

(19)



(11)

EP 3 840 896 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.10.2022 Patentblatt 2022/41

(21) Anmeldenummer: **19755610.3**

(22) Anmeldetag: **15.08.2019**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
B21B 17/14^(2006.01) B21B 38/04^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
B21B 17/14; B21B 17/04; B21B 37/78;
B21B 37/16; B21B 37/46; B21B 38/04;
B21B 2261/04; B21B 2275/04

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/071975

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2020/038832 (27.02.2020 Gazette 2020/09)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM STEuern EINES STRECKREDUZIERWALZWERKS ZWECKS WANDDICKENKOMPENSATION**

METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING A STRETCH REDUCING ROLLING MILL FOR WALL THICKNESS COMPENSATION

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE COMMANDE D'UN LAMINOIR ÉTIREUR-RÉDUCTEUR POUR LA COMPENSATION DE L'ÉPAISSEUR DE PAROI

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: **20.08.2018 DE 102018214002**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.06.2021 Patentblatt 2021/26

(73) Patentinhaber: **SMS Group GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **GOHR, Alexander**
41061 Mönchengladbach (DE)
• **THIEVEN, Peter**
52074 Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Hemmerich & Kollegen**
Hammerstraße 2
57072 Siegen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 611 969 EP-B1- 1 611 969
JP-A- S5 325 259 US-A- 3 496 745

EP 3 840 896 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

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Streckreduzierwalzwerks nach Gattung des unabhängigen Anspruchs 1. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine Steuereinheit für ein Streckreduzierwalzwerk nach Gattung des unabhängigen Anspruchs 7. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Streckreduzierwalzwerk nach Gattung des unabhängigen Anspruchs 8.

Stand der Technik

[0002] Bei der Herstellung nahtloser Rohre kommt ein Streckreduzierwalzwerk zum Einsatz, das mehrere in einer Förderrichtung eines zu walzenden Rohres hintereinander angeordnete Walzgerüste aufweist. Um eine Verringerung der Wanddicke des Rohres zu erzielen, die zwangsläufig mit einer Streckung bzw. Verlängerung des Rohres in Axialrichtung einhergeht, nimmt die Walzgeschwindigkeit der Walzgerüste in der Förderrichtung zu.

[0003] Aufgrund von Schwankungen der Wanddicke des in das Streckreduzierwalzwerk einlaufenden Walzguts kann auch das gewalzte, aus dem Streckreduzierwalzwerk austretende Walzgut Schwankungen der Wanddicke aufweisen. Ursächlich für derartige Schwankungen sind beispielsweise inhomogene Walzbedingungen, wie etwa Änderungen der Walztemperatur, ungleichmäßige Werkzeug-Abnutzung dem Streckreduzierwalzwerk vorgelagerter Aggregate usw.. Streckreduzierwalzwerke können aus diesem Grund mit Steuerungssystemen zum Steuern der Wanddicke bzw. Reduzieren der Schwankungen der Wanddicke während des Walzens des Rohres ausgestattet sein.

[0004] Eine bekannte technische Lösung zur Kompensation von Wanddickenschwankungen besteht darin, durch eine gezielte Änderung der jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste die Streckung des zu walzenden Rohres zu beeinflussen. Wird beispielsweise ein in das Streckreduzierwalzwerk einlaufender Abschnitt des Rohres mit einer relativ zu einem Sollwert zu großen Wanddicke gewalzt, so kann durch eine steilere Drehzahlkurve, d.h. steigende Drehzahldifferenzen zwischen benachbarten Walzgerüsten, die momentane Streckung erhöht und dadurch die Wanddicke stärker reduziert werden. Wird andererseits ein Abschnitt mit einer relativ zu einem Sollwert zu geringen Wanddicke gewalzt, so kann durch eine flachere Drehzahlkurve die momentane Streckung im Streckreduzierwalzwerk verringert werden. Auf diese Weise erfolgt eine Kompensation von Wanddickenschwankungen des in das Streckreduzierwalzwerk einlaufenden Rohres, so dass eine Vergleichmäßigung der Wanddicke des aus dem Streckreduzierwalzwerk auslaufenden Rohres und eine Verbesserung der Walzqualität erreicht werden.

[0005] Eine Steuerung der Drehzahlen der Walzgerü-

te in Abhängigkeit der Wanddicke des Rohres setzt voraus, dass einer Steuereinheit für das Streckreduzierwalzwerk eine Information über die Wanddicke des zu walzenden und/oder des gewalzten Rohres zugeführt wird.

[0006] Die DE 29 47 233 A1 schlägt eine Regelung vor, die auf einer Messung der Wanddicke des zu walzenden Rohres vor dem Einlaufen in das Streckreduzierwalzwerk, also vor einer Umformung durch die Walzgerüste des Streckreduzierwalzwerks, mit einem Isotopen-Strahlungsmessgerät, einer Messung der Geschwindigkeit des zu walzenden Rohres vor dem Einlaufen in das Streckreduzierwalzwerk und einer Messung der Geschwindigkeit des gewalzten Rohres nach dem Austreten aus dem Streckreduzierwalzwerk basiert. Eine derartige Regelung leidet an dem Nachteil, dass kurzweilige Wanddickenschwankungen mit Ausdehnungen unterhalb der Walzwerkklänge nicht ausgeregelt werden können.

[0007] Die US 3,496,745 A welche die Basis für die Oberbegriffe der Ansprüche 1, 7 und 8 bildet, schlägt vor, auf einen Regelkreis zu verzichten, und eine Messung der mittleren Wanddicke und des Wanddickenverlaufs des zu walzenden Rohres, also nur vor der Umformung durch die Walzgerüste des Streckreduzierwalzwerks, durchzuführen. Zur Ermittlung des Wanddickenverlaufs des zu walzenden Rohres wird die momentane Wanddicke des zu walzenden Rohres durch eine Wanddicken-Messvorrichtung an unterschiedlichen Längspositionen bzw. Längskoordinaten des Rohres gemessen, und die gemessenen Wanddicken werden in Zuordnung zu den Längspositionen als Wanddickenverlauf gespeichert. Während des Walzens des Rohres in dem Streckreduzierwalzwerk stellt eine Steuereinheit gemäß einem Wanddicken-Steuerungsalgorithmus die jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste des Streckreduzierwalzwerks auf Grundlage des vorab abschließend durch die Wanddicken-Messvorrichtung ermittelten Wanddickenverlaufs ein, um Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres während des Walzens des Rohres im Streckreduzierwalzwerk zu kompensieren. Die US 3,496,745 A schlägt zudem vor, dass die Steuereinheit die Kompensation der Wanddickenschwankungen in Abhängigkeit von einem Signal eines optischen Sensors startet, der innerhalb des Streckreduzierwalzwerks oder vor dem ersten Walzgerüst des Streckreduzierwalzwerks angeordnet und zum Detektieren des in Förderrichtung vorderen Endes des Rohres vorgesehen ist.

[0008] Üblicherweise erfolgt die Ermittlung des Wanddickenverlaufs im Sinne der US 3,496,745 A nicht unmittelbar vor dem Einfahren des zu walzenden Rohres in die Walzgerüste des Streckreduzierwalzwerks, sondern prozesstechnisch weit vor dem Streckreduzierwalzwerk, beispielsweise bevor das zu walzende Rohr in einen dem Streckreduzierwalzwerk vorgelagerten Wiedererwärmungssofen erwärmt wird. Die Rohrwanddicke verändert sich auf dem Transport nicht.

[0009] Der für die Detektion des vorderen Endes des

Rohres vorgesehene optische Sensor ist Dampf, Staub und Spritzwasser ausgesetzt, was zu unpräzisen oder fehlerhaften Detektionsergebnissen führen kann. Wird das vordere Ende des Rohres aufgrund einer Verschmutzung des optischen Sensors auch nur geringfügig zu spät detektiert, so startet die Steuereinheit die Steuerung zum Wanddickenausgleich verspätet. In diesem Fall hinken die von der Steuereinheit veranlassten Drehzahländerungen der Walzgerüste zeitlich hinter der tatsächlichen Position des Rohres in dem Streckreduzierwalzwerk her, so dass die Wanddicke des gewalzten Rohres beliebige, unvorhersehbare Schwankungen aufweisen kann.

[0010] Ein weiterer Nachteil des Stands der Technik ist der Umstand, dass die Transport- bzw. Fördergeschwindigkeit des Rohres in das Streckreduzierwalzwerk nicht unbedingt konstant ist, sondern sich während des Walzens ändern kann. Damit kann aus dem bloßen Sensorsignal für das vordere Rohrende und einer theoretischen Fördergeschwindigkeit nicht präzise ermittelt werden, welcher Abschnitt des Rohres augenblicklich im Streckreduzierwalzwerk ist.

Offenbarung der Erfindung

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Steuereinheit zum Steuern eines Streckreduzierwalzwerks sowie ein Streckreduzierwalzwerk selbst zum Walzen von Rohren bereitzustellen, die eine zuverlässige Kompensation von Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres und Wanddicken des gewalzten Rohres innerhalb eines engen Toleranzbereichs gewährleisten.

[0012] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird durch ein unten vorgestelltes Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche 2 bis 6. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird auch durch eine Steuereinheit mit den Merkmalen des Anspruchs 7 gelöst. Außerdem wird die Aufgabe der vorliegenden Erfindung durch ein Streckreduzierwalzwerk mit den Merkmalen des Anspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Streckreduzierwalzwerks ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche 9 bis 13.

[0013] Zur Lösung der Aufgabe der vorliegenden Erfindung wird erfinderseitig vorgeschlagen, dass während der Beförderung des zu walzenden Rohres zu den Walzgerüsten des Streckreduzierwalzwerks die momentane Position des zu walzenden Rohres relativ zu dem ersten Walzgerüst des Streckreduzierwalzwerks kontinuierlich durch eine in Förderrichtung des Rohres vor den Walzgerüsten angeordnete Rohrposition-Messeinrichtung gemessen wird. Die Messwerte der Rohrposition-Messeinrichtung werden kontinuierlich an die Steuereinheit für das Streckreduzierwalzwerk übertragen. Die Steuereinheit steuert die jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste nicht nur auf Grundlage des durch eine Wanddicken-Messeinrichtung ermittelten Wanddickenverlaufs des zu

walzenden Rohres sondern auch auf Grundlage der kontinuierlich übertragenen Messwerte der Rohrposition-Messeinrichtung, um im Streckreduzierwalzwerk Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres zu kompensieren.

[0014] Genauer genommen misst gemäß dem vorgestellten Verfahren die Rohrposition-Messeinrichtung eine aktuelle Längskoordinate des Rohres kontinuierlich an einem Abschnitt des Rohres, der momentan noch nicht von dem Streckreduzierwalzwerk gewalzt wird. Während der kontinuierlich durch die Rohrposition-Messeinrichtung durchgeführten Messungen der aktuellen Längskoordinate des zu walzenden Rohres wird das Rohr relativ zu der Rohrposition-Messeinrichtung in der Förderrichtung zum Streckreduzierwalzwerk bewegt. Die Förderrichtung entspricht der Längsrichtung des Rohres bzw. der Richtung der Längskoordinate des Rohres. Die Rohrposition-Messeinrichtung ist ausgebildet, während dieser Relativbewegung des Rohres eine Position des in Förderrichtung vorderen Endes des Rohres, auch Rohrspitze genannt, und eine Position des hinteren Ende des Rohres, auch Rohrende genannt, zu erfassen und diesen Positionen entsprechende, gemessene Längskoordinaten zuzuordnen. Die zu einem Zeitpunkt gemessene Längskoordinate des Rohres repräsentiert die Länge eines Abschnitts des zu walzenden Rohres, der bereits die durch die Rohrposition-Messeinrichtung durchgeführte Längskoordinatenmessung durchlaufen hat. Gemäß dem vorgestellten Verfahren erfolgt somit durch die Rohrposition-Messeinrichtung eine Längenmessung, die aktuell und mit hoher zeitlicher Auflösung misst, welcher Längsabschnitt bzw. welche Rohrlänge bereits die Rohrposition-Messeinrichtung passiert hat. Die Rohrposition-Messeinrichtung überträgt die von ihr ermittelten Messwerte kontinuierlich an die Steuereinheit oder stellt die Messwerte einer zur Übertragung an die Steuereinheit ausgebildeten Schnittstellenvorrichtung zur Verfügung.

[0015] Die Rohrposition-Messeinrichtung kann die Längskoordinate des Rohres mittels an sich bekannter kontinuierlicher Messverfahren, wie beispielsweise ein optisches, elektromagnetisches und/oder bildgebendes Messverfahren der Rohrlänge, durchführen. Ob die Rohrposition-Messeinrichtung die Längskoordinate unmittelbar misst oder durch eine mathematische Umformung, beispielsweise eine ein- oder mehrfache Integration, einer primären Messgröße mittelbar misst, ist für die vorliegende Erfindung unbeachtlich.

[0016] Die Steuereinheit berechnet aus den kontinuierlich von der Rohrposition-Messeinrichtung übertragenen Messwerten der Längskoordinate des Rohres die Längsposition des Rohres, die aktuell in das Streckreduzierwalzwerk eintritt, d.h. momentan in Kontakt mit den Umformungswalzen des einlaufseitig ersten Walzgerüsts gelangt. Für diese Berechnung nutzt die Steuereinheit den ihr bekannten Abstand zwischen der Rohrposition-Messeinrichtung und dem einlaufseitig ersten Walzgerüst des Streckreduzierwalzwerks. Aus den gemessenen

nen Längskoordinaten der beiden Enden des zu walzenden Rohres kann die Steuereinheit zudem die Gesamtlänge des zu walzenden Rohres berechnen.

[0017] Aus dem der Steuereinheit bekannten Wanddickenverlauf des zu walzenden Rohres, der zuvor durch die Wanddicken-Messeinrichtung ermittelt wurde, ermittelt die Steuereinheit die momentane bzw. aktuelle Wanddicke des Rohres an der Längsposition des Rohres, die aktuell in das Streckreduzierwalzwerk eintritt. Wenn diese momentane Wanddicke eine vorgegebene Sollwanddicke überschreitet/unterschreitet, verändert die Steuereinheit gemäß einem bekannten Walzmodell die Drehzahlen der Walzgerüste im Sinne der oben erläuterten steileren/flacheren Drehzahlkurven.

[0018] Unter Berücksichtigung des bekannten Abstands zwischen der Rohrposition-Messeinrichtung und dem einlaufseitig ersten Walzgerüst des Streckreduzierwalzwerks, der Abstände zwischen den Walzgerüsten des Streckreduzierwalzwerks unter Verwendung mathematischer Ansätze zur Modellierung des Füllverhaltens innerhalb der Kontaktzonen zwischen Rohr und den Walzen der Walzgerüste verwendet die Steuereinheit die wie oben beschrieben ermittelte aktuelle Längsposition des Rohres, um die momentane Materialverteilung des Rohres auf der Einlaufseite, innerhalb des Streckreduzierwalzwerks und gegebenenfalls auch auf der Auslaufseite des Streckreduzierwalzwerks zu ermitteln. Im Besonderen wird der Anteil des Rohres ermittelt, der innerhalb des Streckreduzierwalzwerks ist.

[0019] Unter dem Begriff der kontinuierlichen Messung der Längskoordinate des Rohres wird verstanden, dass während der Relativbewegung zwischen der Rohrposition-Messeinrichtung und dem diese passierenden Rohr mehrfach eine Messung durch die Rohrposition-Messeinrichtung vorgenommen wird, um zu messen, wie lang der Abschnitt des Rohres momentan ist, der bereits die Rohrposition-Messeinrichtung passiert hat. Diese Messungen können zeitkontinuierlich oder zeitdiskret zu definierten Zeitpunkten erfolgen. Unter dem Begriff der kontinuierlichen Messung der Längskoordinate des Rohres wird hingegen nicht verstanden, dass nur die Rohrspitze des zu walzenden Rohres detektiert wird, und die Detektion an die Steuereinheit gemeldet wird.

[0020] Da bei dem vorgeschlagenen Verfahren die aktuelle Position des Rohres vor und in dem Streckreduzierwalzwerk mit hoher Genauigkeit ermittelt und der Steuereinheit zusätzlich zu dem ermittelten Wanddickenverlauf separat zugeführt wird, kann die Steuereinheit die jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste präzise steuern, um Wanddickenschwankungen des in das Streckreduzierwalzwerk einfahrenden Rohres zu kompensieren, so dass das gewalzte Rohr nur sehr geringe Wanddickenschwankungen innerhalb eines engen Toleranzbereichs aufweist.

[0021] In Entsprechung zu dem vorgestellten Verfahren wird zudem ein Streckreduzierwalzwerk zum Walzen von Rohren im Sinne der Erfindung vorgestellt, mit dem dieselben Vorteile wie mit dem vorgestellten Verfahren

realisiert werden können. Das Streckreduzierwalzwerk weist mehrere in einer Förderrichtung eines zu walzenden Rohres hintereinander angeordnete Walzgerüste auf. Zudem ist das Streckreduzierwalzwerk gekoppelt oder versehen mit einer in der Förderrichtung vor den Walzgerüsten angeordneten Wanddicken-Messeinrichtung zum Ermitteln eines Wanddickenverlaufs des zu walzenden Rohres und mit einer Steuereinheit zum Steuern jeweiliger Drehzahlen der Walzgerüste während des Walzens des Rohres auf Grundlage des ermittelten Wanddickenverlaufs, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren. Ferner ist das Streckreduzierwalzwerk gekoppelt oder versehen mit einer in der Förderrichtung vor den Walzgerüsten angeordneten Rohrposition-Messeinrichtung zum kontinuierlichen Messen einer aktuellen Längskoordinate des Rohres und zum Übertragen der Messwerte der aktuellen Längskoordinate des Rohres an die Steuereinheit. Zudem ist die Steuereinheit ausgebildet, die Drehzahlen der Walzgerüste während des Walzens des Rohres auch auf Grundlage der empfangenen Messwerte der aktuellen Längskoordinate des Rohres zu steuern, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.

[0022] Zudem wird erfindungsgemäß eine Steuereinheit für das oben vorgestellte Streckreduzierwalzwerk vorgestellt. Die Steuereinheit ist ausgebildet zum Steuern jeweiliger Drehzahlen der Walzgerüste auf Grundlage eines durch eine Wanddicken-Messeinrichtung vor dem Walzen ermittelten Wanddickenverlaufs des zu walzenden Rohres, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren. Die Steuereinheit ist ferner ausgebildet zum Empfangen von Messwerten einer durch eine in Förderrichtung vor den Walzgerüsten angeordneten Rohrposition-Messeinrichtung kontinuierlich gemessenen aktuellen Längskoordinate des Rohres. Außerdem ist die Steuereinheit ausgebildet, die Drehzahlen der Walzgerüste während des Walzens des Rohres auch auf Grundlage der empfangenen Messwerte der aktuellen Längskoordinate des Rohres zu steuern, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.

[0023] Verfahrensbasiert vorgestellte Merkmale der vorgestellten Erfindung sollen auch für die vorgestellten Vorrichtungen, also die Steuereinheit und das Streckreduzierwalzwerk, gelten und beanspruchbar sein und umgekehrt. Zudem umfasst die Erfindung beliebige Kombinationen der hier vorgestellten Weiterbildungen und Fortbildungen im Rahmen der Ansprüche.

[0024] In einer Weiterbildung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass die Steuereinheit ein Walzen, konkret die jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste, eines ersten Abschnitts des Rohres auf Grundlage von Messwerten der Längskoordinate des Rohres steuert, während die Rohrposition-Messeinrichtung die aktuelle Längskoordinate des Rohres an einem zweiten Abschnitt des Rohres kontinuierlich misst.

[0025] Dieser Weiterbildung des Verfahrens entspricht eine Weiterbildung des vorgestellten Streckreduzier-

walzwerks, bei dem ein Förderweg des zu walzenden Rohres von der Rohrposition-Messeinrichtung zu einem in der Förderrichtung ersten Walzgerüst des Streckreduzierwalzwerks kürzer als eine Gesamtlänge des zu walzenden Rohres ist. In einer Fortbildung dieser Weiterbildung ist der Förderweg kürzer als die Hälfte der Gesamtlänge des zu walzenden Rohres. In einer weiteren Fortbildung dieser Weiterbildung ist der Förderweg kürzer als ein Viertel der Gesamtlänge des zu walzenden Rohres.

[0026] Durch die gleichzeitige Messung der Längskoordinate des Rohres an einem hinteren Abschnitt des Rohres und die Steuerung der Drehzahlen der Walzgerüste auf Grundlage der bereits vorhandenen Messwerte der Längskoordinate während des Walzens eines vorderen Abschnitts des Rohres hat die Steuereinheit eine besonders präzise Kenntnis über die aktuelle Position des Rohres und kann daher die Drehzahlen der Walzgerüste besonders exakt an die aktuelle Wanddicke, die der Steuereinheit aus dem ermittelten Wanddickenverlauf bekannt ist, bei der aktuellen Position anpassen. Daher wird eine besonders hohe Kompensation der Wanddickenschwankungen des einlaufenden Rohres erreicht. Die Genauigkeit der Kompensation der Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres ist umso höher, je kürzer der Förderweg bzw. Abstand zwischen der Rohrposition-Messeinrichtung und ersten Walzgerüst ist, in das das zu walzende Rohr einläuft.

[0027] In einer Weiterbildung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass die Steuereinheit ein Walzen, konkret die jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste, eines ersten Abschnitts des Rohres steuert, während die Wanddicken-Messeinrichtung einen Wanddickenverlauf an einem zweiten Abschnitt des Rohres ermittelt.

[0028] Dieser Weiterbildung des vorgestellten Verfahrens entspricht eine Weiterbildung des vorgestellten Streckreduzierwalzwerks, bei dem ein Förderweg des zu walzenden Rohres von der Wanddicken-Messeinrichtung zu einem in der Förderrichtung ersten Walzgerüst des Streckreduzierwalzwerks kürzer als eine Gesamtlänge des zu walzenden Rohres ist.

[0029] In einer Fortbildung dieser Weiterbildung ist der Förderweg bzw. Abstand von der Wanddicken-Messeinrichtung zu dem ersten Walzgerüst kürzer als die Hälfte der Gesamtlänge des zu walzenden Rohres. In einer weiteren Fortbildung dieser Weiterbildung ist dieser Förderweg kürzer als ein Viertel der Gesamtlänge des zu walzenden Rohres.

[0030] Durch die gleichzeitige Ermittlung des Wanddickenverlaufs des Rohres an einem hinteren Abschnitt des Rohres und die Steuerung der Drehzahlen der Walzgerüste auf Grundlage der bereits vorhandenen Messwerte der Längskoordinate und des partiell ermittelten Wanddickenverlaufs während des Walzens eines vorderen Abschnitts des Rohres hat die Steuereinheit eine besonders präzise Kenntnis über die aktuelle Position des Rohres und kann daher die Drehzahlen der Walzgerüste besonders exakt an die aktuelle Wanddicke, die der

Steuereinheit aus dem partiell ermittelten Wanddickenverlauf bekannt ist, bei der aktuellen Position anpassen. Daher wird eine ganz besonders präzise Kompensation der Wanddickenschwankungen des einlaufenden Rohres erreicht. Die Genauigkeit der Kompensation der Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres ist umso höher, je kürzer der Förderweg bzw. Abstand zwischen der Wanddicken-Messeinrichtung und dem ersten Walzgerüst ist, in das das zu walzende Rohr einläuft.

[0031] Gemäß einer Weiterbildung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass die durch die Rohrposition-Messeinrichtung gemessenen Messwerte der Längskoordinate des Rohres für die Ermittlung des Wanddickenverlaufs und für die Übertragung an die Steuereinheit verwendet werden. Die durch die Wanddicken-Messeinrichtung gemessenen Wanddicken werden also mit den durch die Rohrposition-Messeinrichtung gemessenen Werten der Längskoordinate des Rohres verknüpft, die auch an die Steuereinheit übertragen werden. Die Wanddicke des zu walzenden Rohres wird bevorzugt aktuell an der Längsposition des zu walzenden Rohres gemessen, die aktuell von der Rohrposition-Messeinrichtung als aktuelle Längskoordinate gemessen wird.

[0032] Dieser Weiterbildung des Verfahrens entspricht eine Weiterbildung des vorgestellten Streckreduzierwalzwerks, bei dem die Rohrposition-Messeinrichtung und die Wanddicken-Messeinrichtung ausgebildet sind zum gleichzeitigen Vermessen desselben zu walzenden Rohres. In einer Fortbildung dieser Weiterbildung sind die Rohrposition-Messeinrichtung und die Wanddicken-Messeinrichtung als eine einzige integrierte Vorrichtung ausgebildet, die die aktuelle Längskoordinate des zu walzenden Rohres und die bei dieser Position bzw. Längskoordinate vorliegende Wanddicke misst, diese Messwerte zu einem Wanddickenverlauf kombiniert, und den Wanddickenverlauf und die gemessenen Werte der Längskoordinate an die Steuereinheit überträgt.

[0033] Besonders bevorzugt sind die Wanddicken-Messeinrichtung und die Rohrposition-Messeinrichtung des vorgestellten Streckreduzierwalzwerks in einer einzigen Messvorrichtung integriert, die derart angeordnet ist, dass ein Abschnitt des zu walzenden Rohres bezüglich der Wanddicke und Längskoordinate vermessen wird, während ein bereits vermessener Abschnitt des Rohres unter Steuerung der Steuereinheit auf Grundlage der gemessenen Wanddicken und Längskordinaten gewalzt wird, um Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres zu kompensieren.

[0034] Mit diesen Weiterbildungen wird eine besonders präzise Zuordnung zwischen den gemessenen Wanddicken und den gemessenen Längskordinaten ermittelt, was in einer besonders präzisen Kompensation von Wanddickenschwankungen unter der Steuerung der Steuereinheit resultiert.

[0035] Gemäß einer Weiterbildung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass die Rohrposition-Mes-

seinrichtung die Längskoordinate des Rohres, deren Messwert an die Steuereinheit übertragen werden soll, erst dann misst, wenn die Wanddicken-Messeinrichtung den Wanddickenverlauf über die gesamte Länge des zu walzenden Rohres ermittelt hat.

[0036] Dieser Weiterbildung des Verfahrens entspricht eine Weiterbildung des vorgestellten Streckreduzierwalzwerks, bei dem eine Länge eines Förderwegs des zu walzenden Rohres zwischen der Wanddicken-Messeinrichtung und der Rohrposition-Messeinrichtung bzw. dem ersten Walzgerüst größer als eine Gesamtlänge des zu walzenden Rohres ist.

[0037] Diese Weiterbildungen bieten den Vorteil, dass ein konventionelles bestehendes Streckreduzierwalzwerk, bei dem der Abstand zwischen der Wanddicken-Messeinrichtung und dem ersten Walzgerüst, in das das zu walzende Rohr zuerst einläuft, deutlich größer als die Gesamtlänge des zu walzenden Rohres ist, einfach im Sinne der vorliegenden Erfindung verbessert werden kann, indem zwischen der Wanddicken-Messeinrichtung und dem ersten Walzgerüst die oben beschriebene Rohrposition-Messeinrichtung mit geringem Abstand zu dem ersten Walzgerüst einfügt wird.

[0038] Gemäß einer Weiterbildung des vorgestellten Verfahrens ist vorgesehen, dass die Steuereinheit Drehzahlen der Walzgerüste auch auf Grundlage von Signalen von innerhalb des Streckreduzierwalzwerks und/oder in der Förderrichtung des Rohres hinter dem Streckreduzierwalzwerk angeordneten Sensoren steuert, um während des Walzens Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren. Durch die zusätzlichen Sensoren wird die Genauigkeit des Verfahrens und dessen Zuverlässigkeit noch weiter gesteigert, insbesondere wenn kurze Rohre gewalzt werden. Dann hat nämlich unter Umständen das Mutterrohr die Rohrpositions-Messeinrichtung bereits verlassen, während das vordere Rohrende das Streckreduzierwalzwerk noch nicht verlassen hat. Durch die zusätzlichen Sensoren wird der tatsächliche Vorschub des Rohres erfasst und kann von der Steuerung berücksichtigt werden.

[0039] Dieser Weiterbildung des Verfahrens entspricht eine Weiterbildung des vorgestellten Streckreduzierwalzwerks, das an oder zwischen den Walzgerüsten und/oder in der Förderrichtung des Rohres hinter dem Streckreduzierwalzwerk mit Sensoren gekoppelt oder versehen ist. Die Sensoren sind bevorzugt als Annäherungssensoren ausgebildet, um die aktuelle Position des Rohres im Bereich der Walzgerüste und/oder nach dem Ausfahren aus dem letzten Walzgerüst möglichst exakt zu erfassen. Die Steuereinheit ist dann ausgebildet zum Steuern der Drehzahlen der Walzgerüste auch auf Grundlage der Signale der Sensoren, um während des Walzens Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0040] Zur Verdeutlichung des vorgeschlagenen Ver-

fahrens und des vorgeschlagenen Streckreduzierwalzwerks werden nun Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die folgenden Figuren vorgestellt.

5

Fig. 1 veranschaulicht schematisch ein Streckreduzierwalzwerk mit einer Wanddicken-Messeinrichtung und einem Annäherungssensor vor den Walzgerüsten, das aus Erfindersicht einen Ausgangspunkt für die in Fig. 2 und Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiele darstellt.

10

Fig. 2 veranschaulicht schematisch ein Streckreduzierwalzwerk eines Ausführungsbeispiels mit einer Wanddicken-Messeinrichtung und einer separaten Rohrposition-Messeinrichtung vor den Walzgerüsten.

15

Fig. 3 veranschaulicht schematisch ein Streckreduzierwalzwerk eines Ausführungsbeispiels mit einer integrierten Wanddicken-Messeinrichtung und Rohrposition-Messeinrichtung vor den Walzgerüsten.

20

[0041] In den Figuren sind identische oder ähnliche Komponenten figurenübergreifend mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

25

Ausführungsbeispiele der Erfindung

30

[0042] Zur besseren Verdeutlichung der Ausführungsbeispiele wird zunächst mit Verweis auf Fig. 1 ein Streckreduzierwalzwerk mit einer Wanddicken-Messeinrichtung und einem Annäherungssensor vor den Walzgerüsten vorgestellt, das aus Erfindersicht den Stand der Technik und den Ausgangspunkt für die in Fig. 2 und Fig. 3 veranschaulichten Ausführungsbeispiele der Erfindung darstellt.

35

[0043] In Fig. 1 ist der Ablauf der Rohrvermessung (siehe Phase A) und des Rohrwalzens (siehe Phase B) schematisch dargestellt. In einer Phase A, die zeitlich deutlich vor dem Einfahren des zu walzenden Rohres in die Walzgerüste liegt, wird das zu walzende Rohr 6 in seiner Längsrichtung durch die Wanddicken-Messeinrichtung 2-2 geführt, die radiometrisch während der Rohrbewegung eine aktuelle Wanddicke s des Rohres 6 misst und an eine Auswerteeinheit 3 überträgt. Zusammen mit der Messung der aktuellen Wanddicke s erfolgt eine Messung der aktuellen Längskoordinate l_x des Rohres 6 in einer Rohrposition-Messeinrichtung 2-1 während des Durchlaufs des Rohres 6 durch die Wanddicken-Messeinrichtung 2-2. Die Messung der aktuellen Längskoordinate l_x kann beispielsweise optisch erfolgen, wie in Fig. 1 veranschaulicht. Die Auswerteeinheit 3 ordnet die gemessenen aktuellen Wanddicken s und die gemessenen aktuellen Längspositionen l_x des zu walzenden Rohres 6, an denen die Wanddickenmessungen durchgeführt werden, einander zu und ermittelt somit

40

45

50

55

einen Wanddickenverlauf 4 des zu walzenden Rohres 6. Aus den gemessenen aktuellen Längskoordinaten des vorderen und hinteren Rohrendes ermittelt die Auswerteeinheit 3 zudem die Gesamtrohrlänge l_{ges} des zu walzenden Rohres 6.

[0044] Der ermittelte Wanddickenverlauf 4 und die ermittelte Gesamtrohrlänge l_{ges} werden von der Auswerteeinheit an eine Steuereinheit 1 für das Streckreduzierwalzwerk übertragen. Die bezüglich Fig. 1 erläuterte Messung der aktuellen Längskoordinate l_x des Rohres 6 dient ausschließlich der Ermittlung des Wanddickenverlaufs 4, und die Messwerte der aktuellen Längskoordinate l_x werden nicht separat an die Steuereinheit 1 übertragen. Die Steuereinheit 1 ist ausgebildet zum Steuern der jeweiligen Drehzahlen der Walzgerüste 7 bzw. ihrer Arbeitswalzen auf Grundlage des von der Auswerteeinheit 3 ermittelten und übertragenen Wanddickenverlaufs 4. Nach der Ermittlung des Wanddickenverlaufs 4 wird das zu walzende Rohr 6 einem (nicht veranschaulichten) Wiedererwärmungssofen und anschließend, in Fig. 1 als Phase B für dasselbe Rohr 6 eingezeichnet, den Walzgerüsten 7 des Streckreduzierwalzwerks zugeführt. Zur Erfassung der Ankunft des zu walzenden Rohres 6 bei dem Streckreduzierwalzwerk ist ein als Fotozelle ausgebildeter Annäherungssensor 5 mit einem Abstand a vor den Walzgerüsten 7 des Streckreduzierwalzwerks angeordnet. Der Annäherungssensor 5 erfasst die Ankunft der Rohrspitze des zu walzenden Rohres 6 und meldet den Detektionszeitpunkt t_0 an die Steuereinheit 1, woraufhin die Steuereinheit 1 ab diesem Zeitpunkt t_0 fortlaufend die Zeit t misst. Der Abstand a zwischen dem Annäherungssensor 5 und dem ersten Walzgerüst 7-1 ist der Steuereinheit 1 bekannt. Die Annäherungsgeschwindigkeit v des Rohres 6 zu dem ersten Walzgerüst 7-1 ist der Steuereinheit 1 ebenfalls bekannt. Die Annäherungsgeschwindigkeit v kann ein vorgegebener Wert sein oder kann während des Betriebs zum Beispiel aus den Drehzahlen der Rollgangsmotoren abgeleitet werden.

[0045] Für die Steuerung der Drehzahlen der Walzgerüste 7 während des Durchlaufs des Rohres durch die Walzgerüste 7 benötigt die Steuereinheit 1 eine aktuelle Positionsinformation, welche Stelle bzw. Längsposition des zu walzenden Rohres aktuell das erste Walzgerüst 7-1 erreicht. Mit dieser aktuellen Positionsinformation ermittelt die Steuereinheit 1 aus dem zuvor ermittelten Wanddickenverlauf 4 des zu walzenden Rohres 6, ob die Stelle des Rohres, die aktuell in das erste Walzgerüst 7-1 einläuft, eine von der Sollwanddicke abweichende Wanddicke s hat, was eine Veränderung der Drehzahlen der Walzgerüste erforderlich macht. Die Steuereinheit 1 bestimmt die erforderlichen Drehzahlveränderungen mit Hilfe eines an sich bekannten Algorithmus, wobei das Ausmaß der Drehzahlveränderungen von der Größe der Wanddickenabweichung abhängt. Die Steuereinheit ermittelt die aktuell in das erste Walzgerüst 7-1 einlaufende Position bzw. Längskoordinate l_x des Rohres als:

$$l_x = l_{ges} + a - v \cdot (t - t_0)$$

[0046] Diese Berechnungsvorschrift liefert Positionswerte für l_x in den Grenzen von $0 \leq l_x \leq l_{ges}$.

[0047] Bei der in Fig. 1 veranschaulichten Steuerung der Drehzahlen der Walzgerüste 7 zwecks Kompensation von Wanddickenschwankungen des zu walzenden Rohres wird die aktuell in das erste Walzgerüst 7-1 einlaufende Längskoordinate l_x indirekt bestimmt, nämlich durch Messung der Zeit t seit dem durch den Annäherungssensor 5 bestimmten Zeitpunkt t_0 und durch Verwendung der Annäherungsgeschwindigkeit v des Rohres 6.

[0048] In Fig. 2 ist ein Ausführungsbeispiel eines vorgeschlagenen Streckreduzierwalzwerks veranschaulicht, das aus einer Modifizierung der in Fig. 1 veranschaulichten Struktur hervorgeht. Die Ermittlung des Wanddickenverlaufs 4 erfolgt bei dem in Fig. 2 veranschaulichten Ausführungsbeispiel wie bereits mit Verweis auf Fig. 1 erläutert, so dass auf eine erneute Erläuterung verzichtet wird. Anstelle des in Fig. 1 veranschaulichten Annäherungssensors 5 zum Detektieren der Rohrspitze ist aber bei dem in Fig. 2 veranschaulichten Ausführungsbeispiel eine Rohrposition-Messeinrichtung 8 vorgesehen, die kontinuierlich und mit hoher zeitlicher Auflösung die aktuelle Längskoordinate l_x des Rohres 6 bzw. die Rohrlänge $l \times 1$ misst, die bereits die Rohrposition-Messeinrichtung 8 passiert hat. Die Rohrposition-Messeinrichtung 8 ist in einem Abstand a vor dem ersten Walzgerüst 7-1 des Streckreduzierwalzwerks angeordnet und misst kontinuierlich die aktuelle Längskoordinate l_x des Rohres. Die Messwerte der Rohrposition-Messeinrichtung 8 werden kontinuierlich an die Steuereinheit 1A übertragen. Die Steuereinheit 1A ermittelt die aktuell in das erste Walzgerüst 7-1 einlaufende Position bzw. Längskoordinate des Rohres 6 als:

$$l_x = l_{ges} - l_{x1} + a$$

[0049] Diese unmittelbare Ermittlung der aktuell in das erste Walzgerüst 7-1 einlaufenden Längsposition des Rohres 6 bietet den Vorteil einer höheren Genauigkeit der Positionsbestimmung des Rohres als bei der in Fig. 1 veranschaulichten Struktur. Da die in das erste Walzgerüst 7-1 einlaufende Position des Rohres gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 sehr genau bestimmt werden kann, kann die Steuereinheit 1A die aktuelle Wanddicke s des Rohres an dieser Position sehr genau aus dem ermittelten Wanddickenverlauf 4 bestimmen und kann daher auch die Drehzahlen der Walzgerüste 7 sehr präzise auf Grundlage der ermittelten aktuellen Wanddicke steuern.

[0050] Der wesentliche Unterschied zwischen den in Fig. 1 und Fig. 2 veranschaulichten Streckreduzierwalzwerken mit vorlagerten Messeinrichtungen besteht darin, dass bei dem in Fig. 2 veranschaulichten Ausführungs-

beispiel die Messwerte der aktuellen Längsposition des zu walzenden Rohres kontinuierlich an die Steuereinheit 1A übertragen werden, und die Steuereinheit 1A die Drehzahlen der Walzgerüste auch auf Grundlage dieser Messwerte steuert, um Waddickenschwankungen des zu walzenden Rohres zu kompensieren.

[0051] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 bietet zudem ein besonders große Fähigkeit zur Kompensation von Waddickenschwankungen des zu walzenden Rohres, wenn die Rohrposition-Messeinrichtung 8 die aktuelle Längskoordinate eines hinteren Abschnitts des Rohres misst, während die Steuereinrichtung 1A gleichzeitig die Drehzahlen der Walzgerüste 7 während des Walzens eines vorderen Abschnitts des Rohres steuert. In diesem Fall ist der Förderweg des Rohres von der Rohrposition-Messeinrichtung 8 zu dem ersten Walzgerüst 7-1 des Streckreduzierwalzwerks kürzer als die Gesamtlänge l_{ges} des zu walzenden Rohres 6.

[0052] Das in Fig. 2 veranschaulichte Ausführungsbeispiel findet bevorzugt Anwendung, wenn ein Streckreduzierwalzwerk mit einer bereits bestehenden Waddicken-Messeinrichtung, die das zu walzende Rohr weit vor dem Einfahren in die Walzgerüste vermisst, hinsichtlich der Präzision der Kompensation von Waddickenschwankungen verbessert werden soll.

[0053] Fig. 3 veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines vorgeschlagenen Streckreduzierwalzwerks, bei dem im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel von Fig. 2 eine Waddicken-Messeinrichtung 9 nah vor dem ersten Walzgerüst 7-1 des Streckreduzierwalzwerks angeordnet ist. Der Förderweg des zu walzenden Rohres von der Waddicken-Messeinrichtung 9 zu dem ersten Walzgerüst 7-1 ist kürzer als die Gesamtlänge l_{ges} des zu walzenden Rohres 6. Das Rohr ist bevorzugt für den überwiegenden Teil der Walzzeit gleichzeitig in der Waddicken-Messeinrichtung 9 und den Walzgerüsten 7 des Streckreduzierwalzwerks. Die Rohrposition-Messeinrichtung 8 ist bevorzugt zusammen mit der Waddicken-Messeinrichtung 9 als eine integrierte Vorrichtung 10 ausgebildet, so dass die Rohrposition-Messeinrichtung 8 und die Waddicken-Messeinrichtung 10 das Rohr 6 gleichzeitig vermessen.

[0054] Wie in Fig. 3 veranschaulicht, werden die Messwerte der Rohrposition-Messeinrichtung 8 gedoppelt und gleichzeitig der Auswerteeinheit 3 zur Ermittlung des Waddickenverlaufs 4 und der Steuereinheit 1B zum Steuern der Drehzahlen der Walzgerüste zugeführt. Während die Rohrposition-Messeinrichtung 8 kontinuierlich die Längskoordinate l_x misst und einen entsprechenden Datenstrom kontinuierlich an die Steuereinheit 1B überträgt, überträgt die Auswerteeinheit 3 kontinuierlich einen Datenstrom an die Steuereinheit 1B, der den ermittelten Waddickenverlauf 4 des bereits vermessenen Rohrabschnitts repräsentiert. Wie bereits mit Verweis auf Fig. 2 erläutert, ermittelt die Steuereinheit 1B, unter Berücksichtigung des bekannten Abstands a der integrierten Vorrichtung 10 der Rohrposition-Messeinrichtung und der Waddicken-Messeinrichtung zu dem ersten

Walzgerüst 7-1, aus der aktuell von der Rohrposition-Messeinrichtung übertragenen gemessenen Längskoordinate des Rohres, welche Rohrposition bzw. Rohrkoordinate aktuell in das erste Walzgerüst einläuft, und welcher Rohrabschnitt bereits in die Walzgerüste 7 eingefahren ist. Zugleich ermittelt die Steuereinheit 1B aus dem Datenstrom des Waddickenverlaufs 4 die aktuelle Waddicke an der Rohrposition, die aktuell in das erste Walzgerüst 7-1 einläuft, und berechnet auf Grundlage dieser Daten gegebenenfalls erforderliche Drehzahlkorrekturen, damit die Waddickenschwankungen des zu walzenden Rohres während des Walzens korrigiert werden.

[0055] Das in Fig. 3 veranschaulichte Ausführungsbeispiel bietet eine besondere große Präzision bezüglich der Kompensation von Waddickenschwankungen des zu walzenden Rohres, da die aktuelle Waddicke und die aktuelle Längskoordinate des Rohres in einem geringen Abstand zu dem ersten Walzgerüst gemessen werden, während zugleich ein vorderer Abschnitt des Rohres gewalzt wird.

Bezugszeichenliste

[0056]

1, 1A, 1B	Steuereinheit
2-1	Rohrposition-Messeinrichtung
2-2	Waddicken-Messeinrichtung
3	Auswerteeinheit
4	ermittelter Waddickenerlauf
5	Annäherungssensor
6	Rohr
7	Walzgerüste
7-1	erstes Walzgerüst
8	Rohrposition-Messeinrichtung
9	Waddicken-Messeinrichtung
10	integrierte Messvorrichtung
a	Abstand zwischen Annäherungssensor bzw. Rohrposition-Messeinrichtung und erstem Walzgerüst
l_{ges}	Gesamtlänge des Rohres
l_x	Längskoordinate
$l \times 1$	von Rohrposition-Messeinrichtung bereits vermessene Rohrlänge
s	Waddicke des Rohres
t0	Zeitpunkt der Rohrspitzendetektion
t	aktuelle Zeit
v	Annäherungsgeschwindigkeit des Rohres

Patentansprüche

- Verfahren zum Steuern eines Streckreduzierwalzwerks zum Walzen von Rohren, das mehrere in einer Förderrichtung eines zu walzenden Rohres (6) hintereinander angeordnete Walzgerüste (7) aufweist, wobei eine Waddicken-Messeinrichtung (2-2, 9) ei-

- nen Wanddickenverlauf (4) des zu walzenden Rohres (6) vor dem Walzen ermittelt, und eine Steuereinheit (1, 1A, 1B) jeweilige Drehzahlen der Walzgerüste (7) während des Walzens des Rohres auf Grundlage des ermittelten Wanddickenverlaufs (4) steuert, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine in Förderrichtung vor den Walzgerüsten (7) angeordnete Rohrposition-Messeinrichtung (8) eine aktuelle Längskoordinate (lx) des Rohres (6) kontinuierlich misst, die Messwerte der Längskoordinate (lx) des Rohres (6) an die Steuereinheit (1A, 1B) übertragen werden, und die Steuereinheit (1A, 1B) die Drehzahlen der Walzgerüste (7) während des Walzens des Rohres auch auf Grundlage der übertragenen Messwerte der aktuellen Längskoordinate (lx) des Rohres steuert, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (1A, 1B) ein Walzen eines ersten Abschnitts des Rohres auf Grundlage von Messwerten der Längskoordinate (lx) des Rohres steuert, während die Rohrposition-Messeinrichtung (8) die aktuelle Längskoordinate (lx) des Rohres an einem zweiten Abschnitt des Rohres kontinuierlich misst.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (1B) ein Walzen eines ersten Abschnitts des Rohres steuert, während die Wanddicken-Messeinrichtung (9) einen Wanddickenverlauf (4) an einem zweiten Abschnitt des Rohres ermittelt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die durch die Rohrposition-Messeinrichtung (8) gemessenen Messwerte der Längskoordinate (lx) des Rohres für die Ermittlung des Wanddickenverlaufs (4) und für die Übertragung an die Steuereinheit (1B) verwendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohrposition-Messeinrichtung (8) die Längskoordinate (lx) des Rohres erst dann misst, wenn die Wanddicken-Messeinrichtung (2-2) den Wanddickenverlauf über die Gesamtlänge (lges) des zu walzenden Rohres (6) ermittelt hat.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (1A, 1B) Drehzahlen der Walzgerüste (7) auch auf Grundlage von Signalen von innerhalb des Streckreduzierwalzwerks und/oder in der Förderrichtung des Rohres hinter dem Streckreduzierwalzwerk angeordneten Sensoren steuert, um während des Walzens Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.
7. Steuereinheit (1A, 1B) für ein Streckreduzierwalzwerk zum Walzen von Rohren, das mehrere in einer Förderrichtung eines zu walzenden Rohres (6) hintereinander angeordnete Walzgerüste (7) aufweist, wobei die Steuereinheit (1A, 1B) ausgebildet ist zum Steuern jeweiliger Drehzahlen der Walzgerüste (7) auf Grundlage eines durch eine Wanddicken-Messeinrichtung (2-2, 9) vor dem Walzen ermittelten Wanddickenverlaufs (4) des zu walzenden Rohres, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuereinheit (1A, 1B) ferner ausgebildet ist zum Empfangen von Messwerten einer durch eine in Förderrichtung vor den Walzgerüsten (7) angeordneten Rohrposition-Messeinrichtung (8) kontinuierlich gemessenen aktuellen Längskoordinate (lx) des Rohres (6), und die Steuereinheit (1A, 1B) ferner ausgebildet ist, die Drehzahlen der Walzgerüste (7) während des Walzens des Rohres auch auf Grundlage der empfangenen Messwerte der aktuellen Längskoordinate (lx) des Rohres zu steuern, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.
8. Streckreduzierwalzwerk zum Walzen von Rohren, das mehrere in einer Förderrichtung eines zu walzenden Rohres hintereinander angeordnete Walzgerüste (7) aufweist, das gekoppelt oder versehen ist mit einer in der Förderrichtung vor den Walzgerüsten angeordneten Wanddicken-Messeinrichtung (2-2, 9) zum Ermitteln eines Wanddickenverlaufs (4) des zu walzenden Rohres (6) und mit einer Steuereinheit (1, 1A, 1B) zum Steuern jeweiliger Drehzahlen der Walzgerüste (7) während des Walzens des Rohres auf Grundlage des ermittelten Wanddickenverlaufs (4), um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Streckreduzierwalzwerk ferner gekoppelt oder versehen ist mit einer in der Förderrichtung vor den Walzgerüsten (7) angeordneten Rohrposition-Messeinrichtung (8) zum kontinuierlichen Messen einer aktuellen Längskoordinate (lx) des Rohres und zum Übertragen der Messwerte der aktuellen Längskoordinate (lx) des Rohres an die Steuereinheit (1A, 1B), und dass die Steuereinheit (1A, 1B) ferner ausgebildet ist, die Drehzahlen der Walzgerüste (7) während des Walzens des Rohres auch auf Grundlage der empfangenen Messwerte der aktuellen Längskoordinate (lx) des Rohres zu steuern, um Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.
9. Streckreduzierwalzwerk nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Förderweg des zu walzenden Rohres (6) von der Rohrposition-Messeinrichtung (8) zu einem in der Förderrichtung ersten

Walzgerüst (7-1) des Streckreduzierwalzwerks kürzer als eine Gesamtlänge (lges), bevorzugt als eine Hälfte der Gesamtlänge, besonders bevorzugt als ein Viertel der Gesamtlänge, des zu walzenden Rohres (6) ist.

10. Streckreduzierwalzwerk nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Förderweg des zu walzenden Rohres (6) von der Wanddicken-Messeinrichtung (9) zu einem in der Förderrichtung ersten Walzgerüst (7-1) des Streckreduzierwalzwerks kürzer als eine Gesamtlänge (lges), bevorzugt als eine Hälfte der Gesamtlänge, besonders bevorzugt als ein Viertel der Gesamtlänge, des zu walzenden Rohres (6) ist.
11. Streckreduzierwalzwerk nach einem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rohrposition-Messeinrichtung (8) und die Wanddicken-Messeinrichtung (9) ausgebildet sind zum gleichzeitigen Vermessen desselben zu walzenden Rohres (6) und bevorzugt als eine integrierte Vorrichtung (10) ausgebildet sind.
12. Streckreduzierwalzwerk nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Förderweg des zu walzenden Rohres zwischen der Wanddicken-Messeinrichtung (2-2) und der Rohrposition-Messeinrichtung (8) länger als eine Gesamtlänge (lges) des zu walzenden Rohres (6) ist.
13. Streckreduzierwalzwerk nach einem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Streckreduzierwalzwerk mit innerhalb des Streckreduzierwalzwerks und/oder in der Förderrichtung des Rohres hinter dem Streckreduzierwalzwerk angeordneten Sensoren gekoppelt oder versehen ist, und die Steuereinheit (1A, 1B) ausgebildet ist zum Steuern der Drehzahlen der Walzgerüste (7) auch auf Grundlage von Signalen der Sensoren, um während des Walzens Wanddickenschwankungen des Rohres zu kompensieren.

Claims

1. Method of controlling a stretch-reducing rolling mill for the rolling of tubes, which comprises a plurality of roll stands (7) arranged in succession in a conveying direction of a tube (6) to be rolled, wherein a wall thickness measuring device (2-2, 9) determines, prior to rolling, a wall thickness plot (4) of the tube (6) to be rolled, and during rolling of the tube a control unit (1, 1A, 1B) controls respective rotational speeds of the roll stands (7) on the basis the determined wall thickness plot (4) so as to provide compensation for wall thickness fluctuations of the tube, **characterised in that** a tube position measuring device (8),

which is arranged in front of the roll stands (7) in conveying direction, continuously measures an instantaneous longitudinal co-ordinate (lx) of the tube (6), the measurement values of the longitudinal co-ordinate (lx) of the tube (6) are transmitted to the control unit (1A, 1B) and the control unit (1A, 1B) during rolling of the tube controls the rotational speeds of the roll stands (7) also on the basis of the transmitted measurement values of the instantaneous longitudinal co-ordinate (x) of the tube so as to provide compensation for wall thickness fluctuations of the tube.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the control unit (1A, 1B) controls rolling of a first section of the tube on the basis of measurement values of the longitudinal co-ordinate (lx) of the tube, whilst the tube position measuring device (8) continuously measures the instantaneous longitudinal co-ordinate (lx) of the tube at a second section of the tube.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the control unit (1B) controls rolling of a first section of the tube, whilst the wall thickness measuring device (9) determines a wall thickness plot (4) at a second section of the tube.
4. Method according to any one of claims 1 to 3, **characterised in that** the measurement values, which are measured by the tube position measuring device (8), of the longitudinal co-ordinate (lx) of the tube are used for determination of the wall thickness plot (4) and for the transmission to the control unit (1B).
5. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the tube position measuring device (8) measures the longitudinal co-ordinate (lx) of the tube only when the wall thickness measuring device (2-2) has determined the wall thickness plot over the entire length (lges) of the tube (6) to be rolled.
6. Method according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** the control unit (1A, 1B) controls rotational speeds of the roll stands (7) also on the basis of signals of sensors, which are arranged within the stretch-reducing rolling mill and/or behind the stretch-reducing rolling mill in the conveying direction of the tube, so as to provide compensation for wall thickness fluctuations of the tube during the rolling.
7. Control unit (1A, 1B) for a stretch-reducing rolling mill for the rolling of tubes, which comprises a plurality of roll stands (7) arranged in succession in a direction of conveying of a tube (6) to be rolled, wherein the control unit (1A, 1B) is configured for controlling respective rotational speeds of the roll stands (7) on the basis of a wall thickness plot (4),

which is determined by a wall thickness measuring device (2-2, 9) prior to the rolling, of the tube to be rolled so as to provide compensation for wall thickness fluctuations of the tube, **characterised in that** the control unit (1A, 1B) is further configured for reception of measurement values of an instantaneous longitudinal co-ordinate (Ix), which is continuously measured by a tube position measuring device (8) arranged in front of the roll stands (7) in conveying direction, of the tube (6) and the control unit (1A, 1B) is further configured to control the rotational speeds of the roll stands (7), during rolling of the tube, also on the basis of the received measurement values of the instantaneous longitudinal co-ordinate (Ix) of the tube so as to provide compensation for roll thickness fluctuations of the tube.

8. Stretch-reducing rolling mill for the rolling of tubes, which comprises a plurality of roll stands (7) arranged in succession in a direction of conveying of a tube to be rolled, the rolling mill being coupled or provided with a wall thickness measuring device (2-2, 9), which is arranged in front of the roll stands in the conveying direction, for determining a wall thickness plot (4) of the tube (6) to be rolled and with a control unit (1, 1A, 1B) for controlling respective rotational speeds of the roll stands (7), during rolling of the tube, on the basis of the determined wall thickness plot (4) so as to provide compensation for wall thickness fluctuations in the tube, **characterised in that** the stretch-reducing rolling mill is further coupled or provided with a tube position measuring device (8), which is arranged in front of the roll stands (7) in the conveying direction, for continuous measurement of an instantaneous longitudinal co-ordinate (Ix) of the tube and for transmission of the measurement values of the instantaneous longitudinal co-ordinate (Ix) of the tube to the control unit (1A, 1B), and the control unit (1A, 1B) is further configured to control the rotational speeds of the roll stands (7), during rolling of the tube, also on the basis of the received measurement values of the instantaneous longitudinal co-ordinate (Ix) of the tube so as to provide compensation for wall thickness fluctuations of the tube.
9. Stretch-reducing rolling mill according to claim 8, **characterised in that** a conveying path of the tube (6), which is to be rolled, from the tube position measuring device (8) to a roll stand (7-1), which is first in the conveying direction, of the stretch-reducing rolling mill is shorter than an overall length (lges), preferably than half the overall length, particularly preferably than a quarter of the overall length, of the tube (6) to be rolled.
10. Stretch-reducing rolling mill according to claim 8 or 9, **characterised in that** a conveying path of the

tube (6), which is to be rolled, from the wall thickness measuring device (9) to a roll stand (7-1), which is first in the conveying direction, of the stretch-reducing rolling mill is shorter than an overall length (lges), preferably than half of the overall length, particularly preferably than a quarter of the overall length, of the tube (6) to be rolled.

11. Stretch-reducing rolling mill according to any one of claims 8 to 10, **characterised in that** the tube position measuring device (8) and the wall thickness measuring device (9) are configured for simultaneous measurement of the same tube (6) to be rolled and preferably are constructed as an integrated device (10).
12. Stretch-reducing rolling mill according to claim 8 or 9, **characterised in that** a conveying path of the tube, which is to be rolled, between the wall thickness measuring device (2-2) and the tube position measuring device (8) is longer than an overall length (lges) of the tube (6) to be rolled.
13. Stretch-reducing rolling mill according to any one of claims 8 to 11, **characterised in that** the stretch-reducing rolling mill is coupled or provided with sensors arranged within the stretch-reducing rolling mill and/or behind the stretch-reducing rolling mill in the conveying direction of the tube and the control unit (1A, 1B) is configured for controlling the rotational speeds of the roll stands (7) also on the basis of signals of the sensors so as to provide compensation for roll thickness fluctuations of the tube during the rolling.

Revendications

1. Procédé de commande d'un laminier étireur-réducteur destiné au laminage de tubes, comportant une pluralité de cages de laminier (7) disposées les unes derrière les autres dans une direction de transport d'un tube (6) à laminier, dans lequel un dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (2-2, 9) détermine une courbe de l'épaisseur de la paroi (4) du tube (6) à laminier avant le laminage, et une unité de commande (1, 1A, 1B) commande les vitesses de rotation respectives des cages de laminier (7) pendant le laminage du tube sur la base de la courbe de l'épaisseur de la paroi (4) déterminée, afin de compenser des variations d'épaisseur de la paroi du tube, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de mesure de la position du tube (8) disposé en amont des cages de laminier (7) dans le sens de transport mesure en continu une coordonnée longitudinale actuelle (Ix) du tube (6), les valeurs mesurées de la coordonnée longitudinale (Ix) du tube (6) sont transmises à l'unité de commande (1A, 1B), et l'unité de commande (1A,

- 1B) commande les vitesses de rotation des cages de laminoir (7) pendant le laminage du tube également sur la base des valeurs mesurées transmises de la coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube, afin de compenser les variations d'épaisseur de la paroi du tube. 5
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (1A, 1B) commande un laminage d'une première section du tube sur la base des valeurs mesurées de la coordonnée longitudinale (lx) du tube, tandis que le dispositif de mesure de la position du tube (8) mesure en continu la coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube au niveau d'une deuxième section du tube. 10 15
3. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (1B) commande un laminage d'une première section du tube, tandis que le dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (9) détermine une courbe de l'épaisseur de la paroi (4) sur une deuxième section du tube. 20
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les valeurs mesurées de la coordonnée longitudinale (lx) du tube, mesurées par le dispositif de mesure de la position du tube (8), sont utilisées pour la détermination de la courbe de l'épaisseur de la paroi (4) et pour la transmission à l'unité de commande (1B). 25 30
5. Procédé selon les revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure de la position du tube (8) ne mesure la coordonnée longitudinale (lx) du tube que lorsque le dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (2-2) a déterminé la courbe de l'épaisseur de la paroi sur la longueur totale (lges) du tube (6) à laminier. 35
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (1A, 1B) commande les vitesses de rotation des cages de laminoir (7) également sur la base de signaux provenant de capteurs disposés à l'intérieur du laminoir étireur-réducteur et/ou en aval du laminoir étireur-réducteur dans la direction de transport du tube, afin de compenser les variations d'épaisseur de la paroi du tube pendant le laminage. 40 45
7. Unité de commande (1A, 1B) pour un laminoir étireur-réducteur destiné au laminage de tubes, comportant une pluralité de cages de laminoir (7) disposées les unes derrière les autres dans une direction de transport d'un tube (6) à laminier, l'unité de commande (1A, 1B) étant conçue pour commander les vitesses de rotation respectives des cages de laminoir (7) sur la base d'une courbe de l'épaisseur de la paroi (4) du tube à laminier, déterminée au moyen d'un dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (2-2, 9) avant le laminage, afin de compenser les variations d'épaisseur de la paroi du tube, **caractérisé en ce que** l'unité de commande (1A, 1B) est en outre conçue pour recevoir des valeurs mesurées d'une coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube (6), mesurée en continu au moyen d'un dispositif de mesure de la position du tube (8) disposé en amont des cages de laminoir (7) dans le sens de transport, et l'unité de commande (1A, 1B) est en outre conçue pour commander les vitesses de rotation des cages de laminoir (7) pendant le laminage du tube également sur la base des valeurs mesurées reçues de la coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube, afin de compenser les variations d'épaisseur de la paroi du tube. 50
8. Laminoir étireur-réducteur destiné au laminage de tubes, comportant une pluralité de cages de laminoir (7) disposées les unes derrière les autres dans une direction de transport d'un tube (6) à laminier, qui est couplé ou pourvu d'un dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (2-2, 9) disposé dans la direction de transport en amont des cages de laminoir pour déterminer une courbe de l'épaisseur de la paroi (4) du tube (6) à laminier et d'une unité de commande (1, 1A, 1B) pour commander les vitesses de rotation respectives des cages de laminoir (7) pendant le laminage du tube sur la base de la courbe de l'épaisseur de la paroi (4) déterminée, afin de compenser des variations d'épaisseur de la paroi du tube, **caractérisé en ce que** le laminoir étireur-réducteur est, en outre, couplé ou pourvu d'un dispositif de mesure de la position du tube (8) disposé en amont des cages de laminoir (7) dans le sens de transport, pour mesurer en continu une coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube et pour transmettre les valeurs mesurées de la coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube à l'unité de commande (1A, 1B), et **en ce que** l'unité de commande (1A, 1B) est, en outre, conçue pour commander les vitesses de rotation des cages de laminoir (7) pendant le laminage du tube également sur la base des valeurs mesurées reçues de la coordonnée longitudinale actuelle (lx) du tube, afin de compenser les variations d'épaisseur de la paroi du tube. 55
9. Laminoir étireur-réducteur selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'un** trajet de transport du tube (6) à laminier depuis le dispositif de mesure de la position du tube (8) jusqu'à une première cage de laminoir (7-1) du laminoir étireur-réducteur dans la direction de transport est plus court que la longueur totale (lges), de préférence qu'une moitié de la longueur totale et, de manière particulièrement préférée, qu'un quart de la longueur totale du tube (6) à laminier.

10. Laminoir étireur-réducteur selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'un** trajet de transport du tube (6) à laminier depuis le dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (9) jusqu'à une première cage de laminoir (7-1) du laminoir étireur-réducteur dans la direction de transport est plus court que la longueur totale (lges), de préférence qu'une moitié de la longueur totale et, de manière particulièrement préférée, qu'un quart de la longueur totale du tube (6) à laminier. 5 10
11. Laminoir étireur-réducteur selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, **caractérisé en ce que** le dispositif de mesure de la position du tube (8) et le dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (9) sont conçus pour mesurer simultanément le même tube (6) à laminier et sont de préférence conçus comme un dispositif intégré (10). 15
12. Laminoir étireur-réducteur selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce qu'un** trajet de transport du tube à laminier entre le dispositif de mesure de l'épaisseur de la paroi (2-2) et le dispositif de mesure de la position du tube (8) est plus long qu'une longueur totale (lges) du tube (6) à laminier. 20 25
13. Laminoir étireur-réducteur selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, **caractérisé en ce que** le laminoir étireur-réducteur est couplé ou pourvu de capteurs disposés à l'intérieur du laminoir étireur-réducteur et/ou en aval du laminoir étireur-réducteur dans la direction de transport du tube, et l'unité de commande (1A, 1B) est conçue pour commander les vitesses de rotation des cages de laminoir (7) également sur la base de signaux provenant des capteurs, afin de compenser les variations d'épaisseur de la paroi du tube pendant le laminage. 30 35

40

45

50

55

Fig. 1

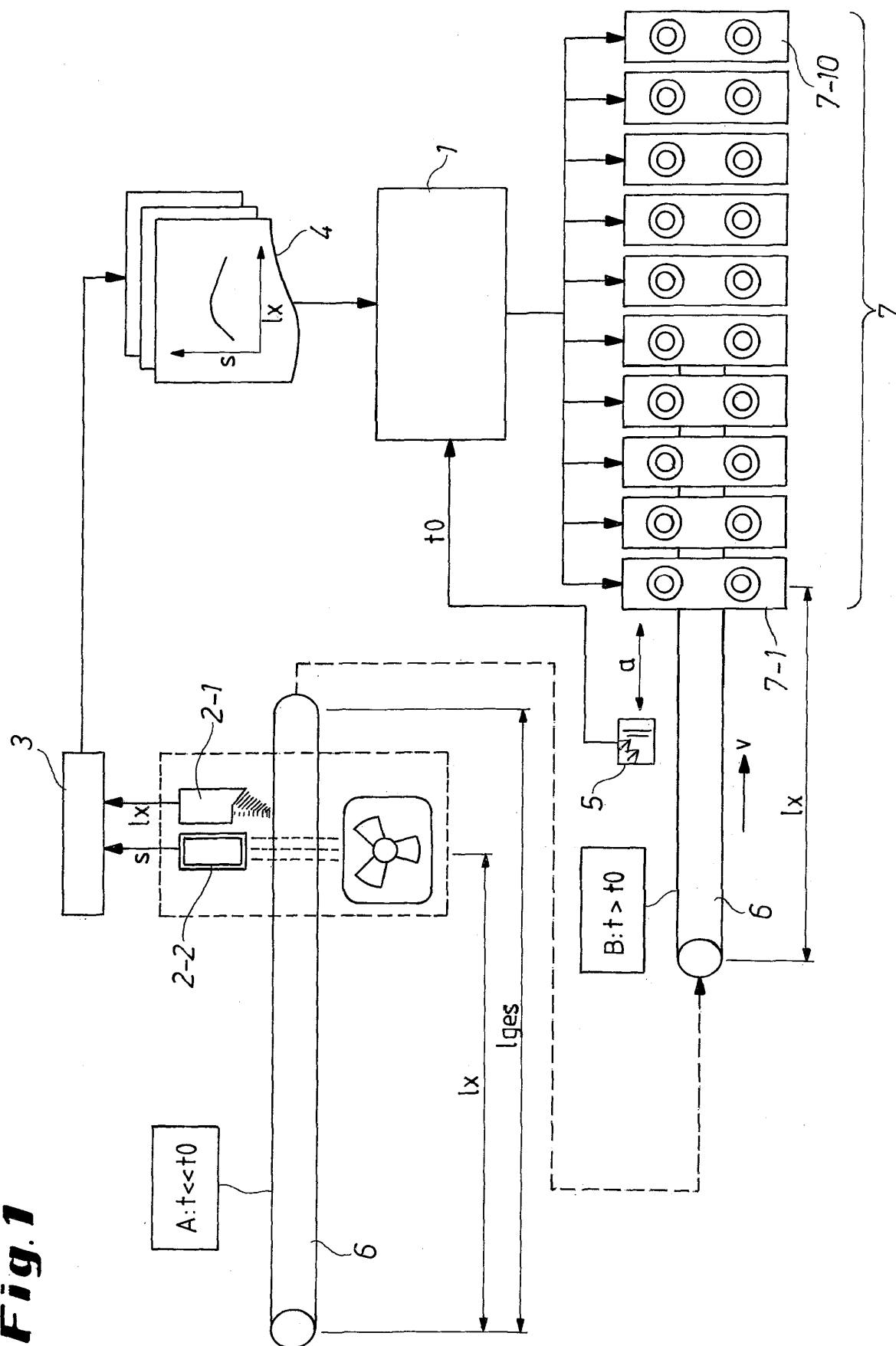


Fig. 2

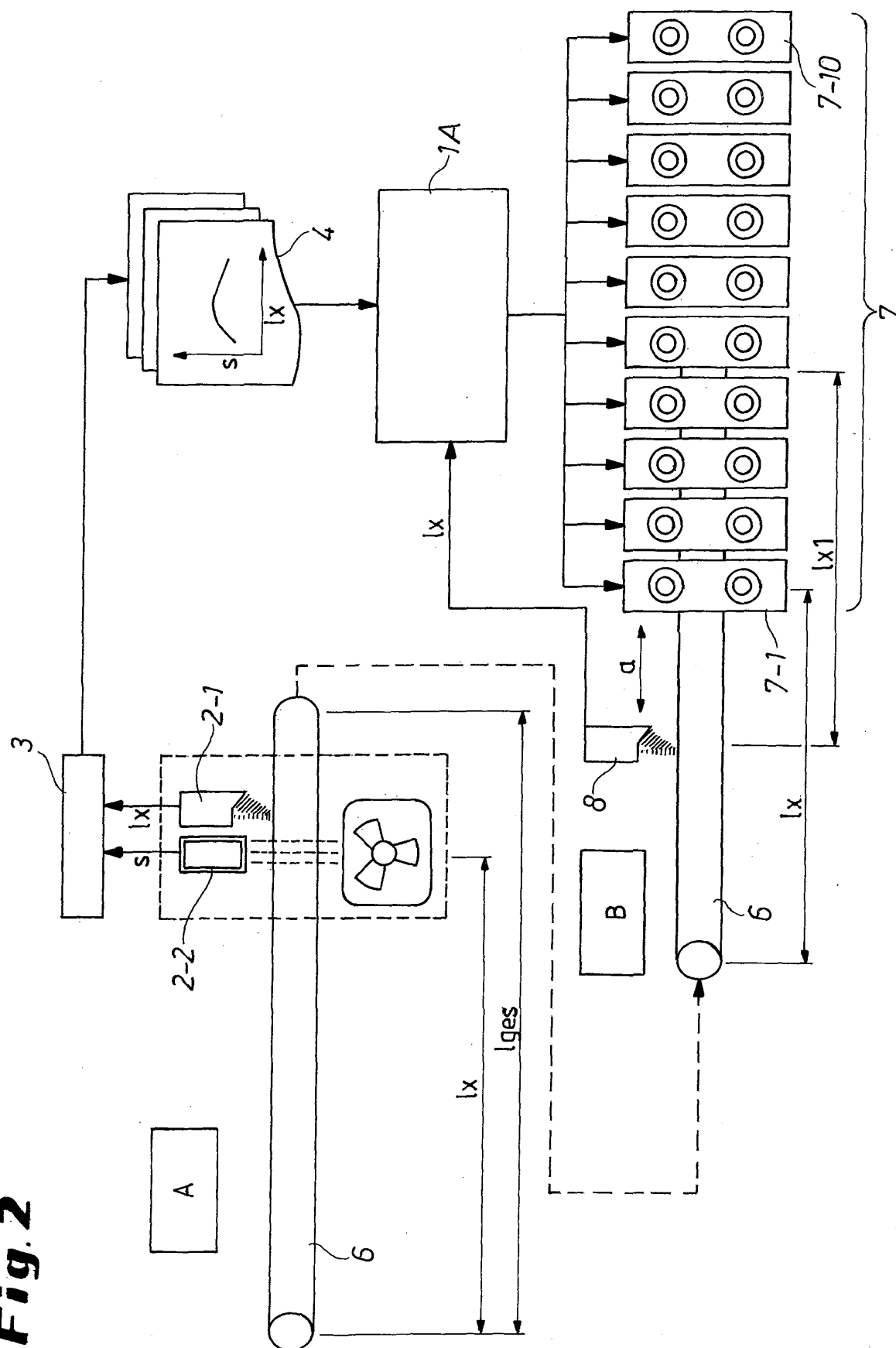
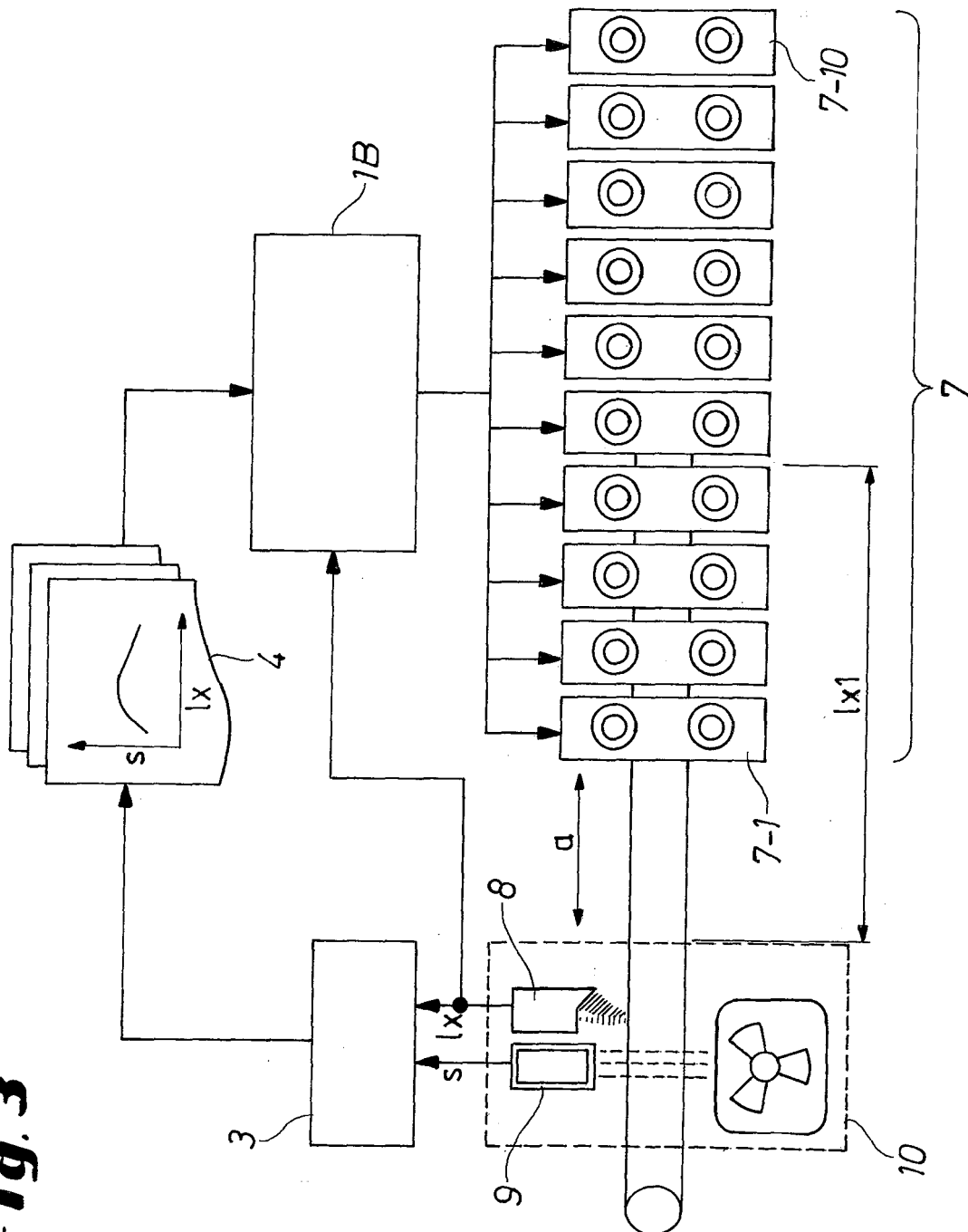


Fig. 3



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 2947233 A1 [0006]
- US 3496745 A [0007] [0008]