

(19)



(11)

EP 2 437 900 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
25.06.2014 Patentblatt 2014/26

(51) Int Cl.:
B21B 35/00 (2006.01) H02K 55/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10724421.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/057524

(22) Anmeldetag: **31.05.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/139659 (09.12.2010 Gazette 2010/49)

(54) **ENERGIESPARENDE WALZSTRASSE UND ENERGIESPARENDES VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER GIESS-WALZ-VERBUNDANLAGE**

ENERGY-SAVING ROLLING MILL TRAIN AND ENERGY-SAVING PROCESS FOR OPERATING A COMBINED CASTING AND ROLLING STATION

TRAIN DE LAMINOIR ÉCONOME EN ÉNERGIE ET PROCÉDÉ ÉCONOME EN ÉNERGIE PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UNE INSTALLATION COMBINÉE 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 SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **04.06.2009 EP 09161954**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
11.04.2012 Patentblatt 2012/15

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **WINTER, Günther**
91077 Neunkirchen/Brand (DE)
• **MORITZ, Norbert**
91056 Erlangen (DE)
• **DIEZ, Michael**
91054 Erlangen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-96/01710 DE-A1- 4 137 992
DE-T2- 69 408 595 JP-A- 10 235 416
JP-A- 62 038 705

EP 2 437 900 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

[0001] Die Erfindung betrifft eine Walzstraße, insbesondere Warmwalzstraße, Warmbreitbandstraße oder/und Fertigstraße eines Warmwalzwerks, zur Verarbeitung von Walzgut, insbesondere bestehend aus Stahl, Aluminium, Kupfer oder Titan, mit einer Mehrzahl von in einer Walzrichtung unmittelbar benachbarten Walzgerüsten, wobei die Walzgerüste jeweils zumindest zwei Arbeitswalzen aufweisen, zwischen denen das Walzgut bearbeitbar ist. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine Gieß-Walz-Verbund-Anlage und auf ein Verfahren zum Betrieb einer Gieß-Walz-Verbund-Anlage.

[0002] Metallische Vorprodukte wie beispielsweise Brammen, Warmoder Kaltband, Bleche, Rohre, etc. aus Materialien wie Eisen, Stahl, Nichteisenmetallen oder anderen metallischen Werkstoffen werden großindustriell in Walzstraßen verschiedenen Verarbeitungs- und Veredelungsschritten unterzogen. Typische Verarbeitungsschritte sind das Auswalzen von gegossenen Brammen zu Warmband oder das Herunterwalzen des Warmbandes auf die vom Kunden gewünschte Dicke in einer Kaltwalzstrasse, beispielsweise einer Tandemstraße.

[0003] Walzanlagen kommen konventionell als separate Anlagen vor, die ihr Walzgut zum Beispiel von einer separaten Stranggusseinrichtung, z.B. einem "continuous casting system" erhalten. In modernen Gieß-Walz-Verbund-Anlagen kann Warmband in einem kontinuierlichen Prozess, insbesondere endlos, hergestellt werden. Eine Gieß-Walz-Verbund-Anlage ist z.B. in WO 96/01710 oder in DE 694 08 595 T2 offenbart.

[0004] Die maßgebliche Komponente zur Bearbeitung von Walzgut ist ein Walzgerüst, mit dem z.B. Brammen in aufeinander folgenden Walzstichen zu einem Band ausgewalzt werden können. Walzgerüste kommen in nahezu allen Walzstrassen, insbesondere in Warm- und Kaltwalzstrassen zum Einsatz.

[0005] Nach dem Warmwalzen können die Bänder weiteren Bearbeitungsschritten unterzogen werden. Am Ende der Walzstrasse wird das heruntergewalzte Band üblicherweise mit Hilfe einer Haspel zu sog. "Coils" aufgerollt. Alternativ erfolgt im kontinuierlichen Prozess eine direkte Kopplung mit einer Kaltwalzanlage und/ oder Behandlungslinie.

[0006] Das Warmband kann weiteren Zwischenschritten, wie beispielsweise einer Temperaturbehandlung unterzogen werden, bevor es einer Kaltwalzstrasse zugeführt wird. Am Ende einer Kaltwalzstrasse befindet sich üblicherweise eine Aufwickelhaspel zur Aufnahme des gewalzten Bandes, im kontinuierlichen Prozess ggf. mit einer Schere kombiniert.

[0007] Beim Walzen müssen hohe Drehmomente zur Bearbeitung des Walzgutes aufgebracht werden. Aus diesem Grund werden leistungsstarke Elektromotoren zum Antrieb der Walzen eingesetzt, deren Drehmoment vielfach mit Hilfe eines Untersetzungsgetriebes weiter vergrößert wird. DE 199 11 751 C1 beschreibt eine Antriebseinrichtung für ein Walzgerüst. Leistungsstarke Elektromotoren ebenso wie entsprechend geeignete Getriebe sind sehr schwer und voluminös.

[0008] Die Elektromotoren samt Getrieben müssen - bezogen auf die Verarbeitungsrichtung des Walzgutes - seitlich angeordnet werden und vergrößern dadurch den durch eine Fabrikhalle zu überbauenden Raumbedarf erheblich. JP 10-235416 schlägt alternativ dazu vor, einen kompakten supraleitenden Elektromotor in das Innere einer Walze eines Walzgerüsts zu integrieren. Eine solche Ausgestaltung zieht mechanische Probleme nach sich, da die betreffende Walze mit ihrer somit verminderten Stabilität Verformungen bei hohen Walzkräften erleiden wird.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Walzstraße zur Verarbeitung von Walzgut und eine Gieß-Walz-VerbundAnlage mit einer solchen Walzstraße sowie ein Betriebsverfahren für die Gieß-Walz-Verbund-Anlage anzugeben, welches/welche mittels seines/ihrer Antriebskonzeptes die metallurgischen und Herstellungsprozesse beim Walzen vereinfachen, in ihrer Energieeffizienz verbessern und/ oder flexibler gestalten lässt/lassen.

[0010] Hinsichtlich der Walzstraße wird die erfindungsgemäße Aufgabe gelöst durch eine Walzstraße mit den Merkmalen nach Anspruch 1. Bezüglich der Gieß-Walz-Verbund-Anlage wird die erfindungsgemäße Aufgabe gelöst durch eine Gieß-Walz-VerbundAnlage nach Anspruch 8, in Bezug auf das Betriebsverfahren durch ein Verfahren nach Anspruch 11.

[0011] Die Walzstraße umfasst eine Mehrzahl, insbesondere mindestens drei oder vier, von in Walzrichtung unmittelbar benachbarten Walzgerüsten, insbesondere im Tandembetrieb.

[0012] Die Walzstrasse ist entweder eine Vorstrasse und - mit besonderem Vorteil - eine Fertigstrasse eines Warmwalzwerks oder Warmbandwalzwerks.

[0013] Dabei umfasst die Walzstrasse mehrere seitlich angeordnete Elektromotoren mit supraleitenden Wicklungen und es ist bei mindestens drei oder mindestens vier der Walzgerüste jeweils wenigstens eine der Arbeitswalzen, vorzugsweise getriebelos, mit der Welle eines der Elektromotoren verbunden.

[0014] Als Walzgut kommen beispielsweise Brammen, Warmband, Kaltband, Grob- oder Feinbleche, Rohre, etc. aus Eisen, Stahl, Nichteisenmetallen wie beispielsweise Aluminium, etc. in Betracht.

[0015] Ein Elektromotor mit elektrisch supraleitenden Wicklungen soll im Folgenden kurz als HTS-Motor bezeichnet werden. Unter einem HTS-Motor ist sowohl eine Maschine, deren Rotorwicklung supraleitend und deren Ständerwicklung normalleitend ist, als auch eine Maschine, sogenannte voll supraleitende Maschinen, bei der sowohl die Rotor- als auch die Ständerwicklung unter Verwendung von supraleitendem Material hergestellt ist, zu verstehen.

[0016] Der erfindungsgemäßen Ausgestaltung der Walzstraße liegen die folgenden Überlegungen zugrunde:

[0017] In einer Walzstraße werden hohe Leistungen bzw. Drehmomente benötigt, die lediglich von entsprechend

großen/voluminösen Elektromotoren erbracht werden können. Diese müssen vielfach zur weiteren Erhöhung des Drehmoments mit einem Getriebe versehen werden. Entsprechend weisen die Antriebe eine große Baugröße auf. Die große räumliche Ausdehnung von Getriebe und Motor sowie deren hohes Gewicht führen dazu, dass die Konstruktion einer kompakten Walzstrasse bislang nur bedingt möglich ist.

[0018] Beispielsweise ergeben sich aus dem resultierenden Platzbedarf der bislang verwendeten konventionellen Elektromotoren Walzgerüstabstände, die man in unerwünschter Weise durch Einrichtungen zum Materialtransport überbrücken muss. Eine weitere Folge des hohen Gerüstabstandes sind Durchlaufzeiten zwischen den Verformungsstichen, die speziell im Warmwalzprozess zu maßgeblichen und unerwünschten Temperaturverlusten führen. Im genannten Beispiel hat dies dann zur Folge, dass das Produktspektrum etwa hinsichtlich der noch walzbaren Enddicke eingeschränkt werden muss und/ oder die Produktivität (Durchsatz) vermindert wird.

[0019] Es wurde erkannt, dass die Walzgerüste in einer Walzstrasse, bedingt durch die räumliche Ausdehnung von Walzgerüst, Getriebe und Elektromotoren, einen Mindestabstand einhalten müssen, der minimale Abstand der Walzgerüste ist durch die Größe der Gerüstständer, von ggf. nötigen Zwischengerüsttransporteinrichtungen, von Elektromotoren bzw. Getriebe begrenzt. Durch die Verwendung von Walzgerüsten, deren Antrieb über einen HTS-Motor erfolgt, kann der minimale Abstand unmittelbar benachbarter Walzgerüste und so beispielsweise die unerwünschte Abkühlung des Walzguts durch verringerte thermische Abstrahlung vermindert werden.

[0020] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass durch den Einsatz von HTS-Motoren, welche bei gleicher Leistung gegenüber konventionellen Elektromotoren eine wesentlich geringere Baugröße aufweisen, die vorstehenden technischen Probleme überwunden werden können. Außerdem wurde erkannt, dass der Einsatz eines HTS-Motors in einem Walzwerk erhebliche Energieeinsparpotentiale (niedrigere Verlustleistung) und wegen möglicher verminderter Aggregatsabstände auch Kostenvorteile mit sich bringt. Von besonderem Vorteil ist dies bei Gieß-Walz-Verbundanlagen.

[0021] Die Walzgerüste der Walzstraße weisen zumindest zwei Arbeitswalzen auf, zwischen denen das Walzgut bearbeitbar ist, wobei zumindest eine der Arbeitswalzen von einem HTS-Motor angetrieben ist. Ein solches Walzgerüst ist sowohl in Warm- als auch in Kaltwalzstraßen einsetzbar. Während es in einer Warmwalzstraße beispielsweise zum Auswalzen von Brammen verwendet wird, dient ein Walzgerüst in einer Kaltwalzstraße dem Herunterwalzen von Warmband auf die vom Kunden gewünschte Dicke. Das Walzgerüst kann beispielsweise als Duo- oder als Quartowalzgerüst oder als Sextowalzgerüst ausgestaltet sein.

[0022] Da der Antrieb des Walzgerüsts über einen bei gleicher Leistung kompakteren HTS-Motor erfolgt, können die Abstände zwischen den Walzgerüsten geringer gewählt und die gesamte Walzstraße somit kürzer oder kompakter gebaut werden. Die Erfinder haben erkannt, dass eine Verwendung eines HTS-Motors im Walzwerk somit erhebliche Kostenreduktionen als auch technologische Vorteile infolge einer verminderten Abkühlung des durchlaufenden Walzguts mit sich bringt.

[0023] Ein HTS-Motor hat ein stabileres, steifes Betriebsverhalten (z.B. kleiner Polradwinkel) und reagiert im Vergleich zu einem konventionellen Elektromotor darüber hinaus auch schneller auf Änderungen von Führungsgrößen. Dieser Fall tritt beim Walzen häufig auf. Im Vergleich zu einem konventionellen Elektromotor ist ein HTS-Motor also schneller regelbar, was insbesondere bei dessen Einsatz in einer Walzstraße ein verbessertes und/ oder schnelleres Anstichverhalten und/ oder eine verbesserte Ski-Regelung erlaubt. Besonders vorteilhaft ist dies in schweren Warmwalz-Reversierstraßen. Als "Ski" wird ein ungewolltes Verformen des Bandes nach oben oder unten, d.h. senkrecht zur Transportrichtung bezeichnet.

[0024] Gemäß einer Weiterbildung ist zumindest eine der Arbeitswalzen getriebelos oder mittels einem im Vergleich zu einem konventionellen Elektroantrieb verkleinerten Getriebe mit der Welle eines der Elektromotoren verbunden. Mit anderen Worten erfolgt bei der ersten Variante die mechanische Verbindung zwischen der Welle des HTS-Motors und der Arbeitswalze des Walzgerüsts unter Verzicht auf drehmomentwandelnde mechanische Zwischenelemente (Getriebe). Beispielsweise kann die Welle des Elektromotors mit der Arbeitswalze über eine gemeinsame Welle oder eine Spindel verbunden sein. Als Spindel wird z.B. eine Doppelgelenkwelle mit zwei endseitig vorhandenen Kardangelenken verstanden, die der Drehmomentenübertragung zwischen der Antriebswelle des Motors und der Arbeitswalze des Walzgerüsts dient. Der Verzicht auf ein Getriebe bringt nicht nur einen Kostenvorteil mit sich, sondern erhöht auch die Zuverlässigkeit und die Variabilität des Walzgerüsts. Gemäß der Eigenschaft des HTS-Motors im Vergleich zu einem konventionellen Motor bei vergleichbarer Baugröße ein erhöhtes Drehmoment bereitstellen zu können, kann - als zweite Variante - die Größe des Getriebes verkleinert werden. Beide Varianten erlauben eine Kostenminderung des Gesamtsystems. Die Variante ohne Getriebe ist wartungsärmer.

[0025] Eine spezielle Konfiguration des Walzgerüsts, in welcher erfindungsgemäß der HTS-Motor vorteilhaft zum Einsatz kommt, sind die sogenannten Zwillingsantriebe ("Twin-Drives"), bei denen jede der Arbeitswalzen von einem Elektromotor angetrieben wird. Entsprechend ist nach einer weiteren Ausführungsform das Walzgerüst so ausgestaltet, dass dieses mehrere HTS-Motoren umfasst, wobei jede der Arbeitswalzen - vorzugsweise wie vorbeschrieben direkt oder mit verkleinertem Getriebe - mit der Welle eines der HTS-Motoren mechanisch verbunden ist. Da im Vergleich mit konventionellen Elektromotoren die HTS-Motoren bei gleichem Drehmoment eine geringere Baugröße aufweisen, z.B. bedingt durch einen kleineren Ständerdurchmesser, kann der Abstand der Antriebswellen der Motoren zueinander

verringert werden. Dies macht sich auch noch dadurch positiv bemerkbar, dass gleichzeitig die vorhandene Neigung der Spindeln verringert werden kann oder bei gleichbleibender Spindelneigung das Drehmoment der Motoren erhöht werden kann. Durch eine Reduzierung der Spindelneigung kann deren Verschleiß, insbesondere in den Kardangelenken, verringert werden. Als dritte Maßnahme/ Variante kann auch die Spindellänge verkürzt werden mit der Folge eines

besseren Regelverhaltens, denn lange Spindeln wirken wie Federn.
[0026] Bei einem Twin-Drive sind die Elektromotoren unmittelbar nebeneinander oder örtlich übereinander (zueinander versetzt) angeordnet. Nach einer weiteren Ausführungsform weisen diese daher vorteilhaft ein gemeinsames Kühlsystem auf.

[0027] Der Einsatz eines HTS-Motors ist jedoch nicht nur bei direkt angetriebenen Walzgerüsten, wie den vorgenannten Twin-Drives vorteilhaft, sondern auch bei einem Walzgerüst, welches nach einer weiteren Ausführungsform zwei Arbeitswalzen umfasst, die über ein Verzweigungsgetriebe mechanisch gekoppelt sind, wobei dieses antriebsseitig mit der Welle eines der Elektromotoren gekoppelt ist. Gemäß einer Weiterbildung handelt es sich bei dem Verzweigungsgetriebe um ein Kammwalzengetriebe, da dieses hohen Drehmomenten standhält.

[0028] Das Material der Wicklungen des HTS-Motors umfasst nach einer weiteren Ausführungsform metallisches LTC-Supraleitermaterial ("LTC" Low Temperature Conducting). Geeignet ist beispielsweise wismutbasiertes Supraleitermaterial, welches technisch erprobt, widerstandsfähig und somit leicht zu verarbeiten ist. Das Supraleitermaterial für die Wicklungen des HTS-Motors kann so ausgewählt werden, dass dieses eine kritische Stromdichte von mehr als 300 A/mm² bei einer Betriebstemperatur von 4,2 K aufweist.

[0029] Zur Reduzierung des kühlttechnischen Aufwandes ist es zweckmäßig, dass das Material der Wicklungen des HTS-Motors metalloxidisches HTC-Supraleitermaterial ("HTC" = High Temperature Conducting) enthält. Als HTC-Supraleitermaterial ist beispielsweise YBCuO geeignet, welches eine höhere Sprungtemperatur als metalloxidisches LTC-Supraleitermaterial aufweist. Der kühlttechnische Aufwand beim Betrieb eines HTS-Motors mit Wicklungen aus HTC-Supraleitermaterial, ist daher entsprechend geringer.

[0030] Vorzugsweise wird daher eine Betriebstemperatur zwischen 10 und 40 K, vorzugsweise zwischen 20 und 30 K, für die Wicklungen des HTS-Motors vorgesehen. In dem genannten Temperaturbereich weist metalloxidisches HTC-Supraleitermaterial außerdem eine hohe kritische Stromdichte und ein hohes kritisches Feld auf.

[0031] Besonders vorteilhaft weisen gemäß einer weiteren Ausführungsform die HTS-Motoren, insbesondere diejenigen benachbarter Walzgerüste, ein gemeinsames Kühlsystem auf.

[0032] Besonders bei kontinuierlichen Warmwalzstrassen bedingt der Abstand zwischen den Walzgerüsten unerwünschte Veränderungen der Zustandsgrößen des Walzgutes. Der Gerüstabstand heutiger Warmwalzwerke in konventioneller Bauweise beträgt typischerweise mehr als 5,0 m bis 5,5 m. Infolge solcher Abstände kann sich das Walzgut beispielsweise zwischen den einzelnen Walzstichen zu stark abkühlen oder Zunder auf der Oberfläche bilden. Solche Effekte müssen durch zusätzliche Aggregate wie beispielsweise einem Induktionsofen oder einem Entzunderungsaggregat kompensiert werden. Der Einsatz solcher Zusatzaggregate sowie ihre Integration in die Walzstrasse ist einerseits

teuer zum anderen ressourcen-intensiv.
[0033] Der Abstand der Walzgerüste kann durch den Einsatz von Antriebsmotoren mit supraleitenden Wicklungen verringert werden, wodurch zusätzliche Aggregate, z.B. zur Entzunderung oder zum Aufheizen des Walzgutes, entfallen können.

[0034] Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform sind bei der Walzstrasse zumindest zwei der Walzgerüste für eine maximale Walzkraft von mehr als 1500 t, insbesondere von mehr als 2000 t, mehr als 2500 t, mehr als 3000 t, mehr als 3500 t oder mehr als 4000 t, ausgelegt und diese beiden Walzgerüste weisen hierbei in Walzrichtung voneinander einen Abstand von weniger als 5,0 m, vorzugsweise von weniger als 4,5 m, weniger als 4,3 m, weniger als 4,0 m, weniger als 3,9 m, weniger als 3,7 m oder weniger als 3,5 m auf.

[0035] Der Abstand der Walzgerüste bestimmt sich hierbei als Abstand der Drehachsen der Arbeitswalzen benachbarter Walzgerüste in Walzrichtung.

[0036] Weiterhin bevorzugt weist die Walzstrasse eine - zum Beispiel als Teil der Prozessautomatisierung ausgebildete - Steuer- und/ oder Regeleinrichtung auf, insbesondere zur Steuerung einer Heizeinrichtung, einer Kühlstrecke, einer Fertigstaffel und/ oder einer Geschwindigkeit der Walzstrasse, die derart ausgebildet ist, dass ein infolge der HTS-Motoren gegenüber einer Verwendung konventioneller Motoren reduzierter Wärmeverlust im Walzgut berücksichtigt ist. Dies kann durch Implementierung in einem zugrundeliegenden Modell erfolgen. Besonders zweckmäßig ist die Berücksichtigung des verminderten Wärmeverlusts im Prozessautomatisierungssystem der Fertigstaffel, unter anderem bei der Regelung auf die Fertigbandtemperatur und/ oder auf die Haspeltemperatur.

[0037] Mit Vorzug ist eine optionale - ggf. zwischen den Walzgerüsten vorhandene - Transporteinrichtung als vertikaler Schlingenheber ausgebildet. Damit wird eine weitere Verringerung des Gerüstabstandes erreicht.

[0038] Gemäß einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform ist die Walzstraße Teil einer Gieß-Walz-Verbund-Anlage zur kontinuierlichen Herstellung von Warmband. Die Verarbeitungsgeschwindigkeit einer Gieß-Walz-Verbund-Anlage ist durch die Geschwindigkeit der Gießeinrichtung (Caster) bestimmt. Die zwischen den einzelnen Walzstichen auftretenden Zustandsveränderungen des Walzgutes, beispielsweise dessen Abkühlung, können folglich nicht in einfacher

Weise durch eine Erhöhung der Walzgeschwindigkeit kompensiert werden. Die Erfinder haben erkannt, dass eine Verringerung des Abstands der Walzgerüste somit eine sehr vorteilhafte Möglichkeit darstellt, zwischengeschaltete Aggregate, wie beispielsweise Entzunderungsanlagen oder Induktionsöfen wirksam zu vermeiden oder weniger aufwändig auszugestalten. Ein verringerter Abstand der Walzgerüste kann durch Einsatz von HTS-Motoren erreicht werden.

[0039] Vorzugsweise ist bei der Gieß-Walz-Verbund-Anlage, die eine vor oder nach der Walzstraße angeordnete Heizeinrichtung zur Erwärmung des von einer Gießeinrichtung gegossenen Bandes aufweist, die Heizeinrichtung bezüglich ihrer Heizleistung unter Berücksichtigung eines infolge der verwendeten Elektromotoren reduzierten Wärmeverlustes im Walzgut oder Band hergerichtet.

[0040] Im Grenzfall kann die Gieß-Walz-Verbund-Anlage ganz ohne eine solche Heizeinrichtung ausgeführt werden.

[0041] Die verfahrensbezogene Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer Gieß-Walz-Verbundanlage, wobei Walz- oder Bandgut - vorzugsweise aus Stahl - mit einem Massendurchsatz ($\dot{m}$ als Masse pro Zeit) durch die Walzstraße transportiert wird und wobei die Heizeinrichtung mit einer Heizleistung (P) ausgestattet und/oder betrieben wird gemäß:

$$0 \leq P < k \cdot \dot{m}$$

wobei für den Faktor k gilt: $k = 0,14$ (MW·h/t), insbesondere $k = 0,13$ (MW·h/t), $k = 0,12$ (MW·h/t) oder $k = 0,11$ (MW·h/t). Dabei steht MW für Megawatt, h für Stunden und t für (metrische) Tonnen.

[0042] Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist auch verwendbar für ein Verfahren zur Leistungssteigerung einer bestehenden Walzstrasse umfassend mindestens ein Walzgerüst mit nicht-supraleitendem und in einem begrenzten Bauraum angeordnetem Motorantrieb. Bei dem Leistungssteigerungsverfahren wird der nicht-supraleitende Motor durch einen die Bauraumbegrenzung nicht überschreitenden HTS-Motor, also einen Elektromotor mit supraleitenden Wicklungen, ersetzt, der derart ausgelegt ist, dass das maximale Walzmoment im Walzgerüst gegenüber der bestehenden Walzstrasse vergrößert ist. Es wird entweder nur der Rotor supraleitend ausgelegt, oder nur der Stator, oder beide.

[0043] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt deren

Figur 1 eine Kaltwalz-Tandemstraße in schematischer Perspektivansicht,

Figur 2 eine schematisierte Warmwalzstraße in Perspektivansicht,

Figur 3 einen Zwillingsantrieb ("Twin-Drive") eines Walzgerüsts in einer schematischen Querschnittsansicht,

Figur 4 eine schematisierte Tandemwalzstraße in (geschnittener) Draufsicht,

Figur 5 eine schematisch dargestellte Gieß-Walz-Verbundanlage,

Figur 6 ein Walzkraft-Gerüstabstands-Diagramm, und

Figur 7 eine Walzgerüstauführung mit Schlingenheber, in einem schematischem Längsschnitt.

[0044] Eine Tandemkaltwalzstraße 2, wie sie Figur 1 zeigt, dient dem Herunterwalzen von Warmband 4 auf die vom Kunden gewünschte Dicke. Zu diesem Zweck wird das zu einem Coil aufgerollte Warmband 4 der Tandemkaltwalzstraße 2 mit Hilfe einer Abhaspel 6 in einer Walzrichtung W zugeführt. Die Dicke des Warmbandes 4 wird zunächst mit Hilfe eines Messgerätes 8 bestimmt, anschließend wird das Band in mehreren aufeinanderfolgenden Walzstichen mit Hilfe von Walzgerüsten 10 auf die gewünschte Dicke heruntergewalzt. Jedes der Walzgerüste 10 weist zumindest zwei Arbeitswalzen 12 und zwei Stützwalzen 14 auf, wobei das Walzgut, in diesem Fall das Warmband 4, zwischen den Arbeitswalzen 12 bearbeitet wird. Am Ende des Walzvorgangs wird das Band mit Hilfe einer Aufhaspel 16 erneut zu einem Coil aufgerollt. Zur Trennung des Bandes quer zur Walzrichtung W steht eine Querteilschere 18 zur Verfügung. Die Aufhaspel 16 wird von einem HTS-Motor 20 angetrieben. Die Welle des HTS-Motors 20 ist direkt mit der Achse der Aufhaspel 16 verbunden, d.h. es wird kein Getriebe zwischen dem HTS-Motor 20 und der Aufhaspel 16 verwendet. Gleiches trifft für den nicht in Figur 1 dargestellten Antrieb der Abhaspel 6 zu. Die Arbeitswalzen 12 der Walzgerüste 10 sind entweder als Twin-Drives, beispielhaft dargestellt für das in Walzrichtung W zweite Walzgerüst 10, oder unter Verwendung eines Verzweigungsgetriebes, in diesem Fall eines Kammwalzengetriebes 22, wie beispielhaft für das in Walzrichtung W dritte Walzgerüst 10 dargestellt, angetrieben. Bei dem als Twin-Drive ausgeführten Walzgerüst 10 sind beide Arbeitswalzen 12 jeweils direkt mit der Welle eines jeweils gesonderten HTS-Motors 20 (beide mit 20 bezeichnet) verbunden. Es erfolgt also ein direkter Antrieb der Arbeitswalzen 12, wobei auf ein Untersetzungsgetriebe verzichtet wird.

[0045] Alternativ können, wie bei dem in Walzrichtung W folgenden Walzgerüst 10 dargestellt ist, die Arbeitswalzen 12 über das Kammwalzengetriebe 22, welches antriebsseitig wiederum mit einem (hier nur einzigen) HTS-Motor 20 verbunden ist, angetrieben werden.

[0046] Die Auf- und Abhaspeln 16,6 sowie die Walzgerüste 10 sind mit einer gemeinsamen Steuer- und/oder Rege-

leinrichtung 105 verbunden, auf welche später im Detail eingegangen werden soll.

[0047] Figur 2 zeigt eine Warmwalzstraße 30 mit der vorgewärmte Brammen 32 zu Warmband 4 ausgewalzt werden. Zu diesem Zweck werden die Brammen 32 zunächst in einer Vorstraße 34 und später mit einer aus mehreren (hier: sieben) Walzgerüsten 10 bestehenden Fertigstaffel 36 (Fertigstraße) zu Warmband 4 ausgewalzt. Dieses wird mit Hilfe einer Aufhaspel 16 zu einem Coil aufgerollt. Die einzelnen Walzgerüste 10, die jeweils in zu Figur 1 ähnlicher Ausführung zwei Arbeitswalzen 12 und zwei Stützwalzen 14 aufweisen, sind sowohl in der Vorstraße 34 als auch in der Fertigstaffel 36 durch HTS-Motoren 20 angetrieben. Gleiches trifft für die Aufhaspel 16 zu. Das gewalzte Band hat eine Breite von 0,6 m bis 1,8 m, typischerweise 0,8 m bis 1,6 m. Die Arbeitswalzen können bis zu 5,5 m breit sein (=entlang Rotationsachse gemessen).

[0048] Bei beiden vorgenannten Ausführungsbeispielen sind die HTS-Motoren 20 seitlich bezüglich der Walzrichtung W und seitlich der Walzgerüste angeordnet.

[0049] Figur 3 zeigt eine stark schematisierte (Vertikal-) Querschnittsansicht eines Walzgerüsts 10 der Tandemkaltwalzstraße 2 der Figur 1 oder - besonders bevorzugt - der Warmwalzstraße 30 der Figur 2, dessen Arbeitswalzen 12 mit einem Zwillingsantrieb ("Twin-Drive") angetrieben sind. Zu diesem Zweck ist jede der Arbeitswalzen 12 mit ihrer Welle 23 über eine Spindel 24 mit der Motorwelle 25 eines HTS-Motors 20 verbunden. Die Verbindung zwischen der Welle 23 der Arbeitswalze 12 und der Spindel 24 sowie zwischen dieser und der Motorwelle 25 erfolgt jeweils mit Hilfe eines Kardangelenkes oder mittels Wellen mit Klauen. Im Vergleich zu ansonsten bei Twin-Drives eingesetzten konventionellen Elektromotoren weisen die in Figur 3 gezeigten HTS-Motoren 20 eine geringe Bauhöhe H auf. Dies führt dazu, dass der Abstand A der Motorwellen 25 kleiner als bei konventionellen Antrieben ist und somit die Spindelsteigung α gering ausfällt. Unter der Spindelsteigung α ist der Winkel zwischen der Spindel 24 und der Verlängerung der Welle 23 der Arbeitswalze 12 zu verstehen. Die Spindelsteigung α ergibt sich aus dem Versatz zwischen der Welle 23 der Arbeitswalze 12 und der Motorwelle 25, der von der Spindel 24 überbrückt wird. Vorzugsweise ist die Spindelsteigung $\alpha < 3^\circ$, z.B. $1,5^\circ - 2,5^\circ$.

[0050] Die HTS-Motoren 20 weisen ein gemeinsames Kühlsystem 26 auf, mit dem ihre supraleitenden Wicklungen gekühlt werden. Bei dem Kühlsystem 26 handelt es sich um ein allgemein aus der Kryotechnik bekanntes, isoliertes Rohrsystem, in welchem ein Kältemittel zirkuliert und in welches eine Kälteeinheit 28 integriert ist. Diese umfasst üblicherweise einen Vorratsbehälter für das Kältemittel, bei dem es sich beispielsweise um flüssiges Helium, Neon, Stickstoff oder ein Gemisch dieser Gase handelt. Die Kälteeinheit 28 umfasst außerdem einen Kompressor oder einen Kaltkopf zur Verflüssigung des Kühlmittels. Die Zirkulation des Kühlmittels in dem Kühlsystem 26 kann mit Hilfe einer Pumpe erfolgen oder durch einen Thermosiphoneffekt getrieben sein.

[0051] Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung von vier Walzgerüsten 10 einer in Tandem-Anordnung ausgeführten Warmbandfertigstraße eines Warmwalzwerks, wie es beispielsweise Figur 2 als Fertigstaffel 36 des Warmwalzstraße 30 zeigt, in Drauf(quer)sicht. Die Walzgerüste 10 sind unter Verzicht von weiteren Aggregaten, wie beispielsweise Induktionsheizungen oder Entzunderungsanlagen in Walzrichtung W unmittelbar nebeneinander angeordnet, was durch die kompakte Baugröße ihrer zum Antrieb verwendeten HTS-Motoren 20 möglich ist. Die Walzgerüste 10 können dabei einen Abstand B voneinander erreichen, der bei herkömmlich angetriebenen Walzgerüsten 10 nicht zu erreichen ist. Als Abstand B wird dabei die Entfernung der Drehachsen D der Arbeitswalzen 12 in Walzrichtung W definiert.

[0052] Die Arbeitswalzen 12 werden von den HTS-Motoren 20 direkt angetrieben, d.h. die Welle 23 der Arbeitswalze 12 und die Motorwelle 25 der HTS-Motoren 20 bilden ein gemeinsames Bauteil. Die HTS-Motoren 20 der unmittelbar nebeneinander angeordneten Walzgerüste 10 weisen ein gemeinsames Kühlsystem 26 mit einer integrierten Kälteeinheit 28 auf.

[0053] Infolge der kompakteren Ausführung und engeren Bauweise sind die Wärmeverluste erheblich verringert. Dies kann in einem für die Walzstraße in einem übergeordneten (nicht explizit gezeichneten) Leitsystem ablaufenden Kühlmodell zur Beeinflussung der metallurgischen Veränderungen im Walzgut während des Walzens vorteilhaft berücksichtigt werden.

[0054] Figur 5 zeigt eine Gieß-Walz-Verbund-Anlage 40 mit endloser Bandproduktion, in welcher ausgehend von einer Gießplattform 42 in einer Dünnbrammengießeinrichtung 44 kontinuierlich Dünnbrammen erzeugt werden, welche über einen Rollgang 45 kontinuierlich, d.h. ohne Zerschneiden, Aufwickeln und Zwischenlagerung, einer ersten Walzstraße 46 ("High Reduction Mill") zugeführt werden. Die Motoren dieser Walzstraße 46 sind als HTS-Motoren ausgebildet. Gleiches gilt für die Antriebe der nachfolgenden optionalen Einrichtung 48 zum Zerteilen und/ oder Ausfördern, welche eine Pendelschere und einen "plate pusher" umfassen kann. Diese Einrichtung 48 ist insbesondere bei in Fertigungsrichtung nachfolgenden Betriebsstörungen bedeutsam. Auch eine optionale Schopfschere kann einen HTS-Antrieb aufweisen.

[0055] Es folgen eine Heizeinrichtung 52, eine Entzunderungseinrichtung 54, eine zweite Walzstraße 56 ("Finishing Mill"), eine Kühlstrecke 58, eine Endschere 60 zum Schneiden auf gewünschte Produktlänge sowie eine Aufwickelvrichtung 62 für das fertige Produkt ("coil"). Die Antriebe der Walzen der zweiten Walzstraße 56 sind als HTS-Motoren ausgeführt, was ebenso wie bei den Walzen der ersten Walzstraße 46 besondere Platzvorteile mit sich bringt.

[0056] Durch die entsprechend kompakte und kurze Bauweise kann auf Einrichtungen zur Zufuhr zusätzlicher Wärme

(z.B. "bar heater"), um ein unerwünschtes frühzeitiges Auskühlen des Bandes zu vermeiden, entweder ganz verzichtet werden oder die entsprechenden Einrichtungen werden kleiner dimensioniert als ohne Einsatz von HTS-Motoren. In der Figur 5 ist beispielhaft ein Induktionsofen als Heizeinrichtung 54 dargestellt, dessen Heizleistung P - bei gleichem Massendurchsatz - kleiner gewählt ist als mit konventionellen Elektromotoren. Bei einem Massendurchsatz m von 180 Tonnen Stahl pro Stunde (t/h) beträgt seine Heizleistung P = 25 Megawatt (MW), vorzugsweise nur 23 MW oder nur 19 MW.

[0057] Die Erfindung hat nicht nur Auswirkungen auf die Dimensionierung einer Walzanlage, sondern auch auf die Ansteuerung der Anlage und ihrer Komponenten. Daher ist eine Steuer- und/ oder Regeleinrichtung 105 (Figuren 1, 2, 5) der Walzstrasse 2, 30, 46 bzw. 56 bzw. der Gieß-Walz-Verbund-Anlage 40 zur Steuerung einer Heizeinrichtung 52, einer Fertigstaffel 56, einer Kühlstrecke 58 und/ oder einer Geschwindigkeit der Walzstrasse, derart ausgebildet, dass ein infolge der verwendeten supraleitenden Elektromotoren gegenüber einer Verwendung konventioneller Motoren reduzierter Wärmeverlust berücksichtigt ist.

[0058] Figur 6 zeigt im schraffierten Bereich 100 die erfindungsgemäß bevorzugte Auslegung von Walzstrassen, zum Beispiel von Fertigstrassen eines Warmbreitwalzwerks, wobei der Abstand B in Walzrichtung zweier Walzgerüste nach oben und die von den Walzgerüsten maximal erzeugbare Walzkraft F nach rechts angegeben ist. "Kleinanlagen" mit einer maximalen Walzkraft von weniger als 1000 t (metrische Tonnen) werden im Beispiel nicht betrachtet. Der Gerüstabstand B ist erfindungsgemäß auch bei sehr großen Walzkraften kleiner als 5 m (Linie 101). Die Gerade 102 verdeutlicht die Erkenntnis, dass mit zunehmender Walzkraft immer mehr Platz für die Antriebssysteme und Motoren benötigt wird, weil diese gegen zunehmende Kräfte im Walzspalt arbeiten müssen, so dass letztlich der Gerüstabstand steigt.

[0059] Die Gerade 102 kann beschrieben werden durch folgende Gleichung:

$$B_{\max} = a + F \cdot b,$$

wobei $a = 2 \text{ m}, \quad b = 1 \text{ m}/1000 \text{ t}$
 oder $a = 2,5 \text{ m}, \quad b = 1 \text{ m}/2000 \text{ t}$
 oder $a = 0 \text{ m}, \quad b = 1 \text{ m}/500 \text{ t}$

[0060] Erfindungsgemäß, d.h. bei Verwendung eines oder mehrerer HTS-Motoren, wird für eine bestimmte von dem Walzgerüst aufzubringende Walzkraft F der Abstand B der Walzgerüste kleiner gewählt als sich der aus der Formel ergebende Wert für B_{max}:

$$B = B_{\max} - c,$$

wobei $c = 0,4 \text{ m}, 0,6 \text{ m}, 0,8 \text{ m}, 1,0 \text{ m}, 1,2 \text{ m}$ oder $1,4 \text{ m}$.

[0061] Figur 7 zeigt eine optionale Ausführung zur weiteren Verminderung des Gerüstabstandes B, bei welcher zwischen zwei Walzgerüsten 10 ein Schlingenheber 110 als Transporteinrichtung vorhanden ist. Ein Stellzylinder 112 führt im Wesentlichen nur eine Vertikal- oder Auf- und Abwärtsbewegung zur Stützung des Bandes 4 aus und benötigt damit sehr wenig Bauraum.

Patentansprüche

1. Walzstrasse (2;30;56), insbesondere Warmwalzstraße, Warmbreitbandstraße oder/und Fertigstraße eines Warmwalzwerkes, zur Verarbeitung von Walzgut (4,32), insbesondere bestehend aus Stahl, Aluminium, Kupfer oder Titan,
 - mit einer Mehrzahl von in einer Walzrichtung (W) unmittelbar benachbarten Walzgerüsten (10),
 - wobei die Walzgerüste (10) jeweils zumindest zwei Arbeitswalzen (12) aufweisen, zwischen denen das Walzgut (4,32) bearbeitbar ist,
 - umfassend mehrere seitlich neben den Walzgerüsten (10) angeordnete Elektromotoren (20) mit supraleitenden Wicklungen,
 - wobei bei mindestens drei oder mindestens vier der Walzgerüste (10) jeweils wenigstens eine der Arbeitswalzen (12) mit der Welle (25) eines der Elektromotoren (20) verbunden ist.
2. Walzstrasse (2;30;56) nach Anspruch 1, bei dem zumindest eine der Arbeitswalzen (12) getriebelos oder mittels einem, im Vergleich zu einem konventionellen Elektroantrieb verkleinerten Getriebe mit der Welle (25) eines der Elektromotoren (20) verbunden ist.

3. Walzstrasse (2;30;56) nach Anspruch 1, wobei zwei der Arbeitswalzen (12) über ein Verzweigungsgetriebe (22) mechanisch gekoppelt sind, wobei das Verzweigungsgetriebe (22) antriebsseitig mit der Welle (25) eines der Elektromotoren (20) verbunden ist.
- 5 4. Walzstrasse (2;30;56) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Elektromotoren (20), insbesondere die Elektromotoren (20) benachbarter Walzgerüste (10), ein gemeinsames Kühlsystem (26) aufweisen.
- 10 5. Walzstrasse (2;30;56) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der zumindest zwei der Walzgerüste (10) für eine maximale Walzkraft F von mehr als 1500 t, insbesondere von mehr als 3000 t oder mehr als 4000 t, ausgelegt sind und voneinander einen Abstand B von weniger als 5,0 m, vorzugsweise weniger als 4,5 m oder weniger als 4,0 m, aufweisen.
- 15 6. Walzstrasse (2;30;56) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei eine Steuer- und/ oder Regeleinrichtung (105), insbesondere zur Steuerung einer Heizeinrichtung (52), einer Fertigstaffel, einer Kühlstrecke (58) und/ oder einer Geschwindigkeit der Walzstrasse, derart ausgebildet ist, dass ein infolge der verwendeten supraleitenden Elektromotoren (20) gegenüber einer Verwendung konventioneller Motoren reduzierter Wärmeverlust des Walzguts (4; 32) berücksichtigt ist.
- 20 7. Walzstrasse (2;30;56) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei zwischen den Walzgerüsten (10) eine Transporteinrichtung vorhanden ist, die als vertikaler Schlingenheber (110) ausgebildet ist.
8. Gieß-Walz-Verbund-Anlage (40) zur kontinuierlichen Herstellung von Warmband (4) mit einer - einer Gießeinrichtung (44) nachgeordneten - Walzstrasse (2,30;56) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.
- 25 9. Gieß-Walz-Verbund-Anlage (40) nach Anspruch 8 ohne Heizeinrichtung (54) zur Erwärmung des von der Gießeinrichtung (44) gegossenen Bandes.
- 30 10. Gieß-Walz-Verbund-Anlage (40) nach Anspruch 8, mit einer vor oder nach der Walzstraße (46) angeordneten Heizeinrichtung (54) zur Erwärmung des von der Gießeinrichtung (44) gegossenen Bandes, wobei die Heizeinrichtung (54) bezüglich ihrer Heizleistung (P) unter Berücksichtigung eines infolge der verwendeten Elektromotoren (20) reduzierten Wärmeverlustes im Walzgut (4; 32) oder Band hergerichtet ist.
- 35 11. Verfahren zum Betrieb einer Gieß-Walz-Verbundanlage (40) nach Anspruch 10, wobei Walzgut - vorzugsweise aus Stahl - mit einem Massendurchsatz $\dot{m}$ durch die Walzstraße (56) transportiert wird und wobei die Heizeinrichtung (54) mit einer Heizleistung P betrieben wird gemäß:

$$P < k \cdot \dot{m}$$

40 wobei für den Faktor k gilt: $k = 0,14(\text{MW} \cdot \text{h/t})$, insbesondere $k = 0,13 \cdot \text{MW} \cdot \text{h/t}$, $k = 0,12 \cdot \text{MW} \cdot \text{h/t}$ oder $k = 0,11 \cdot \text{MW} \cdot \text{h/t}$.

Claims

- 45 1. Rolling mill train (2; 30; 56), especially a hot rolling mill train, hot wide strip rolling mill train and/or finishing train of a hot rolling mill, for processing rolling stock (4, 32), especially consisting of steel, aluminum, copper or titanium,
 - with a plurality of rolling stands (10) immediately adjacent to one another in a rolling direction (W),
 - wherein the rolling stands (10) each have at least two working rolls (12) between which the rolling stock (4, 32) is able to be processed,
 - 50 - comprising a number of electric motors (20) with superconducting windings arranged to the side next to the rolling stands (10),
 - wherein, for at least three or at least four of the rolling stands (10), at least one of the working rolls (12) in each case is connected to the shaft (25) of one of the electric motors (20).
- 55 2. Rolling mill train (2; 30; 56) according to claim 1, in which at least one of the working rolls (12) has no gearing or is connected to the shaft (25) of one of the electric motors (20) by gearing reduced in size by comparison with a

conventional electric drive.

3. Rolling mill train (2; 30; 56) according to claim 1, wherein two of the working rolls (12) are mechanically coupled via a branching transmission (22), wherein the branching transmission (22) is connected on the drive side to the shaft (25) of one of the electric motors (20).
4. Rolling mill train (2; 30; 56) according to one of claims 1 to 3, in which the electric motors (20), especially the electric motors (20) of neighbouring rolling stands (10), have a common cooling system (26).
5. Rolling mill train (2; 30; 56) according to one of claims 1 to 4, in which at least two of the rolling stands (10) are designed for maximum rolling force F of more than 1500 t, especially of more than 3000 t or more than 4000 t, and are at a distance B from one another of less than 5.0 m, preferably less than 4.5 m or less than 4.0 m.
6. Rolling mill train (2; 30; 56) according to one of claims 1 to 5, with an open-loop and/or closed-loop control device (105), especially for controlling a heating device (52), a finishing section, a cooling section (58) and/or a speed of the rolling mill train, being embodied such that a reduced heat loss of the rolling stock (4; 32) as a result of the superconducting electric motors (20) used compared to a use of conventional motors is taken into account.
7. Rolling mill train (2; 30; 56) according to one of claims 1 to 6, wherein a transport device is present between the rolling stands (10) which is embodied as a vertical looper (110).
8. Combined casting and rolling station (40) for continuous production of hot strip (4) with a rolling mill train (2, 30; 56) - arranged downstream from a caster (44) - according to one of claims 1 to 7.
9. Combined casting and rolling station (40) according to claim 8 without heating device (54) for heating the strip cast by the caster (44).
10. Combined casting and rolling station (40) according to claim 8, with a heating device (54) arranged before or after the rolling mill train (46) for heating the strip cast by the caster (44), with the heating device (54), as regards its heat output (P), being configured to take into account a reduced heat loss in the rolling stock (4; 32) or strip as a result of the electric motors (20) used.
11. Method for operating a combined casting and rolling station (40) according to claim 10, with rolling stock - preferably made of steel - being transmitted with a mass throughput $\dot{m}$ through the rolling mill train (56) and with the heating device (54) able to be operated with a heat output P in accordance with:

$$P < k \cdot \dot{m}$$

wherein the following applies for the factor k: $k = 0.14 \text{ (MW} \cdot \text{h/t)}$, especially $k = 0.13 \cdot \text{MW} \cdot \text{h/t}$, $k = 0.12 \cdot \text{MW} \cdot \text{h/t}$ or $k = 0.11 \cdot \text{MW} \cdot \text{h/t}$.

Revendications

1. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir, notamment train de laminoir à chaud, train de laminoir à bande large à chaud ou/et train finisseur d'un laminoir pour traiter du produit (4 , 32) à laminier, notamment en acier, en aluminium, en cuivre ou en titane,
 - comprenant une multiplicité de cages (10) de laminoir directement voisines dans une direction (W) de laminage,
 - dans lequel les cages (10) de laminoir ont respectivement au moins deux cylindres (12) de travail entre lesquels le produit (4 , 32) à laminier peut être traité,
 - comprenant plusieurs moteurs (20) électriques à enroulement supraconducteur disposés latéralement à côté des cages (10) de laminoir,
 - dans lequel pour au moins trois ou au moins quatre des cages (10) de laminoir respectivement au moins l'un des cylindres (12) de travail est relié à l'arbre (25) de l'un des moteurs (20) électriques.

EP 2 437 900 B1

2. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir suivant la revendication 1, dans lequel au moins l'un des cylindres (12) de travail et relié sans transmission ou au moyen d'une transmission rapetissée par rapport à un entraînement électrique classique à l'arbre (25) de l'un des moteurs (20) électriques.
- 5 3. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir suivant la revendication 1, dans lequel deux des cylindres (12) de travail sont accouplés mécaniquement par une transmission (22) à bifurcation, la transmission (22) à bifurcation étant reliée du côté de l'entraînement à l'arbre (25) de l'un des moteurs (20) électriques.
- 10 4. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir suivant l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les moteurs (20) électriques, notamment les moteurs (20) électriques de cages (10) de laminoir voisines, ont un système (26) de refroidissement commun.
- 15 5. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel au moins deux des cages (10) de laminoir sont conçues pour une force de laminage maximum de plus de 1500t, notamment de plus 3000t ou de plus de 4000t, et sont à une distance B l'une de l'autre de moins de 5,0 m, de préférence de moins de 4,5 m ou de moins de 4,0 m.
- 20 6. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir suivant l'une des revendications 1 à 5, dans lequel un dispositif (105) de commande et/ou de régulation, notamment de commande d'un dispositif (52) de chauffage d'un gradin finisseur, d'une section (58) de refroidissement et/ou d'une vitesse du train de laminoir, est constitué de manière à tenir compte d'une perte de chaleur du produit (4 , 32) à laminer réduite par rapport à une utilisation de moteur classique en raison des moteurs (20) électriques supraconducteurs utilisés.
- 25 7. Train (2 ; 30 ; 56) de laminoir suivant l'une des revendications 1 à 6, dans lequel un dispositif de transport, qui est constitué sous la forme d'un releveur (110) de boucles, est disposé entre les cages (10) de laminoir.
8. Installation (40) composite de coulée-laminage pour la production en continu de feuillard (4) à chaud, ayant un train (2 , 30 , 56) de laminoir suivant l'une des revendications 1 à 7, en aval d'un dispositif de coulée.
- 30 9. Installation (40) composite de coulée-laminage suivant la revendication 8, sans dispositif (54) de chauffage pour le réchauffer le feuillard coulé par le dispositif (44) de coulée.
- 35 10. installation (40) composite de coulée-laminage suivant la revendication 8, comprenant un dispositif (54) de chauffage disposé en amont ou en aval du train (46) de laminoir pour réchauffer le feuillard coulé par le dispositif (44) de coulée, le dispositif (54) de chauffage étant, en ce qui concerne sa puissance (P) de chauffage, conçu pour tenir compte d'une perte de chaleur dans le produit (4 , 32) à laminer ou dans le feuillard réduite en raison des moteurs (20) électriques utilisés.
- 40 11. Procédé pour faire fonctionner une installation (40) composite de coulée-laminage suivant la revendication 10, dans lequel on transporte du produit à laminer de préférence en acier à un débit m massique dans le train (56) de laminoir et dans lequel on fait fonctionner le dispositif (54) de chauffage à une puissance P de chauffage suivant :

$$P < k * m$$

45 dans laquelle pour le facteur k on a : $k=0,14$ (MhV.h/t), notamment $k=0,13$ MhV.h/t, $k=0,12$ MhV.h/t ou $k=0,11$ MhV.h/t.

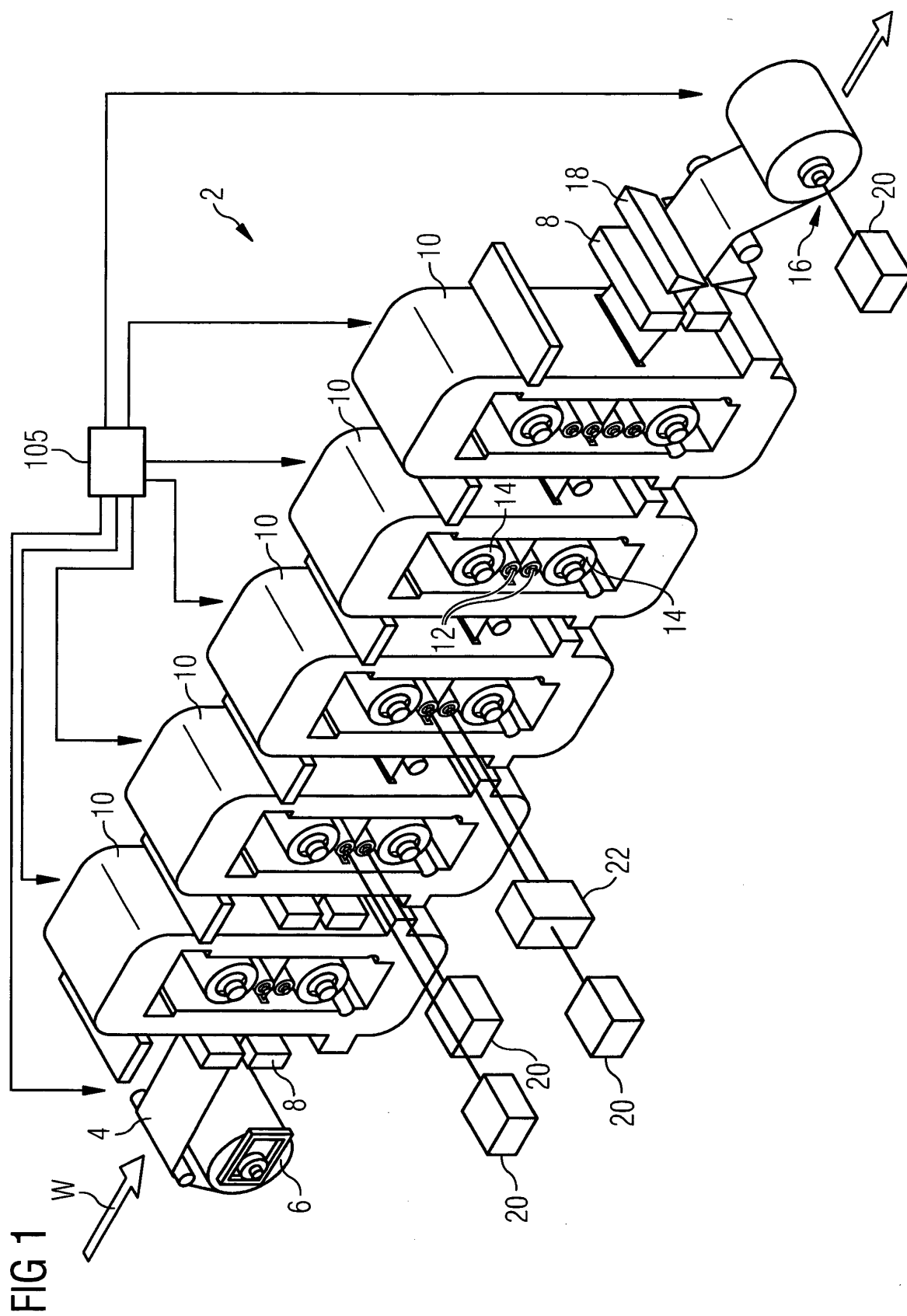


FIG 2

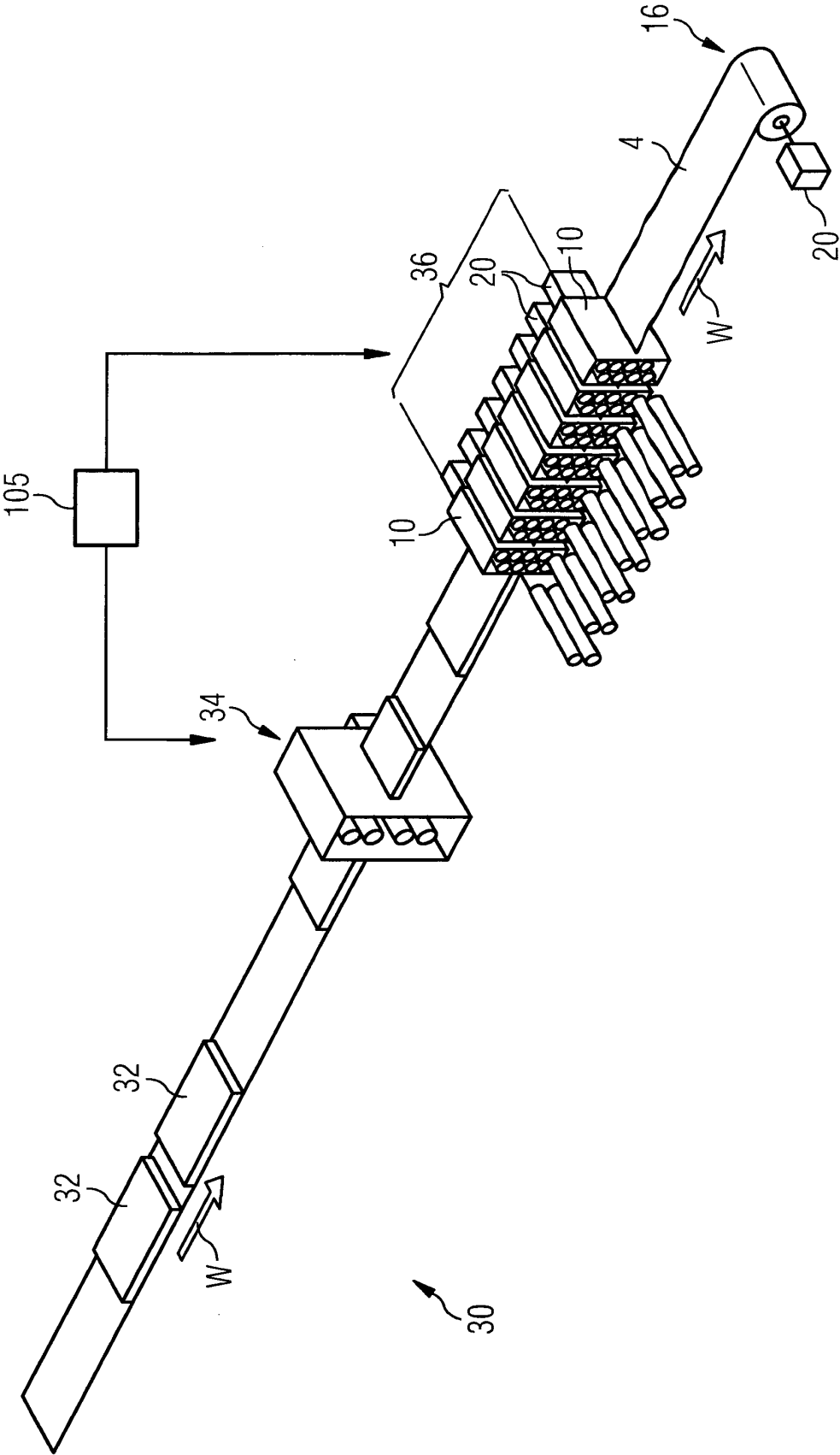


FIG 3

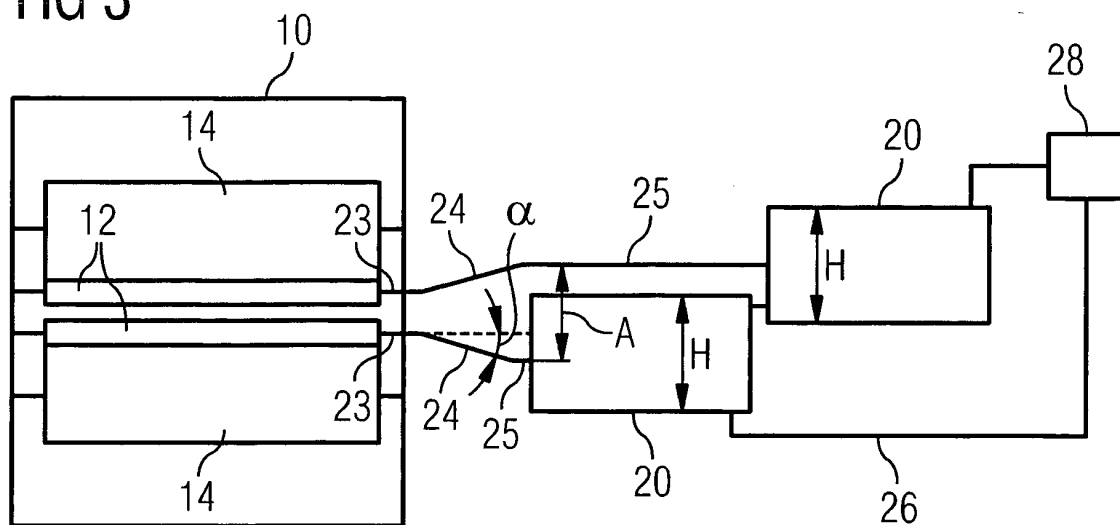


FIG 4

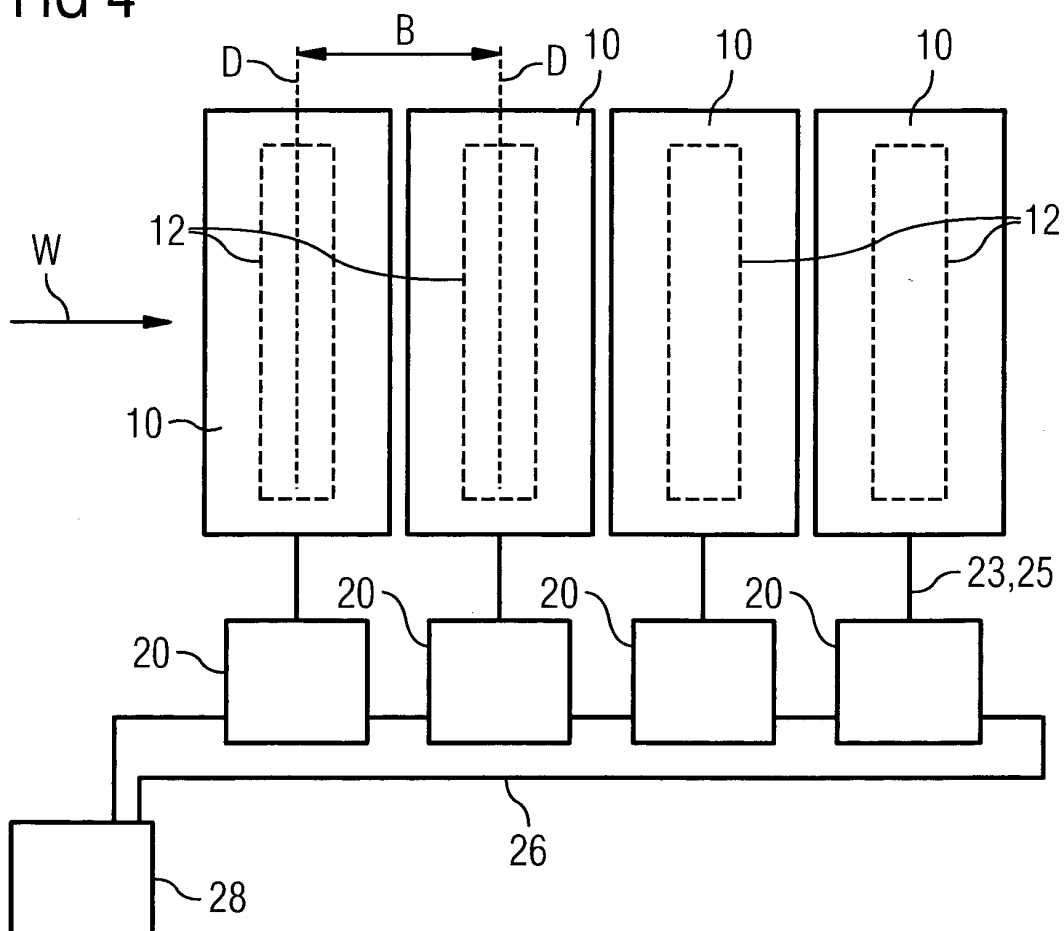


FIG 5

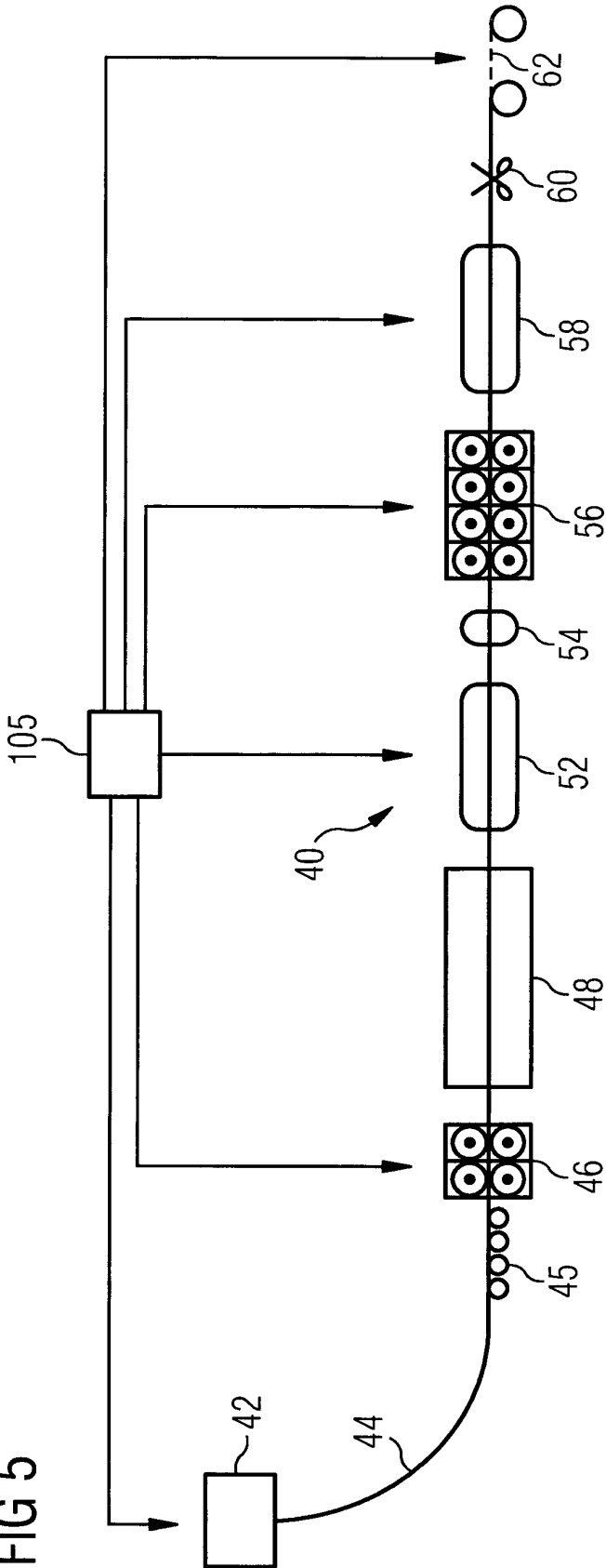


FIG 6

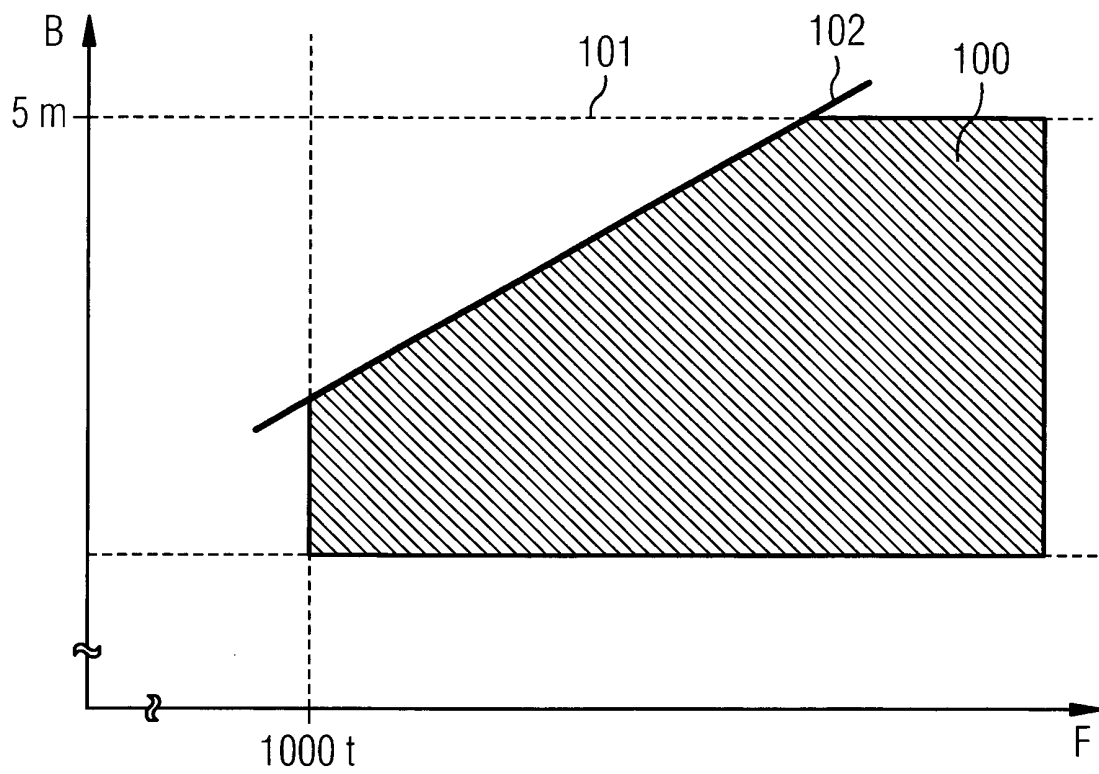
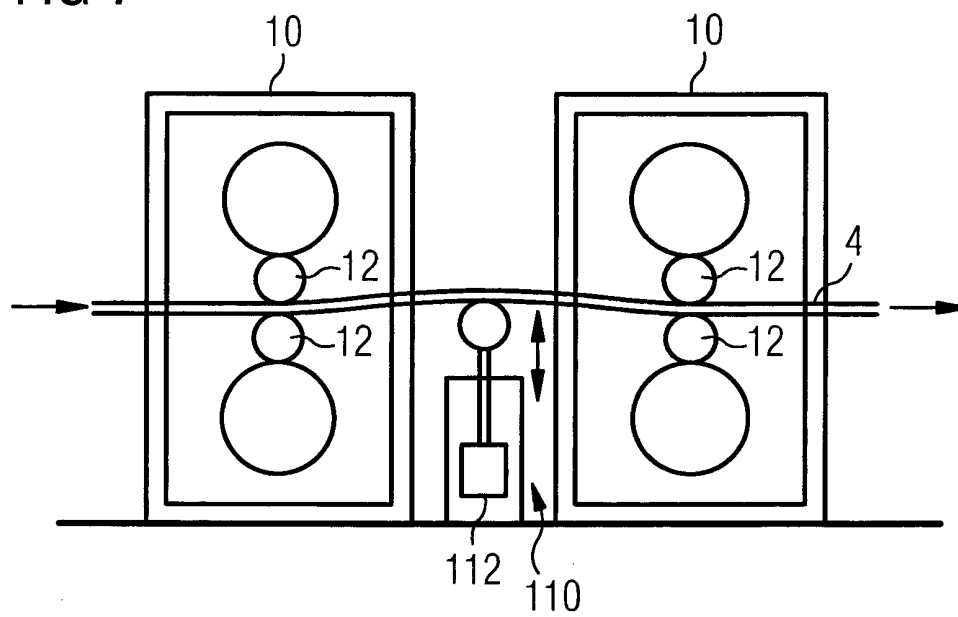


FIG 7



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 9601710 A [0003]
- DE 69408595 T2 [0003]
- DE 19911751 C1 [0007]
- JP 10235416 A [0008]