

(19)



(11)

EP 2 268 427 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
30.01.2013 Patentblatt 2013/05

(51) Int Cl.:
B21B 37/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09718646.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/052697

(22) Anmeldetag: **09.03.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/112443 (17.09.2009 Gazette 2009/38)

(54) **BETRIEBSVERFAHREN FÜR EINE KALTWALZSTRASSE MIT VERBESSERTER DYNAMIK**
OPERATING METHOD FOR A COLD-ROLLING LINE WITH IMPROVED DYNAMICS
PROCÉDÉ D'EXPLOITATION POUR UN TRAIN DE LAMINOIR À FROID AVEC DYNAMIQUE
AMÉLIORÉE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**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 TR**

(30) Priorität: **14.03.2008 DE 102008014304**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
05.01.2011 Patentblatt 2011/01

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

(72) Erfinder: **FELKL, Hans-Joachim
91301 Forchheim (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A-2006/136670 DE-A1- 3 821 280
DE-A1- 4 243 045 JP-A- 8 090 028**

EP 2 268 427 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 vorliegende Erfindung betrifft ein Betriebsverfahren für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße zum Walzen eines Bandes,

- wobei mittels einer Walzkrafterfassungseinrichtung eine Istwalzkraft eines letzten Walzgerüsts der Walzstraße erfasst und einer Kraftregeleinrichtung zugeführt wird,
- wobei die Kraftregeleinrichtung anhand der ihr zugeführten Istwalzkraft und einer Sollwalzkraft mindestens eine Stellgröße ermittelt und ausgibt,
- wobei mittels einer dem letzten Walzgerüst der Walzstraße unmittelbar nachgeordneten Dickenmesseinrichtung eine Istdicke des Bandes erfasst und einer Dickenregeleinrichtung zugeführt wird,
- wobei die Dickenregeleinrichtung auf das letzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße wirkt.

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm, wobei das Computerprogramm Maschinencode umfasst, der von einer Steuereinrichtung für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße unmittelbar ausführbar ist.

[0003] Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung einen Datenträger, auf dem in maschinenlesbarer Form ein Computerprogramm der obenstehend beschriebenen Art gespeichert ist.

[0004] Weiterhin betrifft die vorliegende Erfindung eine Steuereinrichtung für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße, wobei die Steuereinrichtung mit einem derartigen Computerprogramm programmiert ist.

[0005] Schließlich betrifft die vorliegende Erfindung eine mehrgerüstige Walzstraße,

- wobei die Kaltwalzstraße mehrere Walzgerüste aufweist, die im Betrieb der Kaltwalzstraße von einem Band nacheinander durchlaufen werden,
- wobei dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße eine Walzkrafterfassungseinrichtung zugeordnet ist, mittels derer eine Istwalzkraft des letzten Walzgerüsts erfassbar ist,
- wobei dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße eine Dickenmesseinrichtung, mittels derer eine Istdicke des Bandes erfassbar ist, unmittelbar nachgeordnet ist,
- wobei die Kaltwalzstraße eine Steuereinrichtung der obenstehend beschriebenen Art aufweist, die mit den Walzgerüsten der Kaltwalzstraße, der Walzkrafterfassungseinrichtung und der Dickenmesseinrichtung datentechnisch verbunden ist.

[0006] Die obenstehend beschriebenen Gegenstände sind allgemein bekannt. Rein beispielhaft wird auf die DE 42 43 045 A1 und die JP 08 090 028 A verwiesen.

[0007] Bei mehrgerüstigen Kaltwalzwerken wird üblicherweise die Banddicke hinter dem ersten und hinter dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße gemessen. Banddickenfehler, die in den dazwischen liegenden Walzgerüsten der Kaltwalzstraße auftreten, werden erst durch die Dickenmessung hinter dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße bemerkt. Die totzeitbehaftete auslaufseitige Monitorregelung der Kaltwalzstraße kann diese Fehler prinzipbedingt nur unvollständig ausregeln. Insbesondere im sogenannten Modus C, in dem das letzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße als Dressiergerüst mit konstanter Walzkraft betrieben wird, gestaltet sich die Ausregelung der Dickenfehler als schwierig. Der Grund besteht hierbei darin, dass die Monitorregelung auf das letzte walzspaltgeregelte Walzgerüst wirkt, d. h. auf das vorletzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße. Die Totzeit besteht somit aus der Transportzeit, die das Band vom vorletzten Walzgerüst der Walzstraße bis zur Dickenmesseinrichtung benötigt. Dadurch ist nur eine sehr geringe Reglerdynamik erreichbar.

[0008] Wie bereits erwähnt, wird im Dressiermodus C das letzte Walzgerüst der mehrgerüstigen Kaltwalzstraße mit konstanter Walzkraft betrieben. Zu diesem Zweck ist die Anstellung des letzten Walzgerüsts kraftgeregelt. Auf Grund der Walzkraftregelung reagiert das letzte Walzgerüst auf Dickenfehler des Bandes dadurch, dass es entsprechend nachgibt. Die Banddickenfehler durchlaufen das letzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße somit ungedämpft. Die auslaufseitige Monitorregelung, d. h. die Dickenmesseinrichtung hinter der Kaltwalzstraße, verändert bei Bedarf die Stichabnahme des vorletzten Walzgerüsts der Kaltwalzstraße. Auf Grund der großen Totzeit zwischen dem Stelleingriff am vorletzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße und der nachfolgenden Messung mittels der Dickenmesseinrichtung können jedoch nur niederfrequente Störungen ausreichend ausgeglichen werden.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, Möglichkeiten zu schaffen, mittels derer Dickenfehler im gewalzten Band mit höherer Dynamik ausregelbar sind.

[0010] Die Aufgabe wird verfahrenstechnisch durch ein Betriebsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Betriebsverfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche 2 bis 15.

[0011] Erfindungsgemäß ist bei einem Betriebsverfahren der obenstehend beschriebenen Art vorgesehen,

- dass mittels einer dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße unmittelbar vorgeordneten weiteren Dickenmesseinrichtung eine weitere Istdicke des Bandes erfasst wird,

- dass mittels Geschwindigkeitserfassungseinrichtungen Geschwindigkeiten erfasst werden, mit denen das Band in das letzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße einläuft und aus dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße ausläuft,
- dass die erfassten Geschwindigkeiten und eine vorbestimmte Enddicke, die das Band hinter dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße aufweisen soll, einer Sollwertermittlungseinrichtung zugeführt werden,
- dass die Sollwertermittlungseinrichtung in Abhängigkeit von den ihr zugeführten Größen eine Solldicke ermittelt und
- dass einer auf das vorletzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße wirkenden weiteren Dickenregelung die Solldicke als Sollwert und die weitere Istdicke als Istwert zugeführt werden.

[0012] Eine vorteilhafte Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung besteht darin,

- dass die Dickenregelung einen Sollwert für eine Verstelleinrichtung für den Walzspalt des letzten Walzgerüsts der Kaltwalzstraße ermittelt und einer Walzspaltregelung als Sollwert zuführt,
- dass der Walzspaltregelung weiterhin als Istwert ein Stellweg der Verstelleinrichtung zugeführt wird,
- dass die Walzspaltregelung anhand der ihr zugeführten Größen einen Stellbefehl zum Verstellen der Verstelleinrichtung ermittelt und an die Verstelleinrichtung ausgibt und
- dass die Dickenregelung eine Stellgröße für die Walzengeschwindigkeit des letzten Walzgerüsts der Kaltwalzstraße ermittelt und an das letzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße ausgibt.

[0013] Vorzugsweise wird der Walzspaltregelung als Zusatzsollwert weiterhin ein Exzentrizitätskompensationswert zugeführt. Durch diese Maßnahme können exzentrizitätsbedingte Banddickenfehler kompensiert werden.

[0014] Vorzugsweise ist weiterhin vorgesehen, dass die von der Kraftregelung ausgegebene Stellgröße der Walzspaltregelung als zusätzlicher Sollwert zugeführt wird. Durch diese Ausgestaltung ist die Kraftregelung der Walzspaltregelung überlagert, so dass im Ergebnis das letzte Walzgerüst der Kaltwalzstraße direkt kraftgeregelt betrieben wird.

[0015] Alternativ ist es möglich,

- dass die von der Kraftregelung ausgegebene Stellgröße auf die Walzengeschwindigkeit des vorletzten Walzgerüsts der Kaltwalzstraße wirkt,
- dass ein im Band zwischen dem letzten Walzgerüst und dem vorletzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße herrschender Bandzug erfasst und mittels einer Zugregelung auf einen Sollzug geregelt wird und
- dass die Zugregelung auf die Walzspaltregelung wirkt.

[0016] In diesem Fall ergibt sich eine indirekte Kraftregelung des letzten Walzgerüsts der Kaltwalzstraße.

[0017] In einer bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist weiterhin vorgesehen,

- dass der Sollwertermittlungseinrichtung auch die Istdicke zugeführt wird und
- dass die Sollwertermittlungseinrichtung die Istdicke bei der Ermittlung der Solldicke berücksichtigt.

[0018] Durch diese Ausgestaltung werden noch bessere Regelergebnisse erzielt.

[0019] Es ist möglich, die weitere Dickenmessenrichtung auf konventionelle Art und Weise auszugestalten. Alternativ ist es möglich, dass die weitere Dickenmessenrichtung die weitere Istdicke des Bandes indirekt anhand einer vor dem vorletzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße erfassten Geschwindigkeit des Bandes, einer bekannten korrespondierenden Istdicke des Bandes und einer erfassten Geschwindigkeit des Bandes zwischen dem vorletzten und dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße ermittelt.

[0020] Die Aufgabe wird weiterhin programmtechnisch durch ein Computerprogramm mit den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst. In diesem Fall umfasst das Computerprogramm Maschinencode, der von einer Steuereinrichtung für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße unmittelbar ausführbar ist. Die Ausführung des Maschinencodes durch die Steuereinrichtung bewirkt, dass die Steuereinrichtung die obenstehend erwähnten Regeleinrichtungen realisiert, die obenstehend erwähnten Erfassungs- und Messeinrichtungen ansteuert und die obenstehend erwähnten Stellelemente ansteuert. Im Ergebnis wird dadurch erreicht, dass die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung gemäß einem Betriebsverfahren der obenstehend beschriebenen Art betrieben wird.

[0021] Die Aufgabe wird weiterhin durch einen Datenträger gelöst, auf dem in maschinenlesbarer Form ein Computerprogramm der zuletzt beschriebenen Art gespeichert ist.

[0022] Einrichtungstechnisch wird die Aufgabe durch eine Steuereinrichtung für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße gelöst, wobei die Steuereinrichtung mit einem Computerprogramm der obenstehend beschriebenen Art programmiert ist. Dadurch ist die Steuereinrichtung in der Lage, die entsprechenden Regeleinrichtungen zu realisieren, die entsprechenden Erfassungs- und Messeinrichtungen anzusteuern und die entsprechenden Stellelemente anzusteuern, so dass im Ergebnis die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung gemäß einem Betriebsverfahren der obenstehend beschrie-

benen Art betrieben wird.

[0023] Anlagentechnisch wird die Aufgabe durch eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Die mehrgerüstige Kaltwalzstraße weist mehrere Walzgerüste auf, die im Betrieb der Kaltwalzstraße von einem Band nacheinander durchlaufen werden. Dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße ist eine Walzkrafterfassungseinrichtung zugeordnet, mittels derer eine Istwalzkraft des letzten Walzgerüsts erfassbar ist. Dem letzten Walzgerüst der Kaltwalzstraße ist eine Dickenmesseinrichtung, mittels derer eine Istdicke des Bandes erfassbar ist, unmittelbar nachgeordnet. Die Kaltwalzstraße weist eine Steuereinrichtung der obenstehend beschriebenen Art auf, die mit den Walzgerüsten der Kaltwalzstraße, der Walzkrafterfassungseinrichtung und der Dickenmesseinrichtung datentechnisch verbunden ist, so dass die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung gemäß einem Betriebsverfahren der obenstehend beschriebenen Art betrieben werden.

[0024] Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit den Zeichnungen. Es zeigen in Prinzipdarstellung:

FIG 1 eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße,

FIG 2 bis 4 mögliche Ausgestaltungen eines Ausschnitts der Kaltwalzstraße von FIG 1 und

FIG 5 eine mögliche Ausgestaltung einer Dickenmesseinrichtung.

[0025] Gemäß FIG 1 weist eine Kaltwalzstraße mehrere Walzgerüste 1 bis 4 auf, die im Betrieb der Kaltwalzstraße von einem Band 5 nacheinander durchlaufen werden. Rein beispielhaft weist hierbei die Kaltwalzstraße vier derartiger Walzgerüste 1 bis 4 auf. Die Anzahl an Walzgerüsten 1 bis 4 könnte jedoch alternativ auch größer oder kleiner sein.

[0026] Die Kaltwalzstraße weist weiterhin eine Steuereinrichtung 6 auf. Die Steuereinrichtung 6 ist mit den Walzgerüsten 1 bis 4 der Kaltwalzstraße datentechnisch verbunden. Die Steuereinrichtung 6 betreibt die Kaltwalzstraße gemäß einem der Betriebsverfahren, die nachfolgend in Verbindung mit den FIG 2 bis 4 näher erläutert werden. Hierbei wird im Rahmen der FIG 2 bis 4 insbesondere auf den Betrieb des letzten Walzgerüsts 4 und des vorletzten Walzgerüsts 3 der Kaltwalzstraße näher eingegangen. Die übrigen Walzgerüste 1, 2 der Kaltwalzstraße können auf an sich bekannte Art und Weise betrieben werden.

[0027] Die Steuereinrichtung 6 ist in der Regel als programmierbare Steuereinrichtung 6 ausgebildet, die im Betrieb ein Computerprogramm 7 ausführt. Das Computerprogramm 7 umfasst hierbei Maschinencode 8, der von der Steuereinrichtung 6 unmittelbar ausführbar ist. Die Ausführung des Maschinencodes 8 bewirkt in diesem Fall, dass die Steuereinrichtung 6 die Kaltwalzstraße entsprechend einem erfindungsgemäßen Betriebsverfahren betreibt.

[0028] Das Computerprogramm 7 kann bereits bei der Herstellung der Steuereinrichtung 6 in der Steuereinrichtung 6 hinterlegt worden sein. Alternativ ist es möglich, das Computerprogramm 7 der Steuereinrichtung 6 über eine Rechner-Rechner-Verbindung zuzuführen. Die Rechner-Rechner-Verbindung ist in FIG 1 hierbei nicht dargestellt. Sie kann beispielsweise als Anbindung an ein LAN oder an das Internet ausgebildet sein. Wiederum alternativ ist es möglich, das Computerprogramm 7 auf einem Datenträger 9 in maschinenlesbarer Form zu speichern und das Computerprogramm 7 der Steuereinrichtung 6 über den Datenträger 9 zuzuführen. Die Ausgestaltung des Datenträgers 9 ist hierbei beliebiger Natur. Beispielsweise ist es möglich, dass der Datenträger 9 als USB-Memorystick oder als Speicherkarte ausgebildet ist. Dargestellt ist in FIG 1 eine Ausgestaltung des Datenträgers 9 als CD-ROM.

[0029] Gemäß FIG 2 ist in einer ersten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße eine Dickenmesseinrichtung 10 unmittelbar nachgeordnet. Mittels der Dickenmesseinrichtung 10 wird eine Istdicke d erfasst, die das Band 5 am Ort der Dickenmesseinrichtung 10 aufweist. Die Dickenmesseinrichtung 10 führt die von ihr erfasste Istdicke d einer Dickenregeleinrichtung 11 zu. Die Dickenregeleinrichtung 11 wirkt auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße.

[0030] Insbesondere ermittelt die Dickenregeleinrichtung 11 einen Sollwert s^* für eine Verstelleinrichtung 12. Mittels der Verstelleinrichtung 12 ist ein Walzspalt des letzten Walzgerüsts 4 der Kaltwalzstraße einstellbar. Den ermittelten Sollwert s^* führt die Dickenregeleinrichtung 11 einer Walzspaltregeleinrichtung 13 als Sollwert s^* zu.

[0031] Der Walzspaltregeleinrichtung 13 wird weiterhin als Istwert s ein Stellweg s der Verstelleinrichtung 12 zugeführt. Die Walzspaltregeleinrichtung 13 ermittelt anhand der ihr zugeführten Größen s^* , s einen Stellbefehl Q zum Verstellen der Verstelleinrichtung 12. Sie gibt den Stellbefehl Q an die Verstelleinrichtung 12 aus.

[0032] Gemäß FIG 2 ist die Verstelleinrichtung 12 als Hydraulikzylindereinrichtung ausgebildet. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich. Entscheidend ist lediglich, dass die Verstelleinrichtung 12 unter Last verstellbar ist.

[0033] Weiterhin ermittelt die Dickenregeleinrichtung 11 eine weitere Stellgröße δv^* , welche auf die Walzengeschwindigkeit des letzten Walzgerüsts 4 der Kaltwalzstraße wirkt.

[0034] Gemäß FIG 2 ist weiterhin dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße eine Walzkrafterfassungseinrichtung 14 zugeordnet. Mittels der Walzkrafterfassungseinrichtung 14 wird eine Istwalzkraft F des letzten Walzgerüsts 4 der Kaltwalzstraße erfasst und einer Kraftregeleinrichtung 15 zugeführt. Die Walzkraftregeleinrichtung 15 ermittelt anhand

der ihr zugeführten Istwalzkraft F und einer Sollwalzkraft F^* eine Stellgröße $\delta s1^*$ und gibt diese Stellgröße $\delta s1^*$ aus. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß FIG 2 wird hierbei die von der Kraftregelungseinrichtung 15 ausgegebene Stellgröße $\delta s1^*$ der Walzspaltregelungseinrichtung 13 als zusätzlicher Sollwert $\delta s1^*$ zugeführt.

[0035] Gemäß FIG 2 wird der Walzspaltregelungseinrichtung 13 als weiterer Zusatzsollwert $\delta s2^*$ weiterhin ein Exzentrizitätskompensationswert $\delta s2^*$ zugeführt. Diese Ausgestaltung ist bevorzugt, jedoch nicht zwingend erforderlich.

[0036] Auf Grund der obenstehend in Verbindung mit FIG 2 beschriebenen möglichen Ausgestaltung der Kaltwalzstraße wird eine verbesserte Dynamik erreicht, weil die Dickenregelungseinrichtung 11 dynamisch auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße wirkt. Dies steht im Gegensatz zum Stand der Technik, in dem zwar ebenfalls die Dickenregelungseinrichtung 10 hinter dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße angeordnet ist, die Dickenregelungseinrichtung 11 jedoch auf das vorletzte Walzgerüst 3 der Kaltwalzstraße wirkt.

[0037] Die obenstehend in Verbindung mit FIG 2 erläuterte Vorgehensweise kann weiter verbessert werden. Insbesondere ist es gemäß FIG 2 möglich, dass dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße eine weitere Dickenregelungseinrichtung 16 unmittelbar vorgeordnet ist. Mittels der weiteren Dickenregelungseinrichtung 16 wird eine weitere Istdicke d' erfasst, die das Band 5 am Ort der weiteren Dickenregelungseinrichtung 16 aufweist. Die weitere Istdicke d' wird gemäß FIG 2 ebenfalls der Dickenregelungseinrichtung 11 zugeführt. Die Dickenregelungseinrichtung 11 ist daher in der Lage, die weitere Istdicke d' bei der Ermittlung des Sollwerts s^* zu berücksichtigen. Im Ergebnis wird somit anhand der erfassten weiteren Istdicke d' die auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße wirkende Stellgröße Q variiert. Die anhand der weiteren Istdicke d' variierte Stellgröße s^* wirkt somit auf die Walzspaltregelungseinrichtung 13.

[0038] Gemäß FIG 2 wird weiterhin ein Bandzug Z erfasst, der zwischen dem letzten Walzgerüst 4 und dem vorletzten Walzgerüst 3 der Kaltwalzstraße im Band 5 herrscht. Der Bandzug Z sowie ein Sollzug Z^* werden einer Zugregelungseinrichtung 17 zugeführt, welche den Bandzug Z auf den Sollzug Z^* regelt. Die Zugregelungseinrichtung 17 kann hierbei insbesondere auf die Walzengeschwindigkeit des vorletzten Walzgerüsts 3 der Kaltwalzstraße wirken. Alternativ ist es möglich, wie in FIG 2 gestrichelt angedeutet, dass die Zugregelungseinrichtung 17 auf die Walzengeschwindigkeit des letzten Walzgerüsts 4 der Kaltwalzstraße wirkt.

[0039] Alternativ zu der Ausgestaltung gemäß FIG 2 ist es möglich, die Kaltwalzstraße gemäß einem Betriebsverfahren zu betreiben, das nachfolgend in Verbindung mit FIG 3 näher erläutert wird. Im Rahmen der FIG 3 wird hierbei zunächst auf die Gemeinsamkeiten mit der Ausgestaltung gemäß FIG 2 eingegangen, danach auf die Unterschiede.

[0040] Auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 3 ist die Dickenregelungseinrichtung 10 dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße nachgeordnet. Die Dickenregelungseinrichtung 10 erfasst die Istdicke d des Bandes 5 hinter dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße und führt die Istdicke d der Dickenregelungseinrichtung 11 zu. Die Dickenregelungseinrichtung 11 wirkt auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße.

[0041] Weiterhin ermittelt auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 3 die Dickenregelungseinrichtung 11 den Sollwert s^* für die Verstelleinrichtung 12 und führt ihn der Walzspaltregelung 13 als Sollwert s^* zu. Die Walzspaltregelungseinrichtung 13 nimmt den Sollwert s^* und den korrespondierenden Istwert s entgegen und ermittelt auf die gleiche Weise wie zuvor beschrieben den Stellbefehl Q zum Verstellen der Verstelleinrichtung 12. Weiterhin ist auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 3 die Walzkrafterfassungseinrichtung 14 vorhanden, welche die Istwalzkraft F des letzten Walzgerüsts 4 erfasst und der Kraftregelungseinrichtung 15 zuführt. Die Kraftregelungseinrichtung 15 ermittelt wie zuvor anhand der ihr zugeführten Istwalzkraft F und der ihr ebenfalls zugeführten Sollwalzkraft F^* eine Stellgröße δv^* und gibt diese Stellgröße δv^* aus. Im Unterschied zu der Ausgestaltung gemäß FIG 2 wirkt die von der Kraftregelungseinrichtung 15 ausgegebene Stellgröße δv^* jedoch auf die Walzengeschwindigkeit des vorletzten Walzgerüsts 3 der Kaltwalzstraße.

[0042] Weiterhin ist auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 3 vorgesehen, dass die Dickenregelungseinrichtung 11 eine weitere Stellgröße δv^* ermittelt, welche auf die Walzengeschwindigkeit des letzten Walzgerüsts 4 der Kaltwalzstraße wirkt. Analog zu der Ausgestaltung gemäß FIG 2 wird der Bandzug Z zwischen dem letzten Walzgerüst 4 und dem vorletzten Walzgerüst 3 der Kaltwalzstraße erfasst und der Zugregelungseinrichtung 17 zugeführt. Die Zugregelungseinrichtung 17 regelt den Bandzug Z auf den Sollzug Z^* . Weiterhin ist bei der Ausgestaltung gemäß FIG 3 vorgesehen, dass die Zugregelungseinrichtung 17 auf die Walzspaltregelungseinrichtung 13 wirkt.

[0043] Durch die Ausgestaltung gemäß FIG 3 ergibt sich im Ergebnis die gleiche Wirkung wie durch die Ausgestaltung von FIG 2. Denn die Dickenregelungseinrichtung 11 wirkt auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße, so dass die Totzeit verringert und die Dynamik daher verbessert wird.

[0044] Auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 3 sind verschiedene vorteilhafte Ausgestaltungen möglich. Insbesondere ist es - analog zu FIG 2 - weiterhin möglich, der Walzspaltregelungseinrichtung 13 als Zusatzsollwert $\delta s2^*$ den Exzentrizitätskompensationswert $\delta s2^*$ zuzuführen.

[0045] Weiterhin ist es möglich, dass mittels der weiteren Dickenregelungseinrichtung 16 die weitere Istdicke d' des Bandes 5 erfasst und der Dickenregelungseinrichtung 11 zugeführt wird. Auch in diesem Fall kann die Dickenregelungseinrichtung 11 anhand der erfassten weiteren Istdicke d' des Bandes 5 eine auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße wirkende Stellgröße s^* variieren.

[0046] Weiterhin ist es möglich, die Kaltwalzstraße gemäß einem Betriebsverfahren zu betreiben, das nachfolgend in Verbindung mit FIG 4 näher erläutert wird. Die Betriebsweise gemäß FIG 4 ist hierbei alternativ oder zusätzlich zu

einer der Ausgestaltungen der FIG 2 und 3 möglich.

[0047] Auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 ist die Dickenmessenrichtung 10 dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße unmittelbar nachgeordnet. Ferner ist weiterhin die Dickenregelrichtung 11 vorhanden, der die Iststärke d des Bandes 5 zugeführt wird. Die Dickenregelrichtung 11 wirkt bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 weiterhin auf das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße.

[0048] Bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 ist - analog zu den Ausgestaltungen gemäß den FIG 2 und 3 - die Walzkrafterfassungseinrichtung 14 vorhanden, welche die Istwalzkraft F des letzten Walzgerüsts 4 erfasst und der Kraftregelrichtung 15 zuführt. Die Kraftregelrichtung 15 ermittelt (wie zuvor) anhand der ihr zugeführten Istwalzkraft F und einer Sollwalzkraft F^* eine Stellgröße $\delta s1^*$ und gibt die Stellgröße $\delta s1^*$ aus. Die Stellgröße $\delta s1^*$ wirkt - analog zu der Ausgestaltung gemäß FIG 2 - auf die Walzspaltregelrichtung 13.

[0049] Weiterhin wird bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 mittels der dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße unmittelbar vorgeordneten weiteren Dickenmessenrichtung 16 die weitere Iststärke d' des Bandes 5 erfasst und einer weiteren Dickenregelrichtung 11' als Istwert d' zugeführt. Die weitere Dickenregelrichtung 11' wirkt hierbei auf das vorletzte Walzgerüst 3 der Kaltwalzstraße.

[0050] Die weitere Dickenregelrichtung 11 benötigt zum ordnungsgemäßen Regeln nicht nur die weitere Iststärke d' , sondern auch eine Sollstärke d^* . Die Sollstärke d^* wird mittels einer Sollwertermittlungseinrichtung 18 ermittelt. Zu diesem Zweck sind Geschwindigkeitserfassungseinrichtungen 19, 20 vorhanden. Mittels der Geschwindigkeitserfassungseinrichtungen 19, 20 werden Geschwindigkeiten v' , v erfasst, mit denen das Band 5 in das letzte Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße einläuft und aus dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße ausläuft. Die erfassten Geschwindigkeiten v' , v und eine Endstärke d^* , die das Band 5 hinter den letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße aufweisen soll, werden der Sollwertermittlungseinrichtung 18 zugeführt. Die Sollwertermittlungseinrichtung 18 ermittelt in Abhängigkeit von den ihr zugeführten Größen d^* , d , v' , v die Sollstärke d^* und führt sie der Dickenregelrichtung 11 als Sollwert d^* zu.

[0051] Die Formel zum Ermitteln der Sollstärke d^* ergibt sich anhand der Kontinuitätsgleichung. Denn es soll gelten

$$d'^* \cdot v' = d^* \cdot v \quad (1)$$

[0052] Die Geschwindigkeiten v , v' können auf verschiedene Arten ermittelt werden. Beispielsweise ist es möglich, dass dem letzten Walzgerüst 4 gemäß FIG 1 ein S-Rollensatz 21 nachgeordnet ist und die Umfangsgeschwindigkeit der Rollen des S-Rollensatzes 21 erfasst wird. Diese Geschwindigkeit v korrespondiert sehr gut mit der auslaufseitigen Geschwindigkeit des Bandes 5 hinter dem letzten Walzgerüst 4. Für die Erfassung der Geschwindigkeit v' des Bandes 5 zwischen dem letzten und dem vorletzten Walzgerüst 4, 3 ist es beispielsweise möglich, die Umfangsgeschwindigkeit einer Zugmessrolle 22 zu ermitteln. Es sind jedoch alternativ andere Vorgehensweise möglich.

[0053] Auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 kann der Walzspaltregelrichtung 13 als Zusatzsollwert $\delta s2^*$ weiterhin der Exzentrizitätskompensationswert $\delta s2^*$ zugeführt werden.

[0054] Auch bei der Ausgestaltung gemäß FIG 4 ist eine höhere Dynamik erreichbar als im Stand der Technik. Denn die weitere Dickenregelrichtung 11' wirkt zwar analog zum Stand der Technik auf das vorletzte Walzgerüst 3 der Kaltwalzstraße. In Gegensatz zum Stand der Technik ist jedoch die zugehörige Dickenmessenrichtung 16 nicht hinter dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße angeordnet, sondern vor dem letzten Walzgerüst 4 der Kaltwalzstraße.

[0055] Als weitere Ausgestaltung des Betriebsverfahrens gemäß FIG 4 ist es möglich, auch die Iststärke d der Sollwertermittlungseinrichtung 18 zuzuführen. In diesem Fall kann die Sollwertermittlungseinrichtung 18 die Iststärke d bei der Ermittlung der Sollstärke d^* berücksichtigen.

[0056] Die Dickenmessenrichtung 10, mittels derer die Iststärke d des Bandes 5 hinter dem letzten Walzgerüst 4 ermittelt wird, ist vorzugsweise als konventionelle Dickenmessenrichtung ausgebildet. Auch die weitere Dickenmessenrichtung 16, mittels derer die Iststärke d' des Bandes 5 zwischen dem vorletzten und dem letzten Walzgerüst 3, 4 der Kaltwalzstraße ermittelt wird, kann auf konventionelle Weise ausgebildet sein. Nachfolgend wird in Verbindung mit FIG 5 jedoch eine alternative Ausgestaltung dieser Dickenmessenrichtung 16 erläutert.

[0057] Gemäß FIG 5 wird die Geschwindigkeit v' des Bandes 5 zwischen dem vorletzten und dem letzten Walzgerüst 3, 4 der Kaltwalzstraße erfasst. Beispielsweise kann die Umfangsgeschwindigkeit der Zugmessrolle 22 erfasst werden. Alternativ kann beispielsweise die Umfangsgeschwindigkeit der Walzen des vorletzten Walzgerüsts 3 der Kaltwalzstraße erfasst werden und die Geschwindigkeit v' des Bandes 5 zwischen dem vorletzten und dem letzten Walzgerüst 3, 4 der Kaltwalzstraße durch Berücksichtigung der Voreilung ermittelt werden.

[0058] Weiterhin wird an einer dem vorletzten Walzgerüst 3 vorgeordneten Stelle - dies kann alternativ eine Stelle zwischen dem vorletzten und dem drittletzten Walzgerüst 3, 2 oder eine noch weiter vom vorletzten Walzgerüst 3 entfernte Stelle sein - eine Geschwindigkeit v_0 des Bandes 5 und die an dieser Stelle vorhandene Bandstärke d_0 erfasst und der weiteren Dickenmessenrichtung 16 zugeführt. Beispielsweise kann mittels einer zusätzlichen Dickenmessenrichtung 23 eingangsseitig der Kaltwalzstraße eine Eingangsstärke d_0 des Bandes 5 erfasst werden. In analoger Weise

kann eingangsseitig der Kaltwalzstraße - beispielsweise durch Erfassung der Umfangsgeschwindigkeit von Rollen eines vorgeordneten S-Rollensatzes 24 - eine korrespondierende eingangsseitige Bandgeschwindigkeit v_0 erfasst werden.

[0059] Die jeweiligen Stellen des Bandes 4, für welche die Eingangsdicken d_0 erfasst wurden, werden durch die Kaltwalzstraße hindurch wegverfolgt. Zum korrekten Zeitpunkt wird mittels der weiteren Dickenmesseinrichtung 16 die weitere Istdicke d' ermittelt. Die Ermittlung erfolgt hierbei anhand der Beziehung

$$d' \cdot v' = d_0 \cdot v_0 \quad (2)$$

v_0 und v' sind hierbei die aktuell erfassten Geschwindigkeiten. d_0 ist die Anfangsdicke d_0 des Bandes 5, mit der die momentan aus dem vorletzten Walzgerüst 3 auslaufende Stelle des Bandes 5 von der zusätzlichen Dickenmesseinrichtung 23 erfasst wurde.

[0060] Die verschiedenen Regeleinrichtungen 11, 11', 13, 15 und 17 und auch die Sollwertermittlungseinrichtung 18 sind in der Regel softwarerealisiert. Sie sind also Teile des Computerprogramms 7. Die Ausführung des Computerprogramms 7 durch die Steuereinrichtung 6 bewirkt daher, dass die Steuereinrichtung 6 die entsprechenden Regeleinrichtungen 11, 11', 13, 15 und 17 sowie die Sollwertermittlungseinrichtung 18 realisiert. Weiterhin steuert die Steuereinrichtung 6 auf Grund der Ausführung des Maschinencodes 8 die Erfassungseinrichtungen 14, 19, 20 und die Stellelemente 12 (und andere) an. Im Ergebnis wird daher die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung 6 gemäß einem der obenstehend erläuterten Betriebsverfahren betrieben. Weiterhin ist die Steuereinrichtung 6 selbstverständlich auch mit den genannten Einrichtungen 10, 12, 14, 16, 19, 20 usw. datentechnisch verbunden.

[0061] Die vorliegende Erfindung weist viele Vorteile auf. Insbesondere wird der im Stand der Technik für unauflösbar gehaltene Widerspruch "konstante Walzkraftregelung am letzten Walzgerüst 4 für den Dressierbetrieb" und "Nutzung der Stellwirkung der Anstellung des letzten Walzgerüsts 4 für die Bedämpfung von Dickenfehlern" erfindungsgemäß gelöst. Es wird sowohl den Anforderungen an einen Dressierbetrieb Rechnung getragen als auch den Anforderungen an die Maßhaltigkeit des gefertigten Bandes 5. Dennoch wird eine gegenüber dem Stand der Technik bisher nicht für möglich gehaltene Dynamik erreicht.

[0062] Die obige Beschreibung dient ausschließlich der Erläuterung der vorliegenden Erfindung. Der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung soll hingegen ausschließlich durch die beigefügten Ansprüche bestimmt sein.

Patentansprüche

1. Betriebsverfahren für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße zum Walzen eines Bandes (5),

- wobei mittels einer Walzkrafterfassungseinrichtung (14) eine Istwalzkraft (F) eines letzten Walzgerüsts (4) der Kaltwalzstraße erfasst und einer Kraftregeleinrichtung (15) zugeführt wird,
- wobei die Kraftregeleinrichtung (15) anhand der ihr zugeführten Istwalzkraft (F) und einer Sollwalzkraft (F^*) mindestens eine Stellgröße (δs^* , δv^*) ermittelt und ausgibt,
- wobei mittels einer dem letzten Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße unmittelbar nachgeordneten Dickenmesseinrichtung (10) eine Istdicke (d) des Bandes (5) erfasst und einer Dickenregeleinrichtung (11) zugeführt wird,
- wobei die Dickenregeleinrichtung (11) auf das letzte Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße wirkt,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass** mittels einer dem letzten Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße unmittelbar vorgeordneten weiteren Dickenmesseinrichtung (16) eine weitere Istdicke (d') des Bandes (5) erfasst wird,
- **dass** mittels Geschwindigkeitserfassungseinrichtungen (19, 20) Geschwindigkeiten (v' , v) erfasst werden, mit denen das Band (5) in das letzte Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße einläuft und aus dem letzten Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße ausläuft,
- **dass** die erfassten Geschwindigkeiten (v' , v) und eine vorbestimmte Enddicke (d^*), die das Band (5) hinter dem letzten Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße aufweisen soll, einer Sollwertermittlungseinrichtung (18) zugeführt werden,
- **dass** die Sollwertermittlungseinrichtung (18) in Abhängigkeit von den ihr zugeführten Größen (v' , v , d^* , d) eine Solldicke (d^{**}) ermittelt und
- **dass** einer auf das vorletzte Walzgerüst (3) der Kaltwalzstraße wirkenden weiteren Dickenregeleinrichtung (11') die Solldicke (d^{**}) als Sollwert (d^*) und die weitere Istdicke (d') als Istwert (d') zugeführt werden.

2. Betriebsverfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,

- dass die Dickenregel­einrichtung (11) einen Sollwert (s^*) für eine Ver­stelleinrichtung (12) für den Walzspalt des letzten Walzgerüsts (4) der Kaltwalzstraße ermittelt und einer Walzspaltregel­einrichtung (13) als Sollwert (s^*) zuführt,
- dass der Walzspaltregel­einrichtung (13) weiterhin als Istwert (s) ein Stellweg (s) der Ver­stelleinrichtung (12) zugeführt wird,
- dass die Walzspaltregel­einrichtung (13) anhand der ihr zugeführten Größen (s , s^* , $\delta s1^*$, $\delta s2^*$) einen Stellbefehl (Q) zum Verstellen der Ver­stelleinrichtung (12) ermittelt und an die Ver­stelleinrichtung (12) ausgibt und
- dass die Dickenregel­einrichtung (11) eine Stellgröße (δv^*) für die Walzeng­eschwindigkeit des letzten Walzgerüsts (4) der Kaltwalzstraße ermittelt und an das letzte Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße ausgibt.

3. Betriebsverfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet, dass der Walzspaltregel­einrichtung (13) als Zusatzsollwert ($\delta s2^*$) weiterhin ein Exzen­trizitätskompensationswert ($\delta s2^*$) zugeführt wird.

4. Betriebsverfahren nach Anspruch 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet, dass die von der Kraftregel­einrichtung (15) ausgegebene Stellgröße ($\delta s1^*$) der Walzspaltregel­einrichtung (13) als zusätzlicher Sollwert ($\delta s1^*$) zugeführt wird.

5. Betriebsverfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, dass ein im Band (5) zwischen dem letzten Walzgerüst (4) und dem vorletzten Walzgerüst (3) der Kaltwalzstraße herrschender Bandzug (Z) erfasst und mittels einer Zugregel­einrichtung (17) auf einen Sollzug (Z^*) geregelt wird.

6. Betriebsverfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, dass die Zugregel­einrichtung (17) auf die Walzeng­eschwindigkeit des letzten oder des vorletzten Walzgerüsts (3, 4) der Kaltwalzstraße oder auf die Walzspaltregel­einrichtung (13) wirkt.

7. Betriebsverfahren nach Anspruch 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die von der Kraftregel­einrichtung (15) ausgegebene Stellgröße (δv^*) auf die Walzeng­eschwindigkeit des vorletzten Walzgerüsts (3) der Kaltwalzstraße wirkt,
- dass ein im Band (5) zwischen dem letzten Walzgerüst (4) und dem vorletzten Walzgerüst (3) der Kaltwalzstraße herrschender Bandzug (Z) erfasst und mittels einer Zugregel­einrichtung (17) auf einen Sollzug (Z^*) geregelt wird,
- dass die Zugregel­einrichtung (17) auf die Walzspaltregel­einrichtung (13) wirkt.

8. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

- dass der Sollwertermittlungseinrichtung (18) auch die Ist­dicke (d) zugeführt wird und
- dass die Sollwertermittlungseinrichtung (18) die Ist­dicke (d) bei der Ermittlung der Soll­dicke (d^*) berücksichtigt.

9. Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Dicken­messeinrichtung (16) die weitere Ist­dicke (d') des Bandes (5) indirekt anhand einer vor dem vorletzten Walzgerüst (3) der Kaltwalzstraße erfassten Geschwindigkeit (v_0) des Bandes (5), einer bekannten korrespondierenden Ist­dicke (d_0) des Bandes (5) und einer erfassten Geschwindigkeit (v') des Bandes (5) zwischen dem vorletzten und dem letzten Walzgerüst (3, 4) der Kaltwalzstraße ermittelt.

10. Computerprogramm, wobei das Computerprogramm Maschinencode (8) umfasst, der von einer Steuereinrichtung (6) für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße unmittelbar ausführbar ist, wobei die Ausführung des Maschinencodes (8) durch die Steuereinrichtung (6) bewirkt, dass die Steuereinrichtung (6) die in einem der obigen Ansprüche erwähnten Regeleinrichtungen (11, 11', 13, 15, 17) realisiert, die in einem der obigen Ansprüche erwähnten Erfas­ungs- und Messeinrichtungen (10, 14, 16, 19, 20) ansteuert und die in einem der obigen Ansprüche erwähnten Stellelemente (12) ansteuert, so dass im Ergebnis die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung (6) gemäß einem

Betriebsverfahren nach einem der obigen Ansprüche betrieben wird.

11. Datenträger, auf dem in maschinenlesbarer Form ein Computerprogramm (7) nach Anspruch 10 gespeichert ist.

12. Steuereinrichtung für eine mehrgerüstige Kaltwalzstraße, wobei die Steuereinrichtung mit einem Computerprogramm (7) nach Anspruch 10 programmiert ist, so dass sie in der Lage ist, die in einem der Ansprüche 1 bis 9 erwähnten Regeleinrichtungen (11, 11', 13, 15, 17) zu realisieren, die in einem der Ansprüche 1 bis 9 erwähnten Erfassungs- und Messeinrichtungen (10, 14, 16, 19, 20) anzusteuern und die in einem der Ansprüche 1 bis 9 erwähnten Stellelemente (12) anzusteuern, so dass im Ergebnis die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 betrieben wird.

13. Mehrgerüstige Kaltwalzstraße,

- wobei die Kaltwalzstraße mehrere Walzgerüste (1 bis 4) aufweist, die im Betrieb der Kaltwalzstraße von einem Band (5) nacheinander durchlaufen werden,
- wobei dem letzten Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße eine Walzkrafterfassungseinrichtung (14) zugeordnet ist, mittels derer eine Istwalzkraft (F) des letzten Walzgerüsts (4) erfassbar ist,
- wobei dem letzten Walzgerüst (4) der Kaltwalzstraße eine Dickenmesseinrichtung (10), mittels derer eine Istdicke (d) des Bandes (5) erfassbar ist, unmittelbar nachgeordnet ist,
- wobei die Kaltwalzstraße eine Steuereinrichtung (6) nach Anspruch 12 aufweist, die mit den Walzgerüsten (1 bis 4) der Kaltwalzstraße, der Walzkrafterfassungseinrichtung (14) und der Dickenmesseinrichtung (10) datentechnisch verbunden ist, so dass die Kaltwalzstraße von der Steuereinrichtung (6) gemäß einem Betriebsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 betrieben wird.

Claims

1. Operating method for a multi-stand cold-rolling mill train for rolling a strip (5),

- wherein an actual rolling force (F) of a last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train is detected and fed to a force controlling device (15) by means of a rolling force detection device (14),
- wherein the force controlling device (15) determines at least one manipulated variable ($\delta s1^*$, δv^*) on the basis of the actual rolling force (F) fed thereto and a desired rolling force (F^*), and outputs said variable,
- wherein an actual thickness (d) of the strip (5) is detected and fed to a thickness controlling device (11) by means of a thickness measuring device (10) arranged immediately downstream from the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train,
- wherein the thickness controlling device (11) acts on the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train,

characterized

- **in that** a further actual thickness (d') of the strip (5) is detected by means of a further thickness measuring device (16) arranged immediately upstream from the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train,
- **in that** speed detection devices (19, 20) are used to detect speeds (v' , v) at which the strip (5) runs into the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train and runs out of the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train,
- **in that** the detected speeds (v' , v) and a predetermined final thickness (d^*), which the strip (5) should have downstream from the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train, are fed to a setpoint value determination device (18),
- **in that** the setpoint value determination device (18) determines a desired thickness (d^{**}) as a function of the variables (v' , v , d^* , d) fed thereto, and
- **in that** a further thickness controlling device (11') acting on the penultimate rolling stand (3) of the cold-rolling mill train is fed the desired thickness (d^{**}) as a setpoint value (d^{**}) and the further actual thickness (d') as an actual value (d').

2. Operating method according to Claim 1,

characterized

- **in that** the thickness controlling device (11) determines a setpoint value (s^*) for an adjustment device (12) for the roll nip of the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train and feeds it as a setpoint value (s^*) to a roll

nip controlling device (13),

- **in that** an adjustment distance (s) of the adjustment device (12) is also fed as an actual value (s) to the roll nip controlling device (13),

- **in that** the roll nip controlling device (13) determines an adjustment command (Q) for adjusting the adjustment device (12) on the basis of the variables (s, s*, $\delta s1^*$, $\delta s2^*$) fed thereto, and outputs said command to the adjustment device (12), and

- **in that** the thickness controlling device (11) determines a manipulated variable (δv^*) for the rolling speed of the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train and outputs it to the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train.

3. Operating method according to Claim 2,

characterized in that an eccentricity compensation value ($\delta s2^*$) is also fed as an additional setpoint value ($\delta s2^*$) to the roll nip controlling device (13).

4. Operating method according to Claim 2 or 3,

characterized in that the manipulated variable ($\delta s1^*$) output by the force controlling device (15) is fed as an additional setpoint value ($\delta s1^*$) to the roll nip controlling device (13).

5. Operating method according to Claim 4,

characterized in that a strip tension (Z) prevailing in the strip (5) between the last rolling stand (4) and the penultimate rolling stand (3) of the cold-rolling mill train is detected and controlled to a desired tension (Z*) by means of a tension controlling device (17).

6. Operating method according to Claim 5,

characterized in that the tension controlling device (17) acts on the rolling speed of the last rolling stand (4) or of the penultimate rolling stand (3) of the cold-rolling mill train or on the roll nip controlling device (13).

7. Operating method according to Claim 2 or 3,

characterized

- **in that** the manipulated variable (δv^*) output by the force controlling device (15) acts on the rolling speed of the penultimate rolling stand (3) of the cold-rolling mill train,

- **in that** a strip tension (Z) prevailing in the strip (5) between the last rolling stand (4) and the penultimate rolling stand (3) of the cold-rolling mill train is detected and controlled to a desired tension (Z*) by means of a tension controlling device (17), and

- **in that** the tension controlling device (17) acts on the roll nip controlling device (13).

8. Operating method according to one of the above claims, **characterized**

- **in that** the actual thickness (d) is also fed to the setpoint value determination device (18), and

- **in that** the setpoint value determination device (18) takes the actual thickness (d) into account when determining the desired thickness (d*).

9. Operating method according to one of the above claims, **characterized in that** the further thickness measuring device (16) determines the further actual thickness (d') of the strip (5) indirectly on the basis of a speed (v0) of the strip (5) detected upstream from the penultimate rolling stand (3) of the cold-rolling mill train, a known corresponding actual thickness (d0) of the strip (5) and a detected speed (v') of the strip (5) between the penultimate rolling stand (3) and the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train.

10. Computer program, the computer program comprising machine code (8) which can be executed directly by a control device (6) for a multi-stand cold-rolling mill train, the execution of the machine code (8) by the control device (6) having the effect that the control device (6) realizes the controlling devices (11, 11', 13, 15, 17) mentioned in one of the above claims, controls the detection and measuring devices (10, 14, 16, 19, 20) mentioned in one of the above claims and controls the adjustment elements (12) mentioned in one of the above claims, and as a result the control device (6) operates the cold-rolling mill train in accordance with an operating method according to one of the above claims.

11. Data storage medium, on which a computer program (7) according to Claim 10 is stored in machine-readable form.

12. Control device for a multi-stand cold-rolling mill train, wherein the control device is programmed with a computer program (7) according to Claim 10 such that it is able to realize the controlling devices (11, 11', 13, 15, 17) mentioned in one of Claims 1 to 9, control the detection and measuring devices (10, 14, 16, 19, 20) mentioned in one of Claims 1 to 9 and control the adjustment elements (12) mentioned in one of Claims 1 to 9, and as a result the control device operates the cold-rolling mill train in accordance with an operating method according to one of Claims 1 to 9.

13. Multi-stand cold-rolling mill train,

- wherein the cold-rolling mill train has a plurality of rolling stands (1 to 4) through which a strip (5) passes in succession during operation of the cold-rolling mill train,
- wherein a rolling force detection device (14) is assigned to the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train and can be used to detect an actual rolling force (F) of the last rolling stand (4),
- wherein a thickness measuring device (10), which can be used to detect an actual thickness (d) of the strip (5), is arranged immediately downstream from the last rolling stand (4) of the cold-rolling mill train, and
- wherein the cold-rolling mill train has a control device (6) according to Claim 12, and this control device is connected to the rolling stands (1 to 4) of the cold-rolling mill train, to the rolling force detection device (14) and to the thickness measuring device (10) by a data link, such that the control device (6) operates the cold-rolling mill train in accordance with an operating method according to one of Claims 1 to 9.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un train de laminoir à froid à plusieurs cages pour le laminage d'un feuillard (5),

- dans lequel, au moyen d'un dispositif (14) de détection de la force de laminage, on détecte une force (F) réelle de laminage d'une dernière cage (4) de laminoir du train de laminoir à froid et on l'envoie à un dispositif (15) de réglage de force,
- dans lequel le dispositif (15) de réglage de force détermine, au moyen de la force (F) de laminage réelle qui lui est envoyée et d'une force (F*) de laminage de consigne, au moins une grandeur ($\delta s1^*$, δv^*) de réglage et l'émet,
- dans lequel on détecte une épaisseur (d) réelle du feuillard (5), au moyen d'un dispositif (10) de mesure d'épaisseur monté immédiatement en aval de la dernière cage du train de laminoir à froid, et on l'envoie à un dispositif (11) de réglage d'épaisseur,
- dans lequel le dispositif de réglage d'épaisseur agit sur la dernière cage (4) du train de laminoir à froid,

caractérisé

- **en ce que** l'on détermine une autre épaisseur (d') réelle du laminoir (5) au moyen d'un autre dispositif (16) de mesure d'épaisseur monté directement en amont de la dernière cage (4) du train de laminoir à froid,
- **en ce que**, au moyen de dispositifs (19, 20) de détection de vitesse, on détecte des vitesses (v', v) auxquelles le feuillard (5) entre dans la dernière cage (4) du train de laminoir à froid et sort de la dernière cage (4) du train de laminoir à froid,
- **en ce que** l'on envoie à un dispositif (18) de détermination de valeur de consigne les vitesses (v', v) détectées et une épaisseur (d') d'extrémité déterminée à l'avance que le feuillard (5) doit avoir derrière la dernière cage (4) du train de laminoir à froid,
- **en ce que** le dispositif (18) de détermination de valeur de consigne détermine une épaisseur (d*) de consigne en fonction des grandeurs (v', v, d*, d) qui lui sont envoyées et
- **en ce que** l'on envoie l'épaisseur (d*) de consigne comme valeur (d*) de consigne et l'autre épaisseur (d') réelle comme valeur (d') réelle à un autre dispositif (11') de réglage d'épaisseur agissant sur l'avant-dernière cage (3) du train de laminoir à froid.

2. Procédé suivant la revendication 1,
caractérisé

- **en ce que** le dispositif (11) de réglage d'épaisseur détermine une valeur (s*) de consigne pour un dispositif (12) de déplacement pour l'emprise de la dernière cage (4) du train de laminoir à froid et l'envoie comme valeur (s*) de consigne à un dispositif (13) de réglage d'emprise,
- **en ce que** l'on envoie, en outre, comme valeur (s) réelle un trajet (s) de déplacement du dispositif (12) de

déplacement au dispositif (13) de réglage d'emprise,

- **en ce que** le dispositif (13) de réglage d'emprise détermine, au moyen des grandeurs (s , s^* , $\delta s1^*$, $\delta s2^*$) qui lui sont envoyées, une instruction (Q) de déplacement pour le déplacement du dispositif (12) de déplacement et l'envoi au dispositif (12) de déplacement et

- **en ce que** le dispositif (11) de réglage d'épaisseur détermine une grandeur (δv^*) de réglage de la vitesse des cylindres de la dernière cage (4) du train de laminoir à froid et l'envoi à la dernière cage (4) du train de laminoir à froid.

3. Procédé suivant la revendication 2,

caractérisé en ce que l'on envoie, en outre, une valeur ($\delta s2^*$) de compensation d'excentricité comme valeur ($\delta s2^*$) de consigne supplémentaire au dispositif (13) de réglage d'emprise.

4. Procédé suivant la revendication 2 ou 3,

caractérisé en ce que l'on envoie, comme valeur ($\delta s1^*$) de consigne supplémentaire, au dispositif (13) de réglage d'emprise, la grandeur ($\delta s1^*$) de déplacement émise par le dispositif (15) de réglage de force.

5. Procédé suivant la revendication 4,

caractérisé en ce que l'on détecte une traction (Z) de feuillard régnant dans le feuillard (5) entre la dernière cage (4) et l'avant-dernière cage (3) du train de laminoir à froid et on la règle à une traction (Z^*) de consigne au moyen d'un dispositif (17) de réglage de traction.

6. Procédé suivant la revendication 5,

caractérisé en ce que le dispositif (17) de réglage de traction agit sur la vitesse de laminage de la dernière ou de l'avant-dernière cage (3, 4) du train de laminoir à froid ou sur le dispositif (13) de réglage d'emprise.

7. Procédé suivant la revendication 2 ou 3,

caractérisé

- **en ce que** la grandeur (δv^*) de réglage émise par le dispositif (15) de réglage de force agit sur la vitesse des cylindres de l'avant-dernière cage (3) du train de laminoir à froid,

- **en ce que** l'on détecte une traction (Z) de feuillard régnant dans le feuillard (5) entre la dernière cage (4) et l'avant-dernière cage (3) du train de laminoir à froid et on la règle à une traction (Z^*) de consigne au moyen d'un dispositif (17) de réglage de traction,

- **en ce que** le dispositif (17) de réglage de traction agit sur le dispositif (13) de réglage d'emprise.

8. Procédé suivant l'une des revendications précédentes,

caractérisé

- **en ce que** l'on envoie aussi l'épaisseur (d) réelle au dispositif (18) de détermination de valeur de consigne et

- **en ce que** le dispositif (18) de détermination de valeur de consigne tient compte de l'épaisseur (d) réelle lors de la détermination de l'épaisseur (d^*) de consigne.

9. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'autre dispositif (16) de mesure d'épaisseur détermine l'autre épaisseur (d') réelle du feuillard (5) indirectement au moyen d'une vitesse ($v0$) du feuillard (5) détectée avant l'avant-dernière cage (3) du train de laminoir à froid d'une épaisseur ($d0$) réelle correspondante connue du feuillard (5) et d'une vitesse (v') détectée du feuillard (5) entre l'avant-dernière et la dernière cage (3, 4) du train de laminoir à froid.

10. Programme informatique, le programme informatique comprenant un code (8) machine, qui peut être exécuté directement par un dispositif (6) de commande d'un train de laminoir à froid à plusieurs cages, dans lequel l'exécution du code (8) machine par le dispositif (6) de commande fait que le dispositif (6) de commande réalise les dispositifs (11, 11', 13, 15, 17) de réglage mentionnés dans l'une des revendications précédentes, commande les dispositifs (10, 14, 16, 19, 20) de détection et de mesure mentionnés dans les revendications précédentes et commande les éléments (121) de déplacement mentionnés dans l'une des revendications précédentes, de manière à faire fonctionner finalement le train de laminoir à froid par le dispositif (6) de commande suivant un procédé selon l'une des revendications précédentes.

11. Support de données, sur lequel est mémorisé sous une forme exploitable par une machine un programme (7)

informatique suivant la revendication 10.

12. Dispositif de commande d'un train de laminoir à froid à plusieurs cages, dans lequel le dispositif de commande est programmé par un programme (7) informatique suivant la revendication 10, de manière à être en mesure de réaliser les dispositifs (11, 11', 13, 15, 17) de réglage mentionnés dans l'une des revendications 1 à 9, à commander les dispositifs (10, 14, 16, 19, 20) de détection et de mesure mentionnés dans l'une des revendications 1 à 9 et à commander les éléments (12) de déplacement mentionnés dans l'une des revendications 1 à 9, de manière à faire fonctionner finalement le train de laminoir à froid par le dispositif de commande suivant un procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

13. Train de laminoir à froid à plusieurs cages,

- dans lequel le train de laminoir à froid a plusieurs cages (1 à 4) de laminoir, dans lesquelles un feuillard (5) passe successivement, lorsque le train de laminoir à froid est en fonctionnement,
- dans lequel, à la dernière cage (4) du train de laminoir à froid, est associé un dispositif (14) de détection de force de laminage, au moyen duquel une force (F) de laminage réelle de la dernière cage (4) de laminoir peut être détectée,
- dans lequel un dispositif (10) de mesure d'épaisseur, au moyen duquel une épaisseur (d) réelle du feuillard (5) peut être détectée, est monté directement en aval de la dernière cage (4) de laminoir,
- dans lequel le train de laminoir à froid a un dispositif (6) de commande suivant la revendication 12, qui est relié du point de vue de la technique des données aux cages (1 à 4) du train de laminoir à froid au dispositif (14) de détection de force de laminage et le dispositif (10) de mesure d'épaisseur, de manière à ce que le dispositif (6) de commande fasse fonctionner le train de laminoir à froid suivant un procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

FIG 1

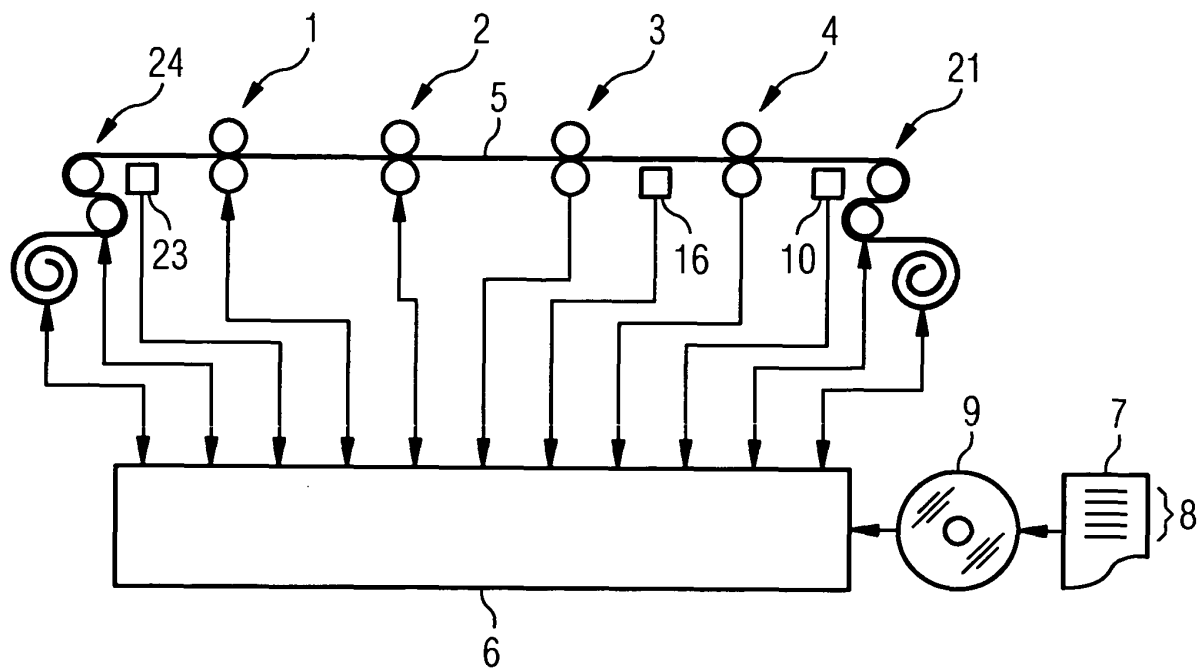


FIG 5

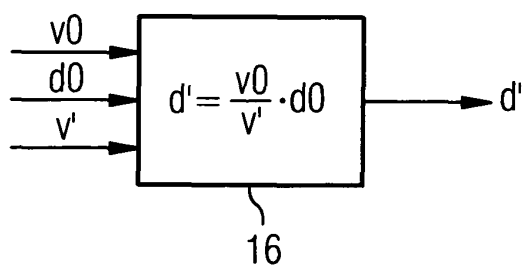
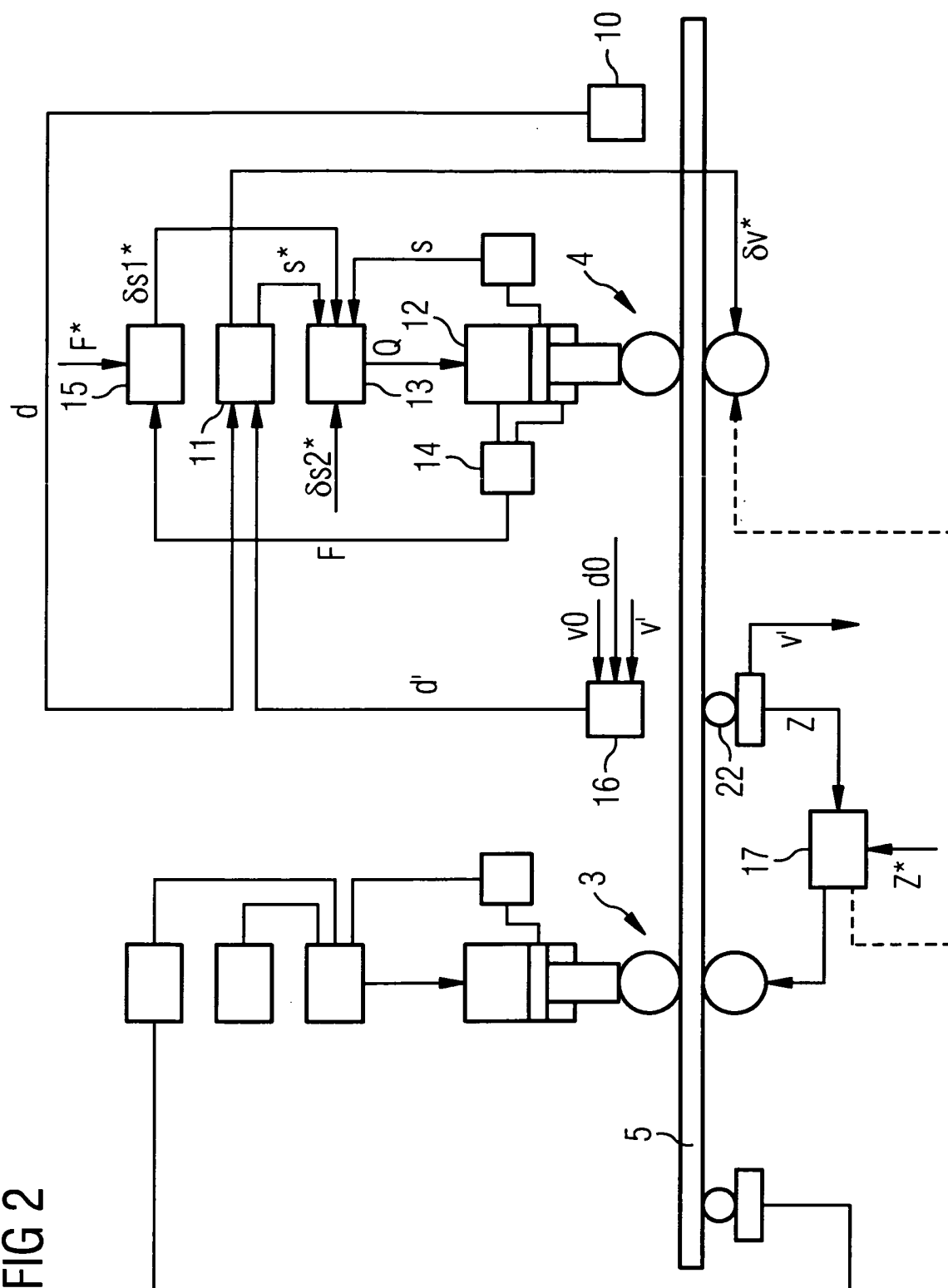


FIG 2



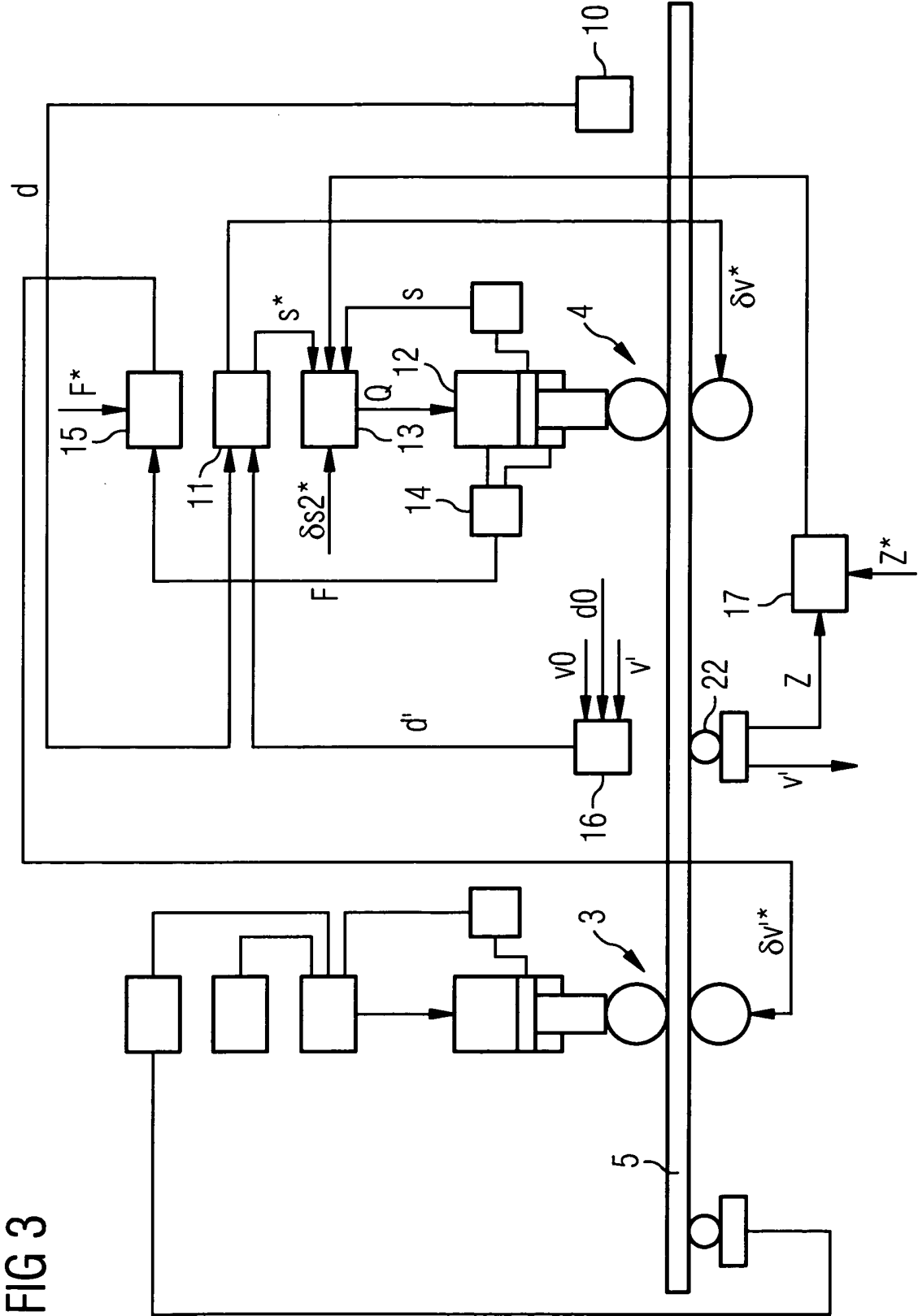
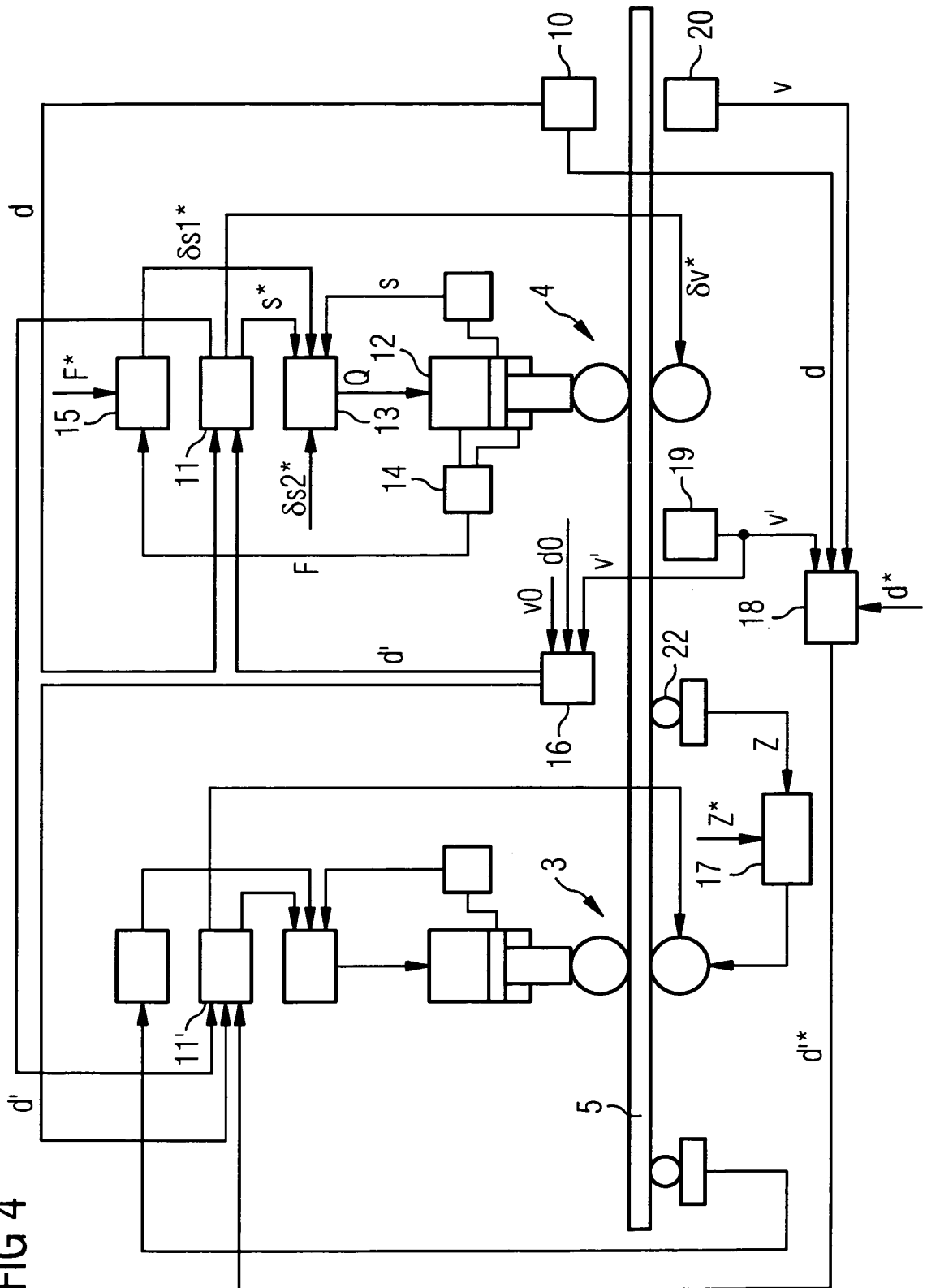


FIG 4



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 4243045 A1 [0006]
- JP 08090028 A [0006]