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

(11) **EP 1 525 061 B2**

(12) **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
09.07.2014 Patentblatt 2014/28

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
21.06.2006 Patentblatt 2006/25

(21) Anmeldenummer: **03764965.4**

(22) Anmeldetag: **10.07.2003**

(51) Int Cl.:
B21B 37/18 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2003/007468

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/009261 (29.01.2004 Gazette 2004/05)

(54) DYNAMISCHE DICKENKORREKTUR

DYNAMIC THICKNESS CORRECTION

CORRECTION DYNAMIQUE D'EPAISSEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **20.07.2002 DE 10233118**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.04.2005 Patentblatt 2005/17

(73) Patentinhaber: **Aluminium Norf GmbH**
41468 Neuss (DE)

(72) Erfinder:
- **PAMPEL, Michael**
  41460 Neuss (DE)
- **PAMPEL, Günter**
  41466 Neuss (DE)
- **JEUDE, Manfred, Dr.**
  26409 Wittmund (DE)

(74) Vertreter: **Schüll, Gottfried Hubert**
COHAUSZ & FLORACK
Patent- und Rechtsanwälte
Partnerschaftsgesellschaft
Bleichstrasse 14
40211 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-B1- 0 609 172
US-A- 3 022 688
US-A- 3 540 247
US-A- 4 052 599
US-A- 4 159 572

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 344 (M-640), 11. November 1987 (1987-11-11) -& JP 62 124011 A (HITACHI LTD), 5. Juni 1987 (1987-06-05)**
- **RICCIATTI R L ET AL: "LASER VELOCIMETRY" IRON AND STEEL ENGINEER, ASSOCIATION OF IRON AND STEEL ENGINEERS. PITTSBURGH, US, Bd. 73, Nr. 6, 1. Juni 1996 (1996-06-01), Seiten 38-41, XP000621624 ISSN: 0021-1559**
- **MARIE-LINE: 'Les capteurs et codeurs angulaires' MESURES 731 Januar 2001, Seiten 76 - 78**

EP 1 525 061 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des metallischen Bandes und mindestens einer Aufwickelhaspel, gemäß dem Oberbegriff des jeweiligen unabhagigen Anspruchs (siche US-A- 3540247).

[0002] Beim Walzen von metallischen Bändern, beispielsweise Bändern aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, zur Reduzierung deren Dicke werden die gewalzten metallischen Bänder nach dem Durchlauf durch ein Walzgerüst auf einer Aufwickelhaspel als Bund aufgewickelt. Ein wichtiges Qualitätsmerkmal des als Bund aufgewickelten gewalzten Bandes stellt unter anderem die Dicke des Bandes und deren Schwankungen dar.

[0003] Bisher wird die Dicke des metallischen Bandes mit Hilfe eines radiometrischen Messverfahrens ermittelt und die Stellelemente des Walzgerüstes abhängig von diesem Wert gesteuert. Bei dem radiometrischen Messverfahren wird mit Hilfe eines auf einer Seite des metallischen Bandes angeordneten Detektors die durch das metallische Band transmittierte Strahlung eines auf der anderen Seite des metallischen Bandes angeordneten Strahlers gemessen. Die vom Detektor gemessene Strahlung ist dabei abhängig von der Absorption im metallischen Band, welche insbesondere durch die Dicke des metallischen Bandes bestimmt wird. Die Abweichung der radiometrisch ermittelten Banddicke von einem Sollwert der Dicke des Bandes wird als Eingangsgröße zur Steuerung von Stellelementen des Walzgerüstes zur Beeinflussung der Dicke des metallischen Bandes verwendet. Allerdings ist der radiometrisch gewonnene Dickenmesswert von weiteren Einflussgrößen abhängig, beispielsweise der Legierungszusammensetzung des Bandes, der Luftdichte und Lufttemperatur im Messweg, beispielsweise beim Abblasen oder beim Absaugen von erhitzter Luft, dem Anteil an Kühl- und Schmiermittelnebel im Messweg sowie der Temperatur des Walzgutes und der Systemkomponenten zur Bestimmung der Dicke. Daher ist eine Bestimmung der Einflussgrößen und Normierung des radiometrischen Messverfahrens auf die zusätzlichen Einflussgrößen unbedingt erforderlich.

[0004] Nachteilig bei dem bisher bekannten Verfahren zur Korrektur der Banddicke eines metallischen Bandes beim Walzen ist, dass eine Bestimmung der Einflussgrößen und eine Normierung des radiometrischen Messverfahrens auf diese Einflussgrößen nicht umfassend unter Walzbedingungen stattfinden kann. So ist zur Korrektur des legierungsabhängigen Absorptionsverhaltens des metallischen Bandes notwendig, an einer Gussprobe mittels Funkenspektrometrie die Legierungszusammensetzung zu messen und daraus einen Absorptionsindex für die Legierung zu errechnen, welcher beim radiometrischen Messverfahren berücksichtigt wird. Variationen bei der Probenentnahme sowie Messunsicherheiten bei der Funkenspektrometrie führen dazu, dass die radiometrisch bestimmte Dicke mit einem Vertrauensbereich versehen ist, der je nach Produktanforderung zu berücksichtigen ist.

[0005] Zur Normierung der radiometrischen Messwerte wird einerseits der elektrische Nullpunkt des Detektorsignals bei geschlossener Strahlerblende herangezogen, andererseits bei Volleinstrahlung, also ohne Probe im Messweg, ein Abgleichfaktor ermittelt, welcher die Absorptionsbedingungen in der Messstrecke zu diesem Zeitpunkt berücksichtigt. Dies geschieht automatisch während des Bundwechsels bzw. bei jeder Öffnung der Strahlerblende ohne Messgut. Mit Hilfe der Messung der Temperaturänderung und eines daraus ermittelten empirischen Gewichtungsfaktors wird auf die Temperaturänderung im Messweg mit Walzgut geschlossen. Eine Erfassung des integralen Temperaturverlaufs im Messweg, welcher beim Walzen durch das heiße gewalzte Band starke Variationen aufweist, ist nicht möglich. Der integrale Temperaturverlauf kann daher bei der radiometrischen Dickenbestimmung nicht berücksichtigt werden.

[0006] Weiterhin befinden sich in aus dem Stand der Technik bekannten Anlagen zur Überprüfung der radiometrischen Messstelle in einem hermetisch gekapselten Bereich in unmittelbarer Nähe des Strahlers Kontrollnormale, d.h. metallische Bleche, deren Absorptionseigenschaften sich außer durch Temperaturänderungen nicht verändern. Durch die Überprüfung der Dickenmesswerte dieser Kontrollnormale kann eine Korrektur der im Messsystem hinterlegten Absorptionskurve erfolgen. Dieser Abgleich kann jedoch ebenso nur bei unterbrochenem Walzvorgang durchgeführt werden.

[0007] Aufgrund der oben geschilderten Nachteile der bisher bekannten Verfahren zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen können die heute geforderten Dickentoleranzen nur schwer eingehalten werden.

[0008] Gemäß US-A-3540247 wird aus mindestens einer Bandlängenmessung und der Messung der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel eine mittlere Banddicke eines Bandabschnitts ermittelt und werden die Stellelemente des Walzgerüstes zumindest abhängig von der ermittelten mittleren Banddicke des Bandabschnitts gesteuert Dabei wird ausgenutzt, dass der mittlere Lagenabstand des Bandes auf der Aufwickelhaspel mit der gemessenen Bandlänge und Aufwickelhaspelumdrehung verknüpft ist, woraus sich über einen Füllfaktor die mittlere Banddicke bestimmen lässt. Die benötigten Messgrößen der Bandlänge und der Aufwickelhaspelumdrehung sind dabei nahezu unabhängig von den Einflussgrößen der radiometrischen Dickenmessung, sodass ein von den Umgebungsbedingungen des Walzgerüstes unabhängiger Messwert der mittleren Banddicke eines Bandabschnitts zur Verfügung steht. Es hat sich gezeigt, dass bereits nach kurzen Bandlängen ein hinreichend genauer Wert für die mittlere Banddicke bestimmt werden kann. Durch die Steuerung der Stellele-

mente zumindest abhängig von der ermittelten mittleren Banddicke des Bandabschnitts kann somit eine Verringerung der Dickentoleranzen des gewalzten Bandes erreicht werden. Ausgehend von dem zuvor beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst zur Verfügung zu stellen, welches bzw. welche die Herstellung von gewalzten Bändern mit einer verringerten Dickentoleranz gewährleistet. Die Aufgabe wird verfahrensmaßig durch die Kennzeichnende Merkmalskombination gemäß Anspruch 1 gelost.

[0009] Wird die Banddicke zusätzlich radiometrisch gemessen und die Stellelemente des Walzgerüstes abhängig von einer mit der mittleren Banddicke korrigierten radiometrischen Banddicke gesteuert, so ist es gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich, die radiometrisch ermittelte Banddicke mit Hilfe der ermittelten mittleren Banddicke dynamisch zu korrigieren und die Stellelemente des Walzgerüstes abhängig vom dynamisch korrigierten Banddickenwert zu steuern. Damit steht eine Eingangsgröße zur Steuerung der Banddicke beim Walzen eines metallischen Bandes zur Verfügung, welche einerseits eine nahezu instantane Beeinflussung der Stellelemente ermöglicht und andererseits unabhängig von den typischen Einflussgrößen der radiometrischen Bestimmung der Banddicke während des Walzprozesses korrigiert werden kann.

[0010] Eine besonders hohe Genauigkeit in der Messung der Bandlänge beim Walzen wird, gemäß einer vorteilhaft weitergebildeten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, dadurch erreicht, dass die Bandlänge unter Verwendung des Laser-Doppler-Velocimetrie-Verfahrens gemessen wird. Das Laser-Doppler-Velocimetrie-Verfahren (LDV-Verfahren) ist ein Standardverfahren zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten. Das Prinzip besteht darin, das Streulicht eines Partikels zu detektieren und auszuwerten, welcher ein von einer Laserquelle erzeugtes Interferenzstreifensystem durchquert. Die Frequenz des empfangenen Signals ist dann proportional zur Partikelgeschwindigkeit. Wird das Interferenzstreifensystem auf das gewalzte Band abgebildet, so kann durch Streulichtauswertung die Geschwindigkeit des gewalzten Bandes sehr exakt festgestellt werden. Damit steht eine hochgenaue Bandlängenmessung zur Bestimmung der mittleren Banddicke eines Bandabschnittes zur Verfügung.

[0011] Wird, gemäß einer nächsten weitergebildeten Ausführungsform, die Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel unter Verwendung hochauflösender Inkrementalgeber auf der Aufwickelhaspelachse oder Aufwickelhaspelmotorachse gemessen, kann die zur Ermittlung der mittleren Banddicke notwendige Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel auf einfache Weise mit hinreichender Genauigkeit bestimmt werden.

[0012] Eine vorteilhafte Ausgestaltung erfährt das erfindungsgemäße Verfahren dadurch, dass durch die Wahl einer Mehrzahl von unterschiedlichen Startpunkten und zu messenden Bandlängen für die Bestimmung der mittleren Banddicke eine Mehrzahl von Werten für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts ermittelt wird. Durch diese Maßnahme ist es möglich, eine statistische Auswertung der Werte der mittleren Banddicke eines Bandabschnitts durchzuführen und den Messfehler bei der Bestimmung der mittleren Banddicke eines Bandabschnitts zu verringern, sodass die Banddickentoleranzen des gewalzten Bandes weiter verkleinert werden können.

[0013] Der Einfluss des Aufhaspelprozesses auf den Füllfaktor kann, gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, dadurch berücksichtigt werden, dass die Werte für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts zusätzlich in Abhängigkeit vom aktuellen Bunddurchmesser des Bandes auf der Aufwickelhaspel mit variabler Gewichtung geglättet werden. Hierdurch kann verhindert werden, dass sich insbesondere zu Beginn des Aufhaspelprozesses Schwankungen des Bunddurchmessers stärker auf die Ermittlung der mittleren Banddicke auswirken.

[0014] Die Prozesssicherheit bei der Ermittlung der mittleren Banddicke kann dadurch weitergesteigert werden, dass gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, mindestens eine weitere, redundante Bandlängenmessung durchgeführt wird.

[0015] Wird beim Ausfall einer zur Bestimmung der mittleren Banddicke verwendeten ersten Bandlängenmessung automatisch auf eine weitere, redundante Bandlängenmessung umgeschaltet, kann gewährleistet werden, dass die dynamische Dickenkorrektur kontinuierlichen, auch bei einem Ausfall eines Bandlängenmesssystems, durchgeführt werden kann. Der Walzprozess muss daher nicht unterbrochen werden. US-A-3540247 offenbart außerdem eine Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit mindestens einem Walzgerüst mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes, mindestens einer Aufwickelhaspel sowie Mitteln zur Messung der Bandlänge und des Ausmaßes der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel dadurch gelöst, dass Mittel zur Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes in Abhängigkeit einer aus der gemessenen Bandlänge und der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel bestimmten mittleren Banddicke vorgesehen sind. Wie oben bereits geschildert ist es möglich durch diese Maßnahme die Banddicke eines metallischen Bandes beim Walzen nahezu unabhängig von den Umgebungsbedingungen des Walzgerüstes zu messen und einzustellen. Die zuvor aufgezeigte Aufgabe wird vorrichtungsmäßig durch die kennzeichnende Markmalskombination gemäß Anspruch 8 gelöst.

[0016] Eine Eingangsgröße zur Steuerung der Stellelemente steht, gemäß der erfindungsgemäßen Vorrichtung, unmittelbar nach dem Walzen des Bandes zur Verfügung, weil zusätzlich Mittel zur radiometrischen Dickenbestimmung des metallischen Bandes zwischen

Walzgerüst und Aufwickelhaspel vorgesehen sind. Darüber hinaus wird ermöglicht, dass durch die Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes mit Hilfe eines dynamisch mit der mittleren Banddicke korrigierten, radiometrisch ermittelten Banddickenwertes, die Banddickentoleranz des gesamten Bandes weiter gesenkt werden kann.

[0017] Eine vorteilhafte Ausgestaltung erfährt die erfindungsgemäße Vorrichtung dadurch, dass Mittel zur redundanten Bandlängenmessung vorgesehen sind. Einerseits kann hierdurch die Prozesssicherheit beim Walzen in Bezug auf den Ausfall eines Bandlängenmesssystems gesteigert werden, andererseits ist durch die redundante Bandlängenmessung eine Überprüfung der jeweiligen Bandlängenmessung möglich, so dass deren Genauigkeit gesteigert werden kann.

[0018] Darüber hinaus kann die Genauigkeit der Bandlängenmessung weiter gesteigert werden, in dem, gemäß einer weitergebildeten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, zur Bandlängenmessung ein Laser-Doppler-Velocimetrie-System vorgesehen ist.

[0019] Sind hochauflösende Inkrementalgeber an der Aufwickelhaspelachse oder Aufwickelhaspelmotorachse vorgesehen, ist es gemäß einer nächsten weitergebildeten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich, die zu einer bestimmten Bandlänge zugehörige Drehung der Aufwickelhaspel auf einfache Weise sehr genau zu bestimmen.

[0020] Es gibt nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, sowohl das Verfahren gemäß der ersten Lehre der Erfindung, als auch die Vorrichtung gemäß der zweiten Lehre der Erfindung vorteilhaft auszugestalten und weiterzubilden. Hierzu wird beispielsweise verwiesen einerseits auf die den Patentansprüchen 1 und 10 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung.

[0021] In der Zeichnung zeigt

Fig. 1: in einer schematischen Darstellung ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen,

Fig. 2a: in einer schematischen Darstellung das im ersten Ausführungsbeispiel verwendete Verfahren zur Bestimmung der mittleren Banddicke aus einer Bandlängenmessung,

Fig. 2b: in einer Schnittansicht eine Aufwickelhaspel mit mehreren aufgewickelten Lagen eines metallischen Bandes und

Fig. 3: in einem Blockschaltbild die Steuerung eines nächsten Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen.

[0022] Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes 1 beim Walzen weist ein Walzgerüst 2 mit nicht dargestellten Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes 1, eine Umlenkrolle 3 sowie eine Aufwickelhaspel 4 auf. Darüber hinaus sind zur Bestimmung der Banddicke ein LDV-System 5 zur Messung der Bandlänge, ein Inkrementalgeber 6 auf der Aufwickelhaspelachse 7 sowie ein Strahler 8 und ein Detektor 9 zur radiometrischen Ermittlung der Banddicke dargestellt. Beim Walzen wird das metallische Band 1, nachdem es das Walzgerüst 2 verlassen hat, über eine Umlenkrolle 3 umgelenkt und auf der Aufwickelhaspel 4 aufgewickelt. Aus der Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel 4 und der zugehörigen Bandlänge kann eine mittlere Banddicke berechnet werden.

[0023] Die Fig. 2a zeigt den prinzipiellen Ablauf des Verfahrens zur Bestimmung der mittleren Banddicke eines metallischen Bandes 1 mit Hilfe eines LDV-Systems 5 und einer Aufwickelhaspel 4. Das LDV-System 5 misst dabei die Bandlänge beim Aufwickeln des Bandes 1 auf die Aufwickelhaspel 4, wobei die erste Lage des Bandes 1 beim Aufwickeln einen durch die Aufwickelhaspel 4 fest vorgegebenen Radius r einnimmt.

[0024] Fig. 2b zeigt nun in einer Schnittansicht eine Aufwickelhaspel 4 mit mehreren aufgewickelten Lagen eines metallischen Bandes 1. Der mittlere Lagenabstand h des aufgewickelten Bandes 1 ergibt sich aus der Radiendifferenz der Radien r_m und r_n und der Anzahl der aufgewickelten Lagen zwischen den Radien, also der zugehörigen Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel 4. Für den mittleren Lagenabstand h zwischen zwei beliebigen Aufwickelradien r_m und r_n gilt daher:

$$h = \frac{\frac{L_n}{n\pi} - \frac{L_m}{m\pi}}{n - m},$$

wobei L_n die ab einem willkürlichen Startpunkt laufende Länge ist, n die zugehörigen Anzahl der Umdrehung der Aufwickelhaspel 4, L_m eine Festlänge ab dem gleichen Startpunkt und m die zugehörige Anzahl an Umdrehungen der Aufwickelhaspel 4 zur Festlänge L_m ist.

[0025] Wie Fig. 1 wiederum zeigt, kann, um die Bandlängen L_n oder L_m zu messen, prinzipiell auch die Umlenkrolle 3 verwendet werden, jedoch ist eine berührungslose und schlupffreie Messung mit dem LDV-System 5 vorzuziehen, da somit eine wesentlich genauere Bandlängenmessung ermöglicht wird. Hoch auflösende Inkrementalgeber 6, welche auf der Aufwickelhapsel 7 angeordnet sind, liefern die zugehörigen Anzahl n oder m der Umdrehungen der Aufwickelhaspel. Mit diesen Messwerten wird zunächst ein mittlerer Lagenabstand h nach der obigen Formel berechnet, sodass aus h die mittlere Banddicke eines Bandabschnitts mit Hilfe eines

Füllfaktors berechnet werden kann. Die Berechnung der mittleren Banddicke erfolgt nach einer einstellbaren Bandlänge mit Hilfe des Rechners 10, der einerseits die gemessene mittlere Banddicke über die Anzeige 11 anzeigt und andererseits den Wert zur dynamischen Dickenkorrektur an eine erste Vergleichseinrichtung 12 weiterleitet. In der Vergleichseinrichtung 12 wird nun der Wert der mittleren Banddicke mit der Solldicke 13 des Bandes 1 verglichen und die Differenz als dynamische Dickenabweichung an eine nächste Vergleichseinrichtung 14 weitergeleitet. Der mit Hilfe des Strahlers 8 und des Detektors 9 ermittelten radiometrischen Banddicke 15 wird in der Vergleichseinrichtung 14 der Wert der dynamischen Dickenabweichung aufgeschlagen und als dynamisch korrigierte Istdicke 16 einer weiteren Vergleichseinrichtung 17 zugeführt. Diese ermittelt nun die Regelgröße für die Steuerung der Stellelemente 18 aus der Abweichung der dynamisch korrigierten Istdicke 16 von der Solldicke 13. Der Wert der dynamischen Dickenkorrektur kann, während des Walzprozesses bereits nach kurzen Bandlängen, beispielsweise nach einer aufgewickelten Bandlänge von ca. 50m, hinreichend genau ermittelt werden. Dies gilt zwar nicht für den Beginn des Walzprozesses, da in dem Fall die Schwankungen durch den Aufwickelprozess noch zu groß sind, allerdings steht im weiteren Verlauf des Walzprozesses eine Korrekturmöglichkeit der radiometrisch ermittelten Banddicke 15 zur Verfügung, welche unabhängig von den Einflussgrößen der radiometrischen Banddickenmessungen ist. Durch den Ausschluss dieser Einflussgrößen kann die Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes 18 wesentlich genauer durchgeführt werden, was zu einer deutliche Reduzierung der Banddickentoleranzen führt.

[0026] Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, die Korrekturberechnung nur unter bestimmten parametrierbaren Bedingungen freizugeben. Das Blockschaltbild der Steuerung eines entsprechenden Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen zeigt die Fig. 3. Die untenstehend genannten Parameter, Größen und Bedingungen sind dabei nur als eine Beispielkonfiguration der Steuerung anzusehen, welche in Abhängigkeit vom herzustellenden Walzgut variieren kann.

[0027] Das in Fig. 3 dargestellte Blockschaltbild weist zunächst ein logisches Und-Glied 19 mit 6 Eingängen 20, 21, 22, 23, 24, 25 und einem Ausgang 26 auf. Über die Eingänge 20 bis 24 können beispielsweise die Bedingungen, ob der Laser funktionsfähig ist, ob die Solldicke mehr als beispielsweise 0,8 mm beträgt, ob Daten zu der Legierung der Legierung in einer Tabelle hinterlegt sind, ob Hand-oder Automatikbetrieb gewählt ist und ob die Bandgeschwindigkeit größer als beispielsweise 100 m/min ist, abgefragt und zur Freischaltung der Dickenkorrektur verwendet werden. Weitere Bedingungen können über zusätzliche Eingänge am Und-Glied 19 berücksichtigt werden.

[0028] Der Eingang 25 des Und-Gliedes 19 ist dabei mit dem Ausgang eines logischen Oder-Gliedes 27 verbunden, das seinerseits zwei Eingänge 28 und 29 aufweist, welche mit dem Ausgang der Vergleichsglieder 30 bzw. 31 verbunden sind. Im Vergleichsglied 30 wird nun der Istwert der Bandlänge 32 mit einem aus der Solldicke 33 über ein Funktionsglied 34 ausgerechneter Startwert der Bandlänge 35 verglichen und ein Ausgangssignal auf das Oder-Glied 27 geschaltet, sobald der Istwert der Bandlänge 32 oberhalb eines bestimmten Startwertes der Bandlänge 35 liegt. Das Vergleichsglied 31 vergleicht dagegen mit Hilfe des Absolutgliedes 38 den Absolutwert der mit dem Differenzglied 36 ermittelten Differenz 39 zwischen der Solldicke 33 und der mit dem LDV-Verfahren ermittelten mittleren Banddicke 37 mit einem von der Solldicke 33 abhängigen Wert. Ist die absolute Abweichung kleiner als beispielsweise 1% der Solldicke, so wird der Ausgang des Vergleichsgliedes 31 aufgeschaltet und am Eingang 29 des Oder-Gliedes 27 liegt ein Signal an.

[0029] Ist also die Abweichung der mittleren Banddicke 37 von der Solldicke 33 kleiner 1% der Solldicke oder der Istwert der Bandlänge 32 größer als ein Startwert der Bandlänge 35, so liegt an dem Eingang 25 des Und-Gliedes 19 ein Signal an. Sind die Eingänge 20 bis 25 des Und-Gliedes 19 aufgeschaltet, so wird über den Ausgang 26 des Und-Gliedes 19 mit Hilfe des Setz-Gliedes 40 der Ausgang 41 der Logikschaltung auf "Auto-Korrektur eingeschaltet" gesetzt. Gleichzeitig wird am Eingang 42 des PID-Gliedes 43 ein Signal angelegt. Das PID-Glied 43 bestimmt dann aus der in der Form der Differenz 39 zwischen der Solldicke 33 und der mit dem LDV-Verfahren ermittelten mittleren Banddicke 37 anliegenden Regelabweichung die dynamischen Dickenkorrektur 44 der radiometrisch gemessenen Istdicke 46 des Bandes. Durch ein mit dem PID-Glied 43 verbundenes Vergleichsglied 46 kann die Regelung des PID-Gliedes 43 allerdings unterbunden werden, sofern die Regelabweichung 39 beispielsweise kleiner als 1% der Solldicke 33 beträgt.

[0030] In dem Addier-Glied 47 wird nun die dynamische Dickenkorrektur 44 zur gemessenen Istdicke 45 aufaddiert und als korrigierte Istdicke 48 auf den Eingang 49 eines Schalters 50 gelegt. Der Ausgang 51 des Schalters 50 ist wiederum direkt mit einem nicht dargestellten Eingang der Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes verbunden.

[0031] Ist der Ausgang 41 der Logikschaltung auf "Autokorrektur ein" geschaltet, liegt also ein Signal am PID-Glied 43 an, so verbindet der Schalter 50 den Eingang 49 mit dem Ausgang 51 und die Stelleelemente der Walzgerüste werden mit der korrigierten Istdicke 48 gesteuert. Dabei wird in der nicht dargestellten Steuerung der Stellelemente der über den Ausgang 51 ausgegebene Wert mit der Solldicke 33 erneut verglichen und die Stellelemente des Walzgerüstes 2 entsprechend gesteuert.

[0032] Darüber hinaus ist es möglich mit Hilfe des Schalters 50 die Steuerung der Stellelemente manuell auf die Istdicke 46 umzuschalten, indem der Ausgang 51 des Schalters 50 mit dem Eingang 52 des Schalters 50 verbunden wird. Unter bestimmten Umständen kann

auch ein automatisches Umschalten auf die Steuerung mit der Istdicke 46 erfolgen, nämlich dann, wenn über das Oder-Glied 53 das Reset-Gliedes 54 der Ausgang 41 zurückgesetzt wird. Dies ist der Fall, wenn der Eingang 55 des Oder-Gliedes 53, welcher den Betriebszustand Strahlers im Auslauf prüft, oder der Eingang 56 des Oder-Gliedes 53, der die Unterschreitung eines Mindestwertes für die Bandgeschwindigkeit überwacht, ein Signal führen. Dadurch kann beispielsweise verhindert werden, dass trotz ausgeschaltetem Strahler 8 im Auslauf des Bandes 1 eine automatische Dickenkorrektur vorgenommen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes beim Walzen mit einem Walzgerüst mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes und mindestens einer Aufwickelhaspel, wobei aus mindestens einer Bandlängenmessung und der Messung der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel eine mittlere Banddicke eines Bandabschnitts ermittelt wird und die Stellelemente des Walzgerüstes zumindest abhängig von der mittleren Banddicke des Bandabschnitts gesteuert werden,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Banddicke zusätzlich radiometrisch gemessen wird, die Stellelemente des Walzgerüstes von einer mit der mittleren Banddicke korrigierten radiometrischen Banddicke gesteuert werden und die Bandlänge unter Verwendung des Laser-Doppler-Velocimetrie-Verfahrens gemessen wird.

2. Verfahren nach Anspruche 1,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Umdrehungszahl der Aufwickelhaspel unter Verwendung hochauflösender Inkrementalgeber auf der Aufwickelhaspelachse oder Aufwickelhaspelmotorachse gemessen wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   durch die Wahl einer Mehrzahl von unterschiedlichen Startpunkten und zu messenden Bandlängen für die Bestimmung der mittleren Banddicke eine Mehrzahl von Werten für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   die Werte für die mittlere Banddicke des gleichen Bandabschnitts zusätzlich in Abhängigkeit vom aktuellen Bunddurchmesser des Bandes auf der Aufwickelhaspel mit variabler Gewichtung geglättet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   mindestens eine weitere, redundante Bandlängenmessung durchgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   beim Ausfall einer zur Bestimmung der mittleren Banddicke verwendeten ersten Bandlängenmessung automatisch auf eine weitere, redundante Bandlängenmessung umgeschaltet wird.

7. Vorrichtung zur Korrektur der Dicke eines metallischen Bandes (1) beim Walzen mit mindestens einem Walzgerüst (2) mit Stellelementen zur Regelung der Dicke des Bandes, mindestens einer Aufwickelhaspel (4), Mitteln zur Messung der Bandlänge (5) und des Ausmaßes der zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel (6) und Mitteln (18) zur Steuerung der Stellelemente des Walzgerüstes (2) in Abhängigkeit einer aus der gemessenen Bandlänge und zugehörigen Drehung der Aufwickelhaspel (4) bestimmten mittleren Banddicke, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der Ansprüche 1 bis 6,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   zusätzlich Mittel (8, 9) zur radiometrischen Dickenbestimmung des metallischen Bandes (1) zwischen Walzgerüst (2) und Aufwickelhaspel (3) vorgesehen sind und zur Bandlängenmessung ein Laser-Doppler-Velocimetrie-System (5) vorgesehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7,
   dadurch gekennzeichnet; dass
   Mittel (5) zur redundanten Bandlängenmessung vorgesehen sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8,
   dadurch gekennzeichnet, dass
   hochauflösende Inkrementalgeber (6) an der Aufwickelhaspelachse (7) oder Aufwickelhaspelmotorachse vorgesehen sind.

Claims

1. A method for correcting the thickness of a metal strip during rolling by a roll stand with adjusting elements to regulate the thickness of the strip and at least one take-up coiler, whereas an average strip thickness of a strip section is determined from at least one strip length measurement and the measurement of the dedicated rotation of the take-up coiler and the adjusting elements of the roll stand are controlled at least depending on the average strip thickness of the strip section,
   characterised in
   that the strip thickness is additionally measured ra-

diometrically, the adjusting elements of the roll stand are controlled depending on a radiometric strip thickness corrected using the average strip thickness and the strip length is measured using the laser Doppler velocimetry method.

2. The method according to claim 1,
characterised in
that the rotation speed of the takeup coiler is measured using thigh-resolution incremental sensors on the axis of the take-up coiler or the axis of the take-up coiler motor.

3. The method according to any one of claims 1 to 2,
characterised in
that a plurality of values for the average strip thickness of the same strip section is measured by selecting a plurality of different starting points and strip lengths to be measured to determine the average strip thickness.

4. The method according to claim 3,
characterised in
that the values for the average strip thickness of the same strip section are additionally smoothed with variable weighting depending on the actual coil diameter of the strip on the take-up coiler.

5. The method according to any one of claims 1 to 4,
characterised in
that at least one further redundant strip length measurement is made.

6. The method according to claim 5,
characterised in
that if a first strip length measurement used to determine the average strip thickness fails, there is an automatic switchover to a further redundant strip length measurement.

7. A device for correcting the thickness of a metal strip (1) during rolling using at least one roll stand (2) with adjusting elements to regulate the thickness of the strip, at least one take-up coiler (4) as well as means for measuring the strip length (5) and the extent of the dedicated rotation of the take-up coiler (6) and means (18) for controlling the adjusting elements of the roll stand (2) depending on an average strip thickness determined from the measured strip length and dedicated rotation of the take-up coiler (4) are provided, especially for implementing a method according to claims 1 to 6,
characterised in
that means (8, 9) for radiometric determination of the thickness of the metal strip (1) are additionally provided between the roll stand (2) and take-up coiler (3) and a laser Doppler velocimetry system (5) is provided for measuring the strip length.

8. The device according to claim 7,
characterised in
that means (5) are provided for redundant measurement of the strip length.

9. The device according to claim 7 or 8,
characterised in
that high-resolution incremental sensors (6) are provided on the axis of the take-up coiler (7) or the axis of the take-up coiler motor.

Revendications

1. Procédé de correction de l'épaisseur d'une bande métallique lors du laminage avec une cage de laminoir comportant des éléments de réglage pour la régulation de l'épaisseur de la bande et un bobinoir, une épaisseur moyenne d'un tronçon de la bande étant déterminée à partir d'au moins une mesure de la longueur de la bande et de la mesure de la rotation correspondante du bobinoir, et les éléments de réglage de la cage de laminoir étant commandés au moins en fonction de l'épaisseur de bande moyenne du tronçon de bande,
caractérisé en
ce que l'épaisseur de la bande est mesurée en outre de façon radiométrique, les éléments de réglage de la cage de laminoir sont commandés en fonction d'une épaisseur de bande radiométrique corrigée avec l'épaisseur de bande moyenne et la longueur de la bande est mesurée par utilisation du procédé de vélocimétrie doppler à laser.

2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en
ce que la vitesse de rotation du bobinoir est mesurée par utilisation d'un capteur incrémentiel à haute résolution sur l'axe du bobinoir ou sur l'axe du moteur du bobinoir,

3. Procédé selon l'une des revendications 1 à 2,
caractérisé en
ce que par le choix d'une pluralité de points de départ différents et de longueurs de bande à mesurer pour la détermination de l'épaisseur de bande moyenne, une pluralité de valeurs pour l'épaisseur de bande moyenne du même tronçon de bande est déterminée.

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en
ce que les valeurs de l'épaisseur de bande moyenne du même tronçon de bande sont de plus lissées en fonction du diamètre actuel de la bande sur le bobinoir, avec une pondération variable.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4,

caractérisé en
ce qu'il est procédé à au moins une mesure complémentaire et redondante de la longueur de la bande.

6. Procédé selon la revendication 5,
caractérisé en
ce qu'en cas de défaillance d'une première mesure de longueur de bande utilisée pour déterminer l'épaisseur de bande moyenne, on commute automatiquement sur une mesure complémentaire et redondante de la longueur de la bande.

7. Dispositif de correction de l'épaisseur d'une bande métallique (1) lors du laminage comportant au moins une cage de laminoir (2) avec des éléments de réglage pour la régulation de l'épaisseur de la bande, au moins un bobinoir (4), des moyens pour mesurer la longueur de la bande (5) et la rotation correspondante du bobinoir (6) ainsi que des moyens (18) prévus pour la commande des éléments de réglage de la cage de laminoir (2) en fonction d'une épaisseur de bande moyenne déterminée à partir de la longueur mesurée de la bande et de la rotation correspondante du bobinoir (4), en particulier pour la mise en oeuvre d'un procédé selon les revendications 1 à 6,
caractérisé en
ce que des moyens (8, 9) supplémentaires sont prévus pour la détermination radiométrique de l'épaisseur de la bande métallique (1) entre la cage de laminoir (2) et le bobinoir (3) et pour la mesure de la longueur de la bande il est prévu un système de vélocimétrie doppler à laser (5).

8. Dispositif selon la revendication 7,
caractérisé en
ce que des moyens (5) sont prévus pour la mesure redondante de la longueur de la bande.

9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8,
caractérisé en
ce que des capteurs incrémentiels (6) à haute résolution sont prévus sur l'axe (7) du bobinoir ou sur l'axe du moteur du bobinoir.

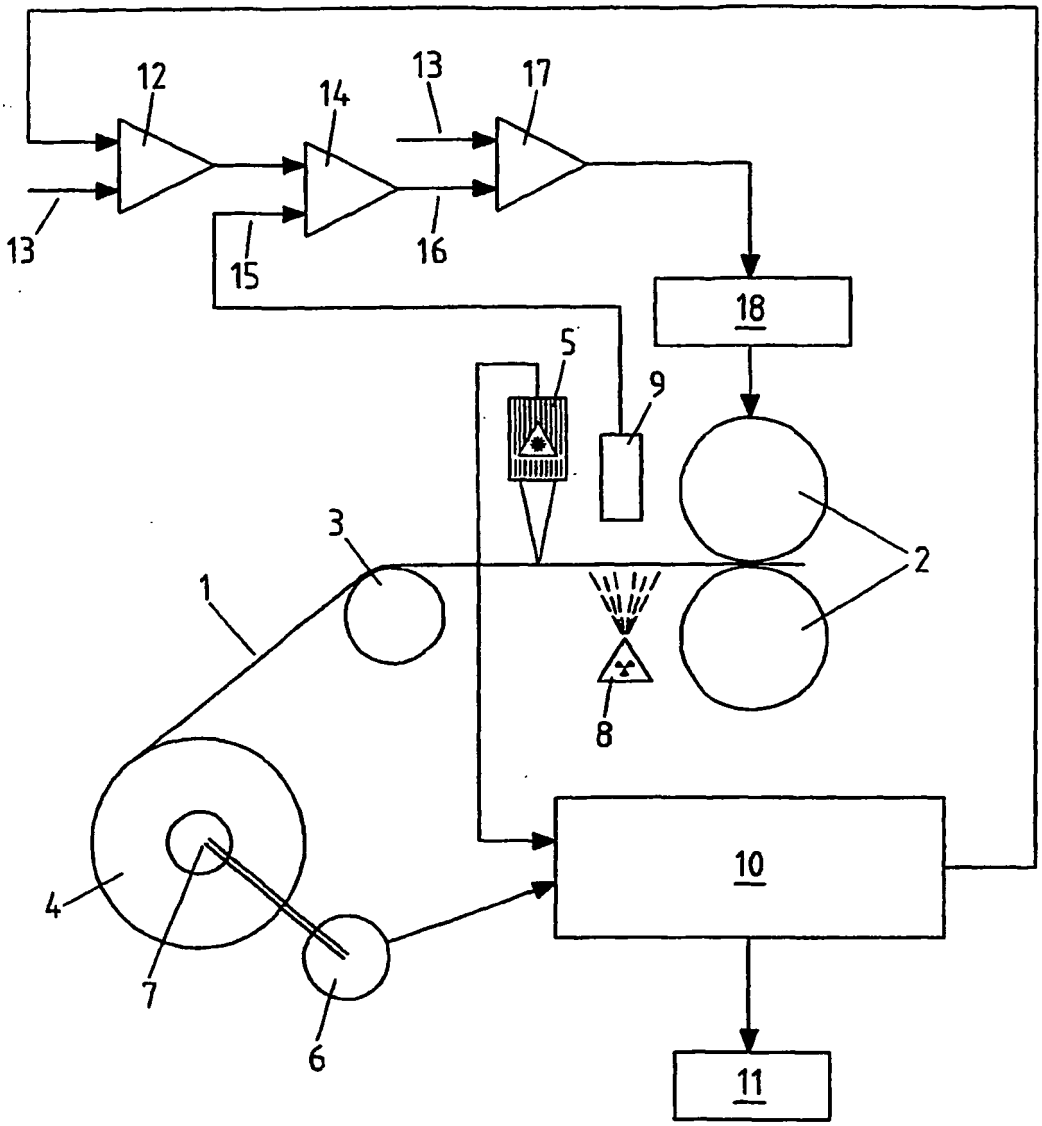


Fig.1

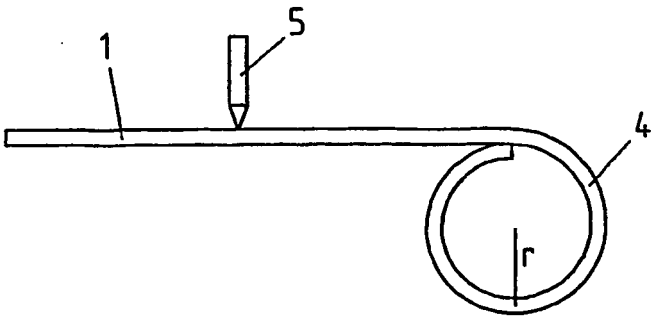


Fig.2a

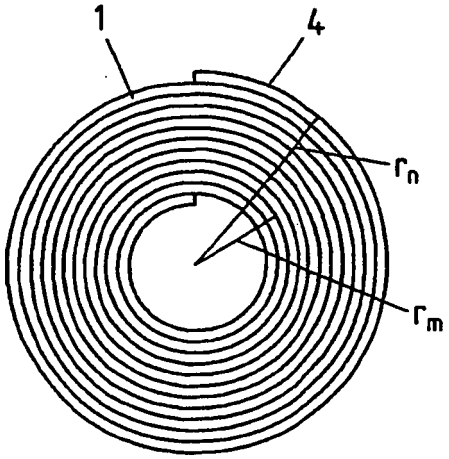


Fig.2b

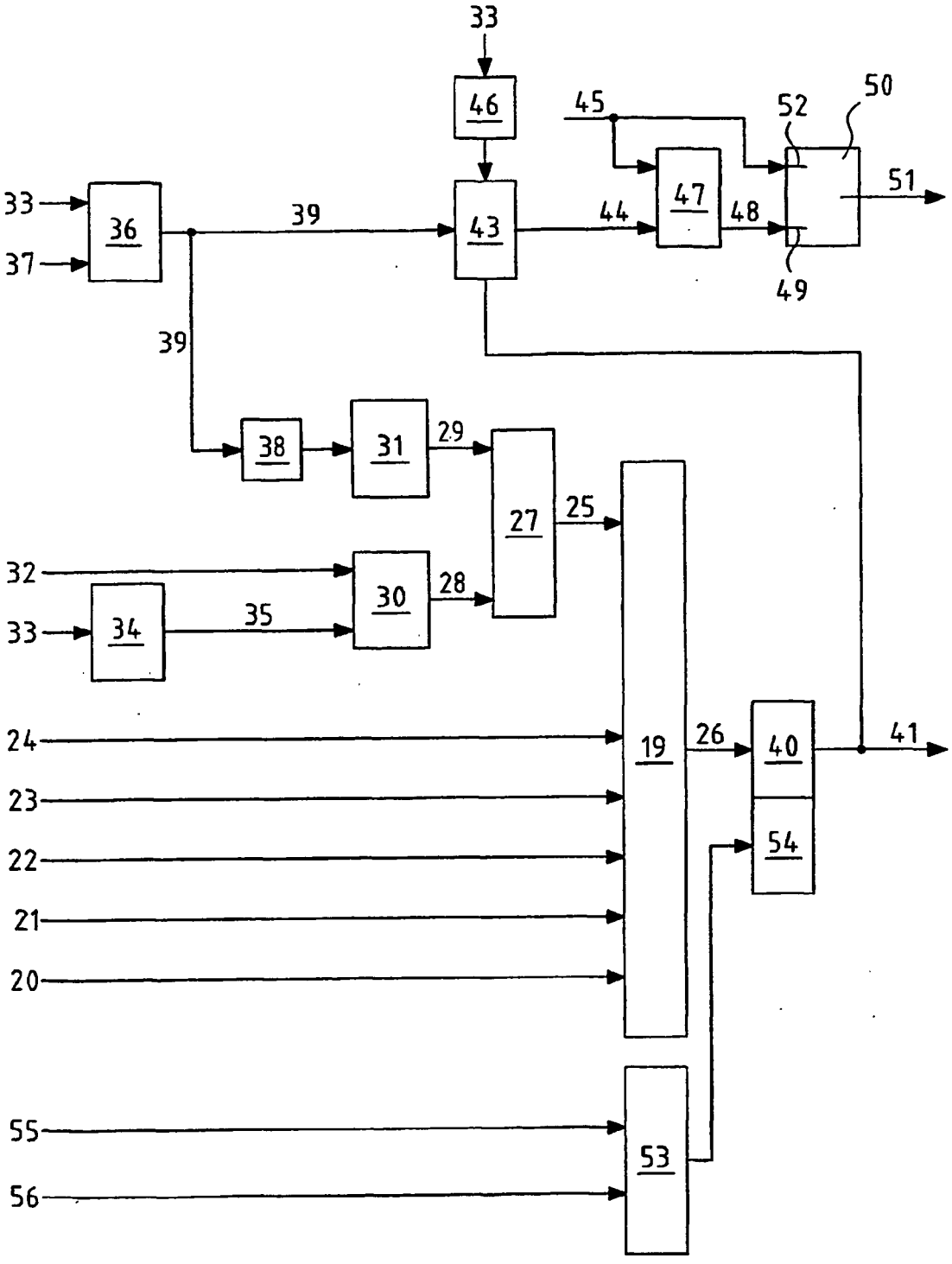

33
46
45
52
50
47
51
33
36
39
43
44
48
37
49
39
38
31
29
27
25
32
30
28
33
34
35
24
19
26
40
41
23
54
22
21
20
55
53
56

Fig.3