800 °C. Mit diesem Wert der ersten Zwischentemperatur wird das Stahlblech 2 in dem Umlenkbereich 17 über die Umlenkrollen 18 geführt und wird daran anschließend die Abkühlung in der zweiten Abkühlzone 19 mit einer zunächst geringeren Abkühlgeschwindigkeit fortgesetzt. In der zweiten Abkühlzone 19 erfolgt die Temperaturreduktion mit einer Kühlrate von etwa 10 °C/s. Erst wenn das Stahlblech 2 einen Wert der zweiten Zwischentemperatur in einem Bereich von 600 °C bis 700 °C erreicht hat, wir die Kühlung ihn der dritten Abkühlzone 20 mit eine Kühlrate von typischerweise 35 °C/s fortgesetzt.

[0038] Beispiel 2: In dieser Variante wird schon in der ersten Abkühlzone 16 ein Wert der ersten Zwischentemperatur des Stahlblechs 2 von etwa 600 °C erreicht. Nach der Umlenkung des Stahlblechs 2 in dem Umlenkbereich 17 an den Umlenkrollen 18 kann sodann die weitere Abkühlung mit der hohen Kühlrate von typischerweise 35

°C/s - im Verlauf der zweiten Abkühlzone 19 als der dritten Abkühlzone 20 - fortgesetzt werden.

[0039] Die Fig. 4 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel der Glühanlage 3 zur thermischen Behandlung des Stahlblechs 2 gemäß Fig. 1. Bei dieser Glühanlage 3 ist im Anschluss an den Ofeneintrittsbereich 12 unmittelbar der Vertikale Ofen 14 vorgesehen. D.h. im Vergleich zur Ausführung gemäß der Darstellung in Fig. 2 ist kein Schnellaufheizbereich 13 umfasst und erfolgt die Erwärmung des Stahlbleches 2 auf die Maximaltemperatur alleine mithilfe des Vertikalen Ofens 14. Der Vertikale Ofen 14 kann dabei eine gasbetriebene oder - vorzugsweise - eine elektrische Heizanlage umfassen. Das Aufheizen des Stahlblechs 2 erfolgt bei dieser Glühanlage 3 mit einer Heizrate zwischen 5 °C/s und 100 °C/s.

[0040] Eine weitere Ausführungsvariante einer alternativen Glühanlage 3 ist in der Fig. 5 schematisch vereinfacht gezeigt. Hinsichtlich der dabei vorgesehenen Heizung entspricht diese Glühanlage 3 dem Beispiel gemäß der Fig. 4, indem dafür ebenfalls nur der Vertikale Ofen 14 vorgesehen ist. Im Anschluss an die dritte Abkühlzone 20 schließt sich bei diesem Ausführungsbeispiel in dem absteigenden Strang eine Beschichtungsstation 8 an (Fig. 1). Diese ist für eine vertikale Förderrichtung des Stahlbleches 2 ausgebildet und umfasst eine Beschichtungszone 22 und eine Trocknungszone 23. Durch die Integration der Beschichtungsstation 8 in den absteigenden Strang der Glühanlage 3 wird insgesamt der Vorteil eines reduzierten Platzbedarfs der Gesamtanlage erreicht.

[0041] Das beschriebene Verfahren der Bearbeitung des siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs 2 mit der thermischen Behandlung in der Vorrichtung 1 ermöglicht in vorteilhafter Weise die Herstellung eines nicht-kornorientierten Elektrobands mit einer großen Homogenität seiner kristallinen Struktur, verbesserten magnetischen Eigenschaften als auch einer deutlich verbesserten Oberflächenqualität. Die Anwendung des Verfahrens ist insbesondere geeignet für die Behandlung von Elektrobändern aus legierten Stählen mit Legierungsbestandteilen in den Gewichtsanteilen von Si: 1,5 % bis 6 %, bevorzugt 2 % bis 4 %, Al: 0,05 % bis 2 %, C: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %, Mn: 0,05 % bis 5 %, P: 0,01 % bis 0,2 %, S: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %, und N: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %.

[0042] Aufgrund der hohen H_2-Konzentration in der Vorrichtung 1 und/oder der hohen Trockenheit (dem sehr niedrige Taupunkt) in der Vorrichtung 1 und/oder des vertikale Konzepts (vertikale Förderrichtung) kann bei der Bearbeitung des Stahlblechs 2 das Risiko einer Oxid-Aufwachsung auf der Umlenkrolle selbst bei den hohen Si-, Al- und Mn Anteilen im Band kombiniert mit hohen Umlenktemperaturen vermieden werden. Dadurch können periodische Bandeindrücke und damit Anlagenstillstände vermieden werden. Durch höhere Umlenktemperaturen des Bandes kann der Durchsatz der Vorrichtung 1 erhöht werden.

[0043] Eine Ausführungsvariante des Verfahrens kann folgende Schritte vorsehen:

- Abwickeln des Bandes (für das Stahlblech 2)
- Anschweißen des Bandes an ein weiteres Band zu einem Endlosband
- Reinigung bzw. Entölung des Bandes
- Vertikales Führen des Bandes während des Glühens in einer Vorrichtung 1 mit einem Aufwärts- und einem Abwärtsbereich (beispielsweise mit Umlenktemperaturen von mindestens 200 °C, insbesondere zwischen 200 °C und 950 °C, z.B. zwischen 400 °C und 500 °C, im Bereich der oberen Umlenkung des Bandes)
- Abkühlen des Bandes
- ggfs. Beschichten des Bandes
- Ggfs. Trocknen der Beschichtung
- Aufwickeln des fertigen Bandes.

[0044] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt.

[0045] Der Schutzbereich ist durch die Ansprüche bestimmt. Die Beschreibung und die Zeichnungen sind jedoch zur Auslegung der Ansprüche heranzuziehen. Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen können für sich eigenständige erfinderische Lösungen darstellen. Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

[0046] Sämtliche Angaben zu Wertebereichen in gegenständlicher Beschreibung sind so zu verstehen, dass diese beliebige und alle Teilbereiche daraus mitumfassen, z.B. ist die Angabe 1 bis 10 so zu verstehen, dass sämtliche Teilbereiche, ausgehend von der unteren Grenze 1 und der oberen Grenze 10 mit umfasst sind, d.h. sämtliche Teilbereiche beginnen mit einer unteren Grenze von 1 oder größer und enden bei einer oberen Grenze von 10 oder weniger, z.B. 1 bis 1,7, oder 3,2 bis 8,1, oder 5,5 bis 10.

[0047] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus Elemente teilweise unmaßstäblich und/oder vergrößert und/oder verkleinert dargestellt wurden.

Bezugszeichenaufstellung

[0048]

1 Vorrichtung
2 Stahlblech

3 Glühanlage
4 Vorbereitungsstation
5 Bandspeicher
6 Steuervorrichtung
7 Messstation
8 Beschichtungsstation
9 Beschichtungsmessstation
10 Bandspeicher
11 Nachbearbeitungsstation
12 Ofeneintrittsbereich
13 Schnellaufheizbereich
14 Vertikaler Ofen
15 Haltezone
16 erste Abkühlzone
17 Umlenkbereich
18 Umlenkrolle
19 zweite Abkühlzone
20 dritte Abkühlzone
21 Ofenaustrittsbereich
22 Beschichtungszone
23 Trocknungszone
24 Höhe
25 Aufheizphase
26 Haltephase
27 Abkühlphase

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bearbeitung eines siliziumhaltigen, kaltgewalzten Stahlblechs (2) mit einer thermischen Behandlung zur Herstellung eines nicht-kornorientierten Elektrobands, wobei das Stahlblech (2) einen Gewichtsteil von Silizium zwischen 1,5 % und 6 % enthält, und wobei das Stahlblech (2) in einem bandförmigen Zustand bereitgestellt wird und während der thermischen Behandlung in einem kontinuierlichen Prozess durch eine Glühanlage (3) mit einem Aufheizbereich, einem Haltebereich und einem Abkühlbereich bewegt wird, wobei das Stahlblech (2) in der Glühanlage (3) in einer vertikalen Förderrichtung bewegt wird, und wobei das Stahlblech (2) in der Glühanlage (3) von einem Ofeneintrittsbereich (12), der in einem unteren Endbereich der Glühanlage (3) angeordnet ist, über Umlenkrollen, die in einem oberen Endbereich der Glühanlage (3) angeordnet sind, zu einem Ofenaustrittsbereich (21), der in dem unteren Endbereich der Glühanlage (3) angeordnet ist, bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der Aufheizbereich und der Haltebereich zwischen dem Ofeneintrittsbereich (12) und den Umlenkrollen (18) erstrecken und dass in einem Querschnitt eines Bereichs des Stahlblechs (2) mit der Maximaltemperatur eine Zugspannung herrscht, deren Wert kleiner ist als 5 MPa.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) in dem Aufheizbereich während einer Aufheizphase (25) auf eine Maximaltemperatur in einem Bereich von 920° bis 1150°C, vorzugsweise von 950 °C bis 1100 °C, erwärmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aufheizen des Stahlblechs (2) in der Aufheizphase (25) mit einer Heizrate von 5 °C/s bis 100 °C/s durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Aufheizen des Stahlblechs (2) in der Aufheizphase (25) in einem ersten Abschnitt mit einer Heizrate von 100 °C/s bis 1000 °C/s und in einem zweiten Abschnitt mit einer Heizrate von 3 °C/s bis 50 °C/s durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) in dem Haltebereich in einer Haltephase (26) mit einer Dauer von 5 s bis 45 s, vorzugsweise mit einer Dauer von 10 s bis 30 s, auf der Maximaltemperatur gehalten wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Querschnitt des Bereichs des Stahlblechs (2) mit der Maximaltemperatur eine Zugspannung herrscht, deren Wert kleiner ist als 4 MPa.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Querschnitten des Bereichs des Stahlblechs (2) mit der Maximaltemperatur die Zugspannung zeitlich auf- und abschwellend erzeugt wird.

8. Verfahren nach der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) anschließend an die Haltephase (26), zwischen dem Haltebereich und den Umlenkrollen (18) auf eine erste Zwischentemperatur von 200 °C bis 1100 °C, bevorzugt 400 °C bis 900 °C, abgekühlt wird, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 20 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 5 °C/s bis 15 °C/s durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) anschließend an die Umlenkrollen (18) in einem ersten Abschnitt von der ersten Zwischentemperatur auf eine zweite Zwischentemperatur in einem Bereich von 600 °C bis 700 °C abgekühlt wird, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 30 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 5 °C/s bis 15 °C/s, durchgeführt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) anschließend in

einem zweiten Abschnitt bei der Bewegung zu dem Ofenaustrittsbereich (21) von der zweiten Zwischentemperatur weiter abgekühlt wird, wobei die Kühlung mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 60 °C/s, vorzugsweise mit einer Kühlrate von 3 °C/s bis 35 °C/s, durchgeführt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Glühanlage (3) eine überwiegend aus Wasserstoff bestehende Schutzgasatmosphäre mit einem Anteil des Wasserstoffs von größer als 99 % bereitgestellt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Schutzgasatmosphäre Wasserdampf mit einem Anteil entsprechend einem Taupunkt von -70 °C bis -45 °C enthalten ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) eine Dicke von 0,1 mm bis 0,5 mm aufweist.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach der thermischen Behandlung eine Schutzschicht auf das Stahlblech (2) aufgetragen wird, wobei die Beschichtung während einer Bewegung in einer vertikalen Förderrichtung durchgeführt wird.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlblech (2) Legierungsbestandteile in den Gewichtsanteilen von Si: 1,5 % bis 6 %, bevorzugt 2 % bis 4 %, Al: 0,05 % bis 2 %, C: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %, Mn: 0,05 % bis 5 %, P: 0,01 % bis 0,2 %, S: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 %, und N: < 0,01 %, bevorzugt < 0,005 % enthält.

Claims

1. A method for processing a siliceous, cold-rolled steel sheet (2) with a heat treatment for producing a non-grain-oriented electric steel strip, wherein the steel sheet (2) contains a part by weight of silicon of 1.5 % to 6 %, and wherein the steel sheet (2) is provided in a strip-type state and is moved through an annealing plant (3) with a heating region, a holding region and a cooling region in a continuous process during the heat treatment, wherein the steel sheet (2) is moved in the annealing plant (3) in a vertical conveying direction, and wherein the steel sheet (2) is moved in the annealing plant (3), from a furnace entry region (12), which is arranged in a lower end region of the annealing plant (3), via deflection rollers, which are arranged in an upper end region of the annealing plant (3), to a furnace exit region (21), which is arranged in the lower end region of the annealing plant (3), **characterized in that** that the heating region and the holding region (15) extend between the furnace entry region (12) and the deflection rollers (18) and that in a cross-section of a region of the steel sheet (2) with the maximum temperature, a tensile stress occurs, the value of which is less than 5 MPa.

2. The method according to claim 1, **characterized in that** during a heating phase (25), the steel sheet (2) is heated in the heating region to a maximum temperature in a range of 920°C to 1150°C, preferably of 950°C to 1100°C.

3. The method according to claim 2, **characterized in that** the heating of the steel sheet (2) is carried out during the heating phase (25) at a heating rate of 5°C/s to 100°C/s.

4. The method according to claim 2, **characterized in that** the heating of the steel sheet (2) is carried out during the heating phase (25) at a heating rate of 100°C/s to 1000°C/s in a first section, and at a heating rate of 3°C/s to 50°C/s in a second section.

5. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in the holding region the steel sheet (2) is held at the maximum temperature in a holding phase (26) with a duration of 5 s to 45 s, preferably with a duration of 10 s to 30 s.

6. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in the cross-section of the region of the steel sheet (2) with the maximum temperature, a tensile stress occurs, the value of which is less than 4 MPa.

7. The method according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** in the cross-sections of the steel sheet (2) with the maximum temperature, the tensile stress is generated to ebb and flow over time.

8. The method according to claims 5 to 7, **characterized in that** following the holding phase (26), the steel sheet (2) is cooled to a first intermediate temperature of 200°C to 1100°C, preferably 400°C to 900°C, between the holding region and the deflection rollers (18), wherein the cooling is carried out at a cooling rate of 3°C/s to 20°C/s, preferably at a cooling rate of 5°C/s to 15°C/s.

9. The method according to claim 8, **characterized in that** following the deflection rollers (18), the steel sheet (2) is cooled down in a first section from the first intermediate temperature to a second intermediate temperature in a range of 600°C to 700°C, wherein the cooling is carried out at a cooling rate of 3°C/s to 30°C/s, preferably at a cooling rate of 5°C/s to 15°C/s.

10. The method according to claim 9, **characterized in that** subsequently, in a second section, the steel sheet (2) is further cooled down from the second intermediate temperature during the movement towards the furnace exit region (21), wherein the cooling is carried out at a cooling rate of 3°C/s to 60°C/s, preferably at a cooling rate of 3°C/s to 35°C/s.

11. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an inert gas atmosphere consisting mainly of hydrogen and having a hydrogen content of more than 99 % is provided in the annealing plant (3).

12. The method according to claim 11, **characterized in that** water vapor with a proportion corresponding with a dew point of -70°C to -45°C is contained in the inert gas atmosphere.

13. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the steel sheet (2) has a thickness of 0.1 mm to 0.5 mm.

14. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** after the heat treatment, a protective coating is applied to the steel sheet (2), wherein the coating takes place during a movement in a vertical conveying direction.

15. The method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the steel sheet (2) contains alloying components in weight proportions Si: 1.5% to 6%, preferably 2% to 4%, Al: 0.05% to 2%, C: < 0.01%, preferably < 0.005%, Mn: 0.05% to 5%, P: 0.01% to 0.2%, S: < 0.01%, preferably < 0.005%, and N: < 0.01%, preferably < 0.005%.

Revendications

1. Procédé d'usinage d'une tôle d'acier (2) laminée à froid contenant du silicium avec un traitement thermique pour la fabrication d'une bande électrique à grains non orientés, dans lequel la tôle d'acier (2) contient une part de silicium entre 1,5 % et 6 % en poids et dans lequel la tôle d'acier (2) est mise à disposition sous la forme d'une bande et est déplacée, pendant le traitement thermique, dans un processus en continu, à travers une installation de recuit (3) avec une zone de chauffage, une zone de maintien et une zone de refroidissement, dans lequel la tôle d'acier (2) est déplacée, dans l'installation de recuit (3), dans une direction de transport verticale et dans lequel la tôle d'acier (2) est déplacée, dans l'installation de recuit (3), d'une zone d'entrée de four (12), qui est disposée dans une zone d'extrémité inférieure de l'installation de recuit (3), en passant par des rouleaux de renvoi, qui sont disposés dans une zone d'extrémité supérieure de l'installation de recuit (3), vers une zone de sortie de four (21), qui est disposée dans la zone d'extrémité inférieure de l'installation de recuit (3), **caractérisé en ce que** la zone de chauffage et la zone de maintien s'étendent entre la zone d'entrée de four (12) et les rouleaux de renvoi (18) et **en ce que**, dans une section transversale d'une zone de la tôle d'acier (2) avec la température maximale, il règne une tension de traction dont la valeur est inférieure à 5 MPa.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) est chauffée, dans la zone de chauffage, pendant une phase de chauffage (25), à une température maximale de l'ordre de 920 °C à 1 150 °C, de préférence de 950 C à 1 100 °C.

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le chauffage de la tôle d'acier (2) dans la phase de chauffage (25) est effectué avec une vitesse de chauffage de 5 °C/s à 100 °C/s.

4. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** le chauffage de la tôle d'acier (2) dans la phase de chauffage (25) est effectuée dans une première portion avec une vitesse de chauffage de 100 °C/s à 1 000 °C/s et dans une deuxième portion avec une vitesse de chauffage de 3 °C/s à 50 °C/s.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) est maintenue, dans une phase de maintien (26), avec une durée de 5 s à 45 s, de préférence avec une durée de 10 s à 30 s, à la température maximale.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, dans la section transversale de la zone de la tôle d'acier (2) avec la température maximale, il règne une tension de traction dont la valeur est inférieure à 4 MPa.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que**, dans les sections transversales de la zone de la tôle d'acier (2) avec la température maximale, la tension de traction est générée de manière variable en fonction du temps.

8. Procédé selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) est refroidie, après la phase de maintien (26), entre la zone de maintien et les rouleaux de renvoi (18), à une première température intermédiaire de 200 °C à 1100 °C, de préférence de 400 °C à 900 °C, dans lequel le refroidissement est effectué avec une vitesse de refroidissement de 3 °C/s à 20 °C/s, de préférence avec une vitesse de refroidissement de 5 °C/s à 15 °C/s.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) est refroidie, après les rouleaux de renvoi (18), dans une première portion, de la première température intermédiaire à une deuxième température intermédiaire de l'ordre de 600 °C à 700 °C, dans lequel le refroidissement est effectué avec une vitesse de refroidissement de 3 °C/s à 30 °C/s, de préférence avec une vitesse de refroidissement de 5 °C/s à 15 °C/s.

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) est ensuite encore refroidie, dans une deuxième portion, lors du déplacement vers la zone de sortie du four (21), à partir de la deuxième température intermédiaire, dans lequel le refroidissement est effectué avec une vitesse de refroidissement de 3 °C/s à 60 °C/s, de préférence avec une vitesse de refroidissement de 3 °C/s à 35 °C/s.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, dans l'installation de recuit (3), une atmosphère inerte constituée majoritairement d'hydrogène, avec une part d'hydrogène supérieure à 99 %, est mise à disposition.

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que**, dans l'atmosphère inerte, est contenue de la vapeur d'eau avec une part correspondant à un point de rosée de -70 °C à -45 °C.

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) présente une épaisseur de 0,1 mm à 0,5 mm.

14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, après le traitement thermique, une couche protectrice est appliquée sur la tôle d'acier (2), dans lequel le revêtement est effectué pendant un déplacement dans une direction de transport verticale.

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la tôle d'acier (2) contient des composants d'alliage avec les proportions suivantes : Si : 1,5ù à 6 %, de préférence 2 % à 4 %, Al : 0,05 % à 2 %, C : < 0,01 %, de préférence < 0,005 %, Mn : 0,05 % à 5 %, P : 0,01 % à 0,2 %, S : < 0,01 %, de préférence < 0,005 % et N : < 0,01 %, de préférence <0,005 %.

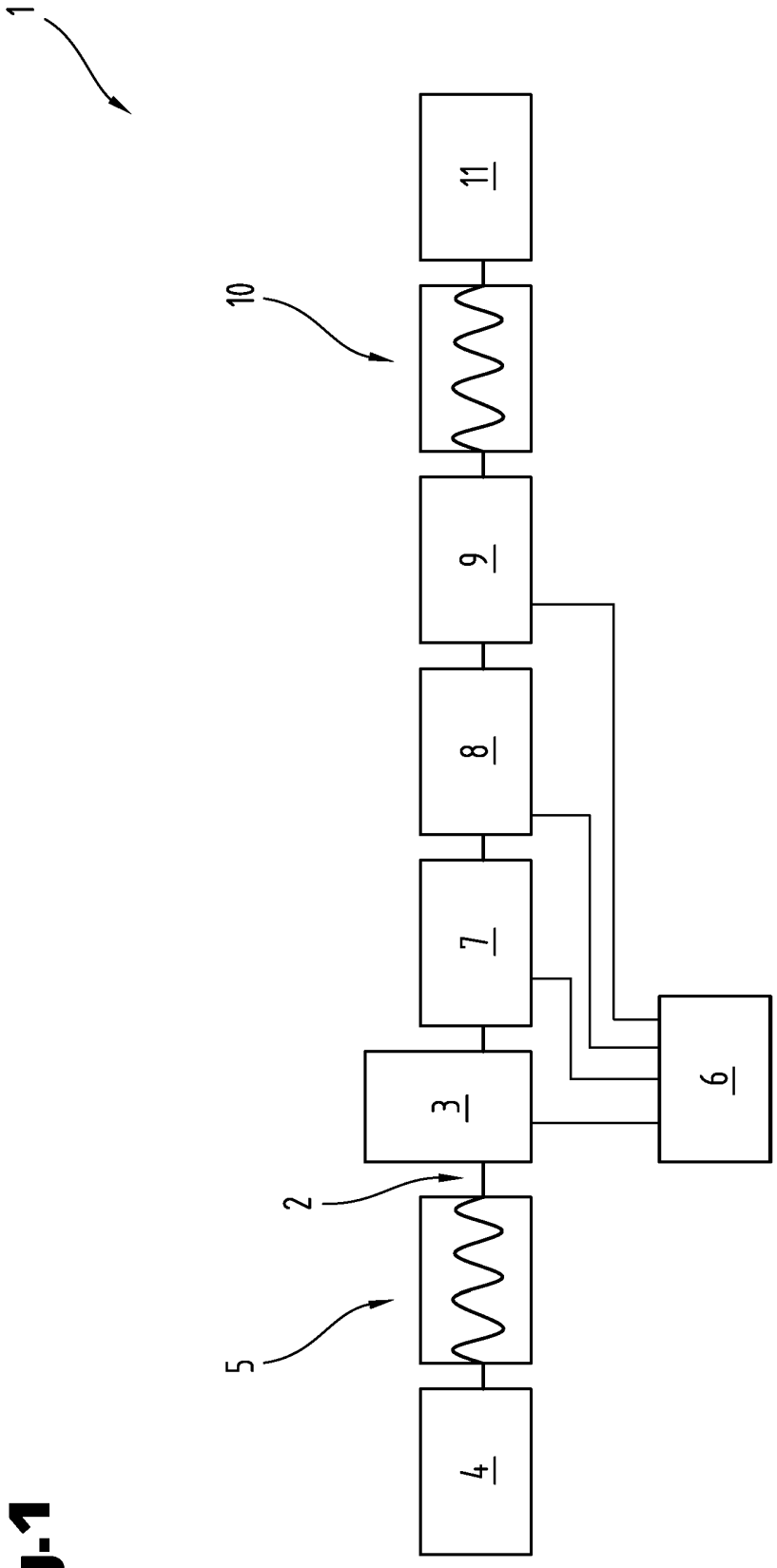


Fig.1

Fig.2

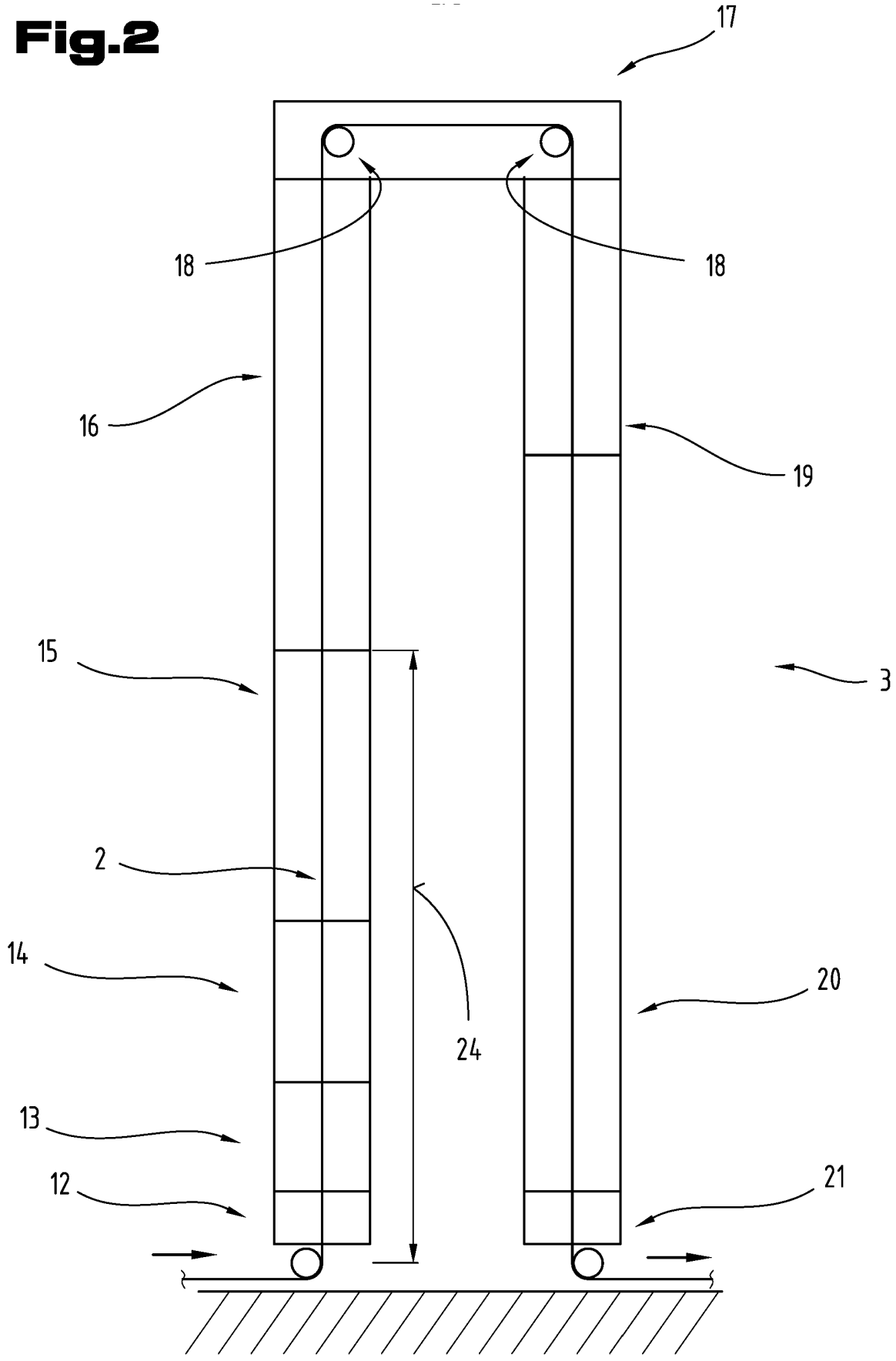


Fig.3

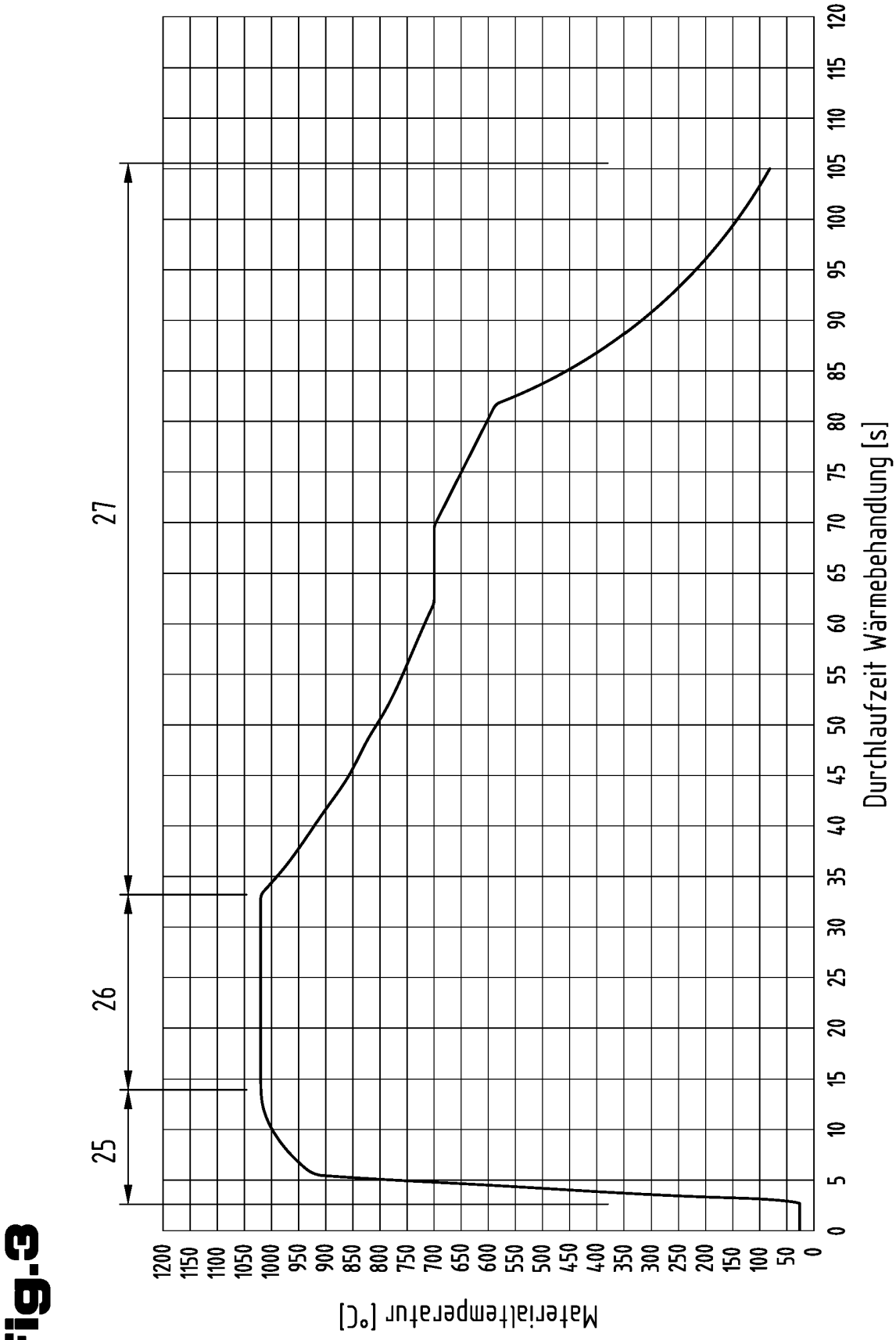

Materialtemperatur [°C]
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
850
800
750
700
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
Durchlaufzeit Wärmebehandlung [s]
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85
90
95
100
105
110
115
120
25
26
27

Fig.4

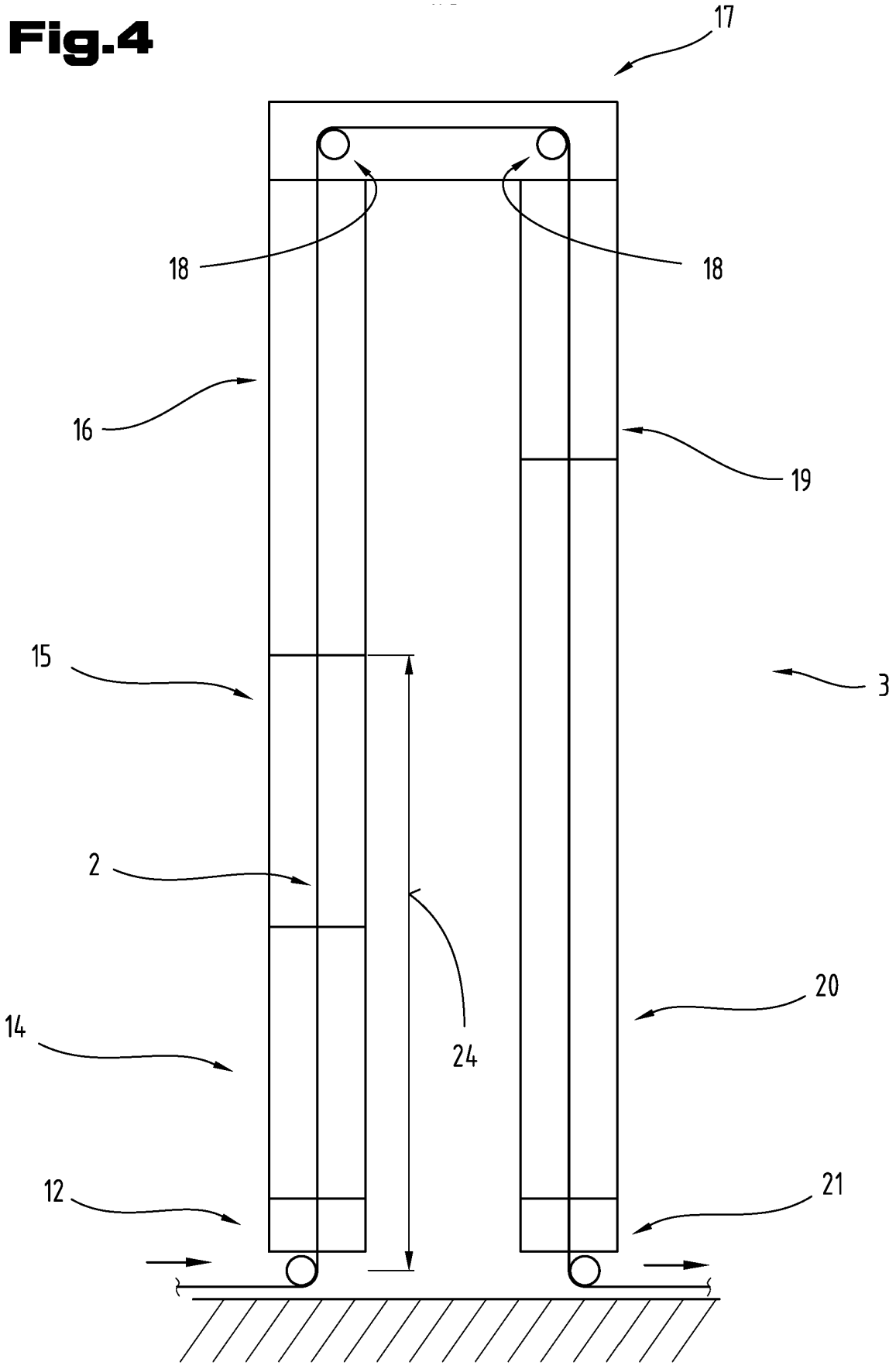
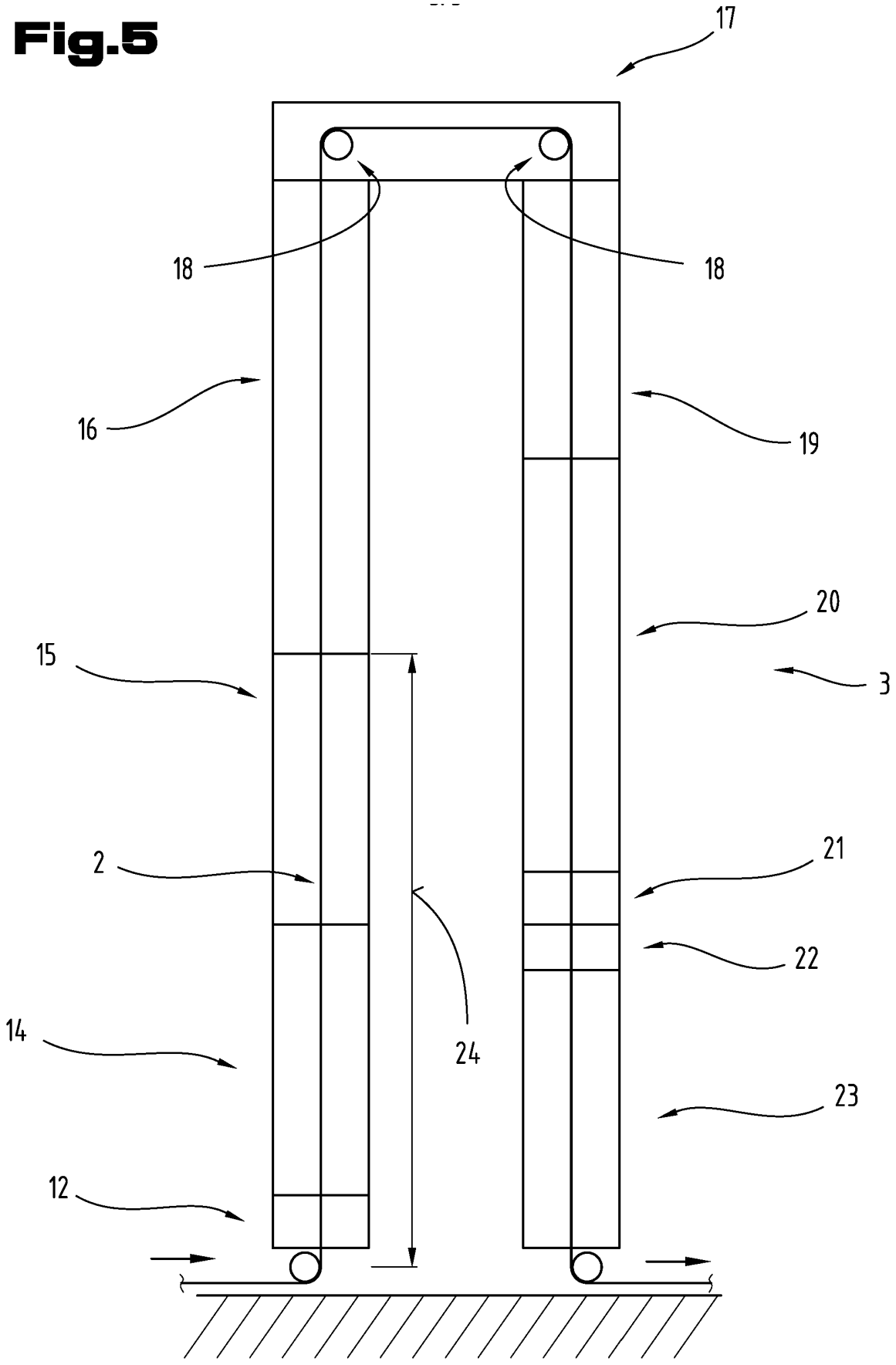


Fig.5



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

- JP S61119620 A **[0005]**
- JP H09302413 A **[0006]**
- JP H01234525 A **[0007]**
- JP H01234524 A **[0008]**