



REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 407 016 B**

(12)

PATENT SCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1050/98
(22) Anmeldetag: 18.06.1998
(42) Beginn der Patentdauer: 15.04.2000
(45) Ausgabetag: 27.11.2000

(51) Int. Cl.⁷: **B21B 38/12**

(56) Entgegenhaltungen:
DE 3916715A1 DE 3619412A1

(73) Patentinhaber:
VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGENBAU GMBH
A-4020 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
(72) Erfinder:
SCHOISSWOHL MARKUS DIPL.ING. DR.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
WEINBERGER KARL HEINZ DIPL.ING.
ST. VALENTIN, OBERÖSTERREICH (AT).
NIEL KURT DIPL.ING.
LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).
SEDIVY F.H. CHRISTOPH DIPL.ING.
REICHENAU, OBERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DES PROFILS VON ARBEITSWALZEN

(57) Bei einem Verfahren und einer Vorrichtung zur Messung des Profils von Arbeitswalzen (4, 5) wird während des Walzens die Eigenstrahlung des Walzguts (3) und/oder die vom Walzgut (3) reflektierte Strahlung sowie die Strahlung einer Arbeitswalze (4) im Bereich des Walzspaltes mit mindestens einem Aufnahmesensor (1) erfasst und abgebildet und aus der Abbildung aufgrund des Kontrastes zwischen Walzgut (3) und Arbeitswalze (4) das Walzenprofil unter Last zumindest einer Arbeitswalze (4) bestimmt. Vorzugsweise wird zusätzlich in den Walzpauzen der leere Walzspalt mit einer Strahlungsquelle (12) beleuchtet, der beleuchtete Walzspalt auf den Aufnahmesensor (1) abgebildet wird und aus der Abbildung die aktuelle Walzenballigkeit der Arbeitswalzen (4, 5) sowie der Leerlastwalzspalt bestimmt wird. Das erstellte Walzenprofil unter Last einer Arbeitswalze (4) und zusätzlich das aus den Messungen berechnete Profil der zweiten Arbeitswalze (5) unter Last kann zur genaueren Berechnung des Profils des Walzguts (3) verwendet werden.

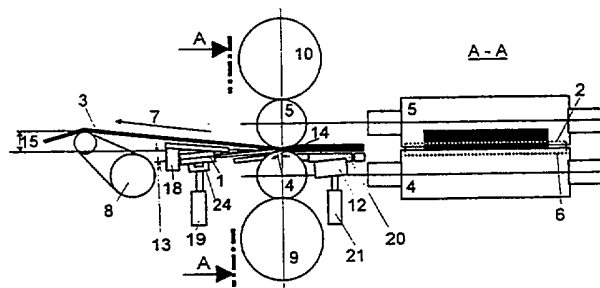


Fig. 2

AT 407 016 B

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung des Profils von Arbeitswalzen unter Verwendung der Eigenstrahlung des Walzguts und/oder der vom Walzgut reflektierte Strahlung sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Die Qualitätsanforderungen an gewalztes Material, insbesondere für warmgewalzte Bleche, werden ständig höher. So werden vom gewalzten Material geringe Dickentoleranzen, definierte Profile und größtmögliche Planheit verlangt. Um die verlangten Qualitätsanforderungen zu erreichen, werden in modernen Warmbandstraßen komplexe Modellrechnungen durchgeführt und entsprechende Regelsysteme verwendet. Die Modelle, die beispielsweise für die Berechnung der Profile des Walzguts verwendet werden, benötigen einerseits exakte Daten über die Beschaffenheit des Walzguts und andererseits exakte Daten über die Beschaffenheit der Arbeitswalzen, wie Originalprofil der Arbeitswalzen, thermische Walzenballigkeit, oder die Abnutzung der Arbeitswalzen.

Während des Walzens stehen genaue Werte für die thermische Walzenballigkeit und die Abnutzung der Arbeitswalzen nicht zur Verfügung und müssen daher hilfsweise mittels mathematischer Algorithmen und Adaption bestimmt werden, was sich nachteilig auf die Genauigkeit der Modelle für die Profilbestimmung auswirkt. Vor allem in Hinblick auf die Verwendung von freien Walzprogrammen (SFR - Schedule Free Rolling) ist die exakte Kenntnis des aktuellen Arbeitswalzenprofils von großer Bedeutung.

Die Druckschrift DE 36 19 412 A1 zeigt eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Walzspaltmessung und Regelung, wobei der Spalt, der von außen an den Arbeitswalzen befestigten Referenzscheiben gebildet wird, mit Licht angestrahlt und mit einer Kamera aufgenommen und anschließend das Signal der Kamera ausgewertet wird. Dies ermöglicht nur indirekt die Bestimmung des Walzspaltes der beiden Arbeitswalzen während des Walzvorgangs. Weder das aktuelle Profil der Arbeitswalzen noch das Profil der Arbeitswalzen unter Last kann auf diese Weise bestimmt werden.

Die DE 39 16 715 A1 zeigt ein Verfahren zur Walzspaltregelung, bei dem das Walzgut im warmen Zustand durch optoelektronische Abtastung der Querschnittskanten vermessen wird und aufgrund der Auswertung der Daten der Walzspalt verändert wird. Auch dieses Verfahren erlaubt keine direkte Bestimmung des tatsächlichen Profils der Arbeitswalzen unter Last.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht nun darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu entwickeln, womit eine direkte Bestimmung zumindest eines Arbeitswalzenprofils unter Last ermöglicht wird, welches in Folge zur Berechnung des Profils des Walzguts verwendet werden kann.

Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass während des Walzens die Eigenstrahlung des Walzguts und/oder die vom Walzgut reflektierte Strahlung sowie die Strahlung einer Arbeitswalze im Bereich des Walzspaltes mit mindestens einem Aufnahmesensor erfasst und abgebildet und aus der Abbildung aufgrund des Kontrastes zwischen Walzgut und Arbeitswalze das Walzenprofil unter Last zumindest einer Arbeitswalze bestimmt wird.

Neu an dieser Erfindung ist, dass das Profil einer Arbeitswalze unter Last während des Walzbetriebs bestimmt wird und daraus beispielsweise das Profil des Walzguts genauer bestimmt und geregelt werden kann als mit den entsprechenden bisherigen Verfahren mit komplexen adaptiven Modellen.

Das Verfahren ist für Warmwalzwerke oder Walzwerke mit wesentlichem Helligkeitskontrast zwischen Walzgut und Walzen anwendbar. Bei Warmwalzwerken beruht das Verfahren auf der unterschiedlichen Leuchtkraft des heißen gewalzten Bandes und der im Vergleich dazu kühleren Arbeitswalze.

Zur Messung des Arbeitswalzenprofils unter Last wird die Temperaturstrahlung (Eigenstrahlung) von Materialien verwendet. Zum Aufnahmesensor gelangen der Emissionsteil des Objektes sowie gegebenenfalls dessen Reflexionsteil über den betrachteten Objektpunkt, wobei der Reflexionsteil sich aus einem direkten und einem diffusen Anteil zusammensetzt. Der diffuse Reflexionsanteil ist durch Verwendung einer möglichst glatten Arbeitswalze gering zu halten.

Damit das für das Walzgut wirksame Walzenprofil bestimmt werden kann, muss der Aufnahmesensor jenen Bereich abbilden, der im Moment der Abbildung auf das Walzgut einwirkt. Dies wird beispielsweise dadurch erreicht, dass der oder die Aufnahmesensoren im Bereich unter dem Walzgut angeordnet werden, sobald das Walzgut nach dem Walzgerüst durch einen

Schlingenheber oder ähnliches angehoben wird. Der Schlingenheber verursacht einen Winkel zwischen auslaufendem Walzgut und Walzebene, wobei nun der Aufnahmesensor in diesem Winkelbereich angeordnet wird und den erforderlichen Bereich abbildet. Dabei ist darauf zu achten, dass der Winkel des Sehstrahls des Aufnahmesensors zur Walzebene kleiner ist, als der durch die Walzkräfte auftretende Verformungswinkel der Walze. Damit wird gewährleistet, dass der Aufnahmesensor tatsächlich das Walzenprofil während des Walzens erfasst. Aus diesem Grund werden die Aufnahmesensoren nur auf einer Seite des Walzguts angeordnet und damit während des Walzens nur die Walzenkontur einer Arbeitswalze unter Last gemessen.

Die Kameraachse ist die optische Achse der Kamera, die normal auf die Abbildungsebene der Kamera ist. Der hier als Deformationswinkel bezeichnete Winkel bedeutet nichts anderes als der Winkel des gedrückten Walzenradius zwischen vertikaler und Austrittskante des Bandes aus dem Walzspalt, wobei der vereinfachte Zusammenhang gilt, dass der Kosinus des Deformationswinkels gleich dem Quotienten aus dem durch die Walzkraft elastisch verformten Walzenradius und dem unbelasteten Walzenradius ist.

Weiters ist vorgesehen, dass in Walzpausen der leere Walzspalt bei rotierenden oder nicht rotierenden Arbeitswalzen mit einer Strahlungsquelle beleuchtet wird, der beleuchtete Walzspalt auf den Aufnahmesensor abgebildet wird und aus der Abbildung die aktuelle Walzenballigkeit der Arbeitswalzen sowie der Leerlastwalzspalt bestimmt wird.

Von Vorteil ist hierbei, dass mit einem Messgerät sowohl die aktuelle Walzenballigkeit der Arbeitswalzen und der Leerlastwalzspalt als auch das Profil einer Arbeitswalze unter Last während des Walzbetriebs bestimmt werden kann.

Hierbei kann das erstellte Walzenprofil unter Last einer Arbeitswalze und die aktuelle Walzenballigkeit der Arbeitswalzen zur Berechnung des Profils der zweiten Arbeitswalze unter Last und des Profils des Walzguts verwendet werden.

Damit lassen sich genaue Aussagen über das Walzenprofil unter Last der gegenüberliegenden Arbeitswalze treffen und somit weitere Parameter für die Profilregelung für das Walzgut ermitteln. Dieses direkte Messverfahren ersetzt bisherige Verfahren zur Walzenprofilermittlung, welche sich komplexer adaptiver Modelle bedienen, wodurch die Genauigkeit der Profilvorhersage erhöht wird.

Es ist weiters von Vorteil, dass der Einfluss von Störgrößen aus den mittels des Aufnahmesensors erstellten Abbildungen, beispielsweise durch Filterung des Messsignals des Aufnahmesensors, eliminiert wird und die auf diese Weise korrigierten Daten anschließend einer Visualisierung und/oder einer Weiterverarbeitung zugeführt werden.

Um repräsentative Messungen durchführen zu können, ist eine Kalibriersequenz des Messsystems nötig. Diese Kalibriersequenz kann beispielsweise an neuen Arbeitswalzenpaaren, deren Balligkeit bekannt ist, durchgeführt werden. Dabei befinden sich die frisch eingebauten Walzen im Ruhezustand (keine Rotation), und durch die Vermessung des offenen Walzspaltes mit Hilfe der Abbildung des Walzspaltes durch die Strahlungseinrichtung wird eine allfällige geometrische Unzulänglichkeit determiniert und in den folgenden Walzenprofilmessungen berücksichtigt.

Eine Ausführungsart des Verfahrens besteht darin, dass mindestens ein Aufnahmesensor während der Messungen eine feste Position einnimmt. Kann der mindestens eine Aufnahmesensor größere Flächen abbilden, so wird dieser bzw. werden diese den abzubildenden Bereich in Form einer Momentaufnahme aus einer während der Messung festen Position aufnehmen.

Kann der mindestens eine Aufnahmesensor nur relativ kleine Flächen abbilden, so sieht eine alternative Ausführungsart vor, diesen bzw. diese während der Messung entlang des abzubildenden Bereichs zu verschieben, um eine Abbildung des gesamten Bereichs zu erhalten. In diesem Fall muss jedoch eine etwaige Exzentrizität der Arbeitswalzen und Stützwalzen berücksichtigt werden, da die Abbildung des gesamten Bereichs nicht zu einem Zeitpunkt erfolgt und dadurch während der Messung die Walzenkontur aufgrund einer Exzentrizität ihre vertikale Lage relativ zum Aufnahmesensor ändert.

Dabei ist vorgesehen, dass die Exzentrizität der Arbeits- und Stützwalzen durch von der Exzentrizität beeinflusste Messgrößen (wie z.B. die Walzkraft) ermittelt werden und die Daten des Aufnahmesensors entsprechend korrigiert werden. Die Referenzmessung kann beispielsweise durch Messung der Walzkraftschwankungen erfolgen, da sich die Exzentrizität während des Walzens durch Walzkraftschwankungen auszeichnet. Auch Bewegungen des Walzspaltes, die eine

andere Ursache haben, können auf diese Weise korrigiert werden.

Alternativ können die Referenzmessungen mit einem weiteren Aufnahmesensor erfolgen, der während der Messung eine fixe Position einnimmt und somit Exzentrizitäts- und anderwertige Störanteile aus dem Messsignal gefiltert werden können.

5 Eine weitere Alternative besteht darin, dass die Exzentrizität der Arbeits- und Stützwalzen durch Analyse der Daten des Aufnahmesensors ermittelt wird, bei der die Daten auf periodische Änderungen untersucht werden, und die Daten des Aufnahmesensors entsprechend korrigiert werden. So kann durch Kenntnis der Drehzahl und der Durchmesser der Arbeits- und Stützwalzen die Periodizität der auftretenden Änderungen mit jener der Walzen verglichen werden.
10 Infolgedessen kann der Einfluss des Exzentrers identifiziert und aus dem Messergebnis eliminiert werden.

Weiters ist vorgesehen, dass der Aufnahmesensor zumindest während des Ein- und Ausfädelns des Walzguts im Walzgerüst sowie im Störfall aus der Messposition in eine Parkposition verbracht wird. Dadurch wird der ungestörte technische Ablauf des Walzens
15 gewährleistet.

Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Aufnahmesensoren als hochauflösende Kameras ausgeführt sind, die mit einer gemeinsamen Führung verbunden sind, und dass die Führung aus einer Messposition verschwenkbar oder verschieblich angeordnet ist, wobei in Bewegungsrichtung des Walzguts gesehen nach den
20 Arbeitswalzen ein Schlingenheber angeordnet ist und die Kameras zwischen Arbeitswalzensatz und Schlingenheber angeordnet sind.

Eine besondere Art der Vorrichtung besteht darin, dass die Führung in ein wassergekühltes Gehäuse eingebaut ist, welches aus der Parkposition vertikal in die Messposition übergeführt wird. Die dazu verwendeten Zylinder sorgen dafür, dass die Führung bzw. das Gehäuse während des
25 Messbetriebes kraftschlüssig mit dem Gerüst verbunden ist. In Ruhestellung ist die Vorrichtung derart im Zwischengerüsttisch verankert, dass es mit dem Zwischengerüsttisch zwischen der Walzstellung des Tisches und der Walzenwechselstellung des Tisches verschoben wird. Die Gegenbeleuchtungseinrichtung ist derart auf dem vorliegenden Gerüst angebracht, dass sie aus einer Parkstellung in die Messstellung abgeschwenkt werden kann.

30 Durch den Schlingenheber wird ein Winkel zwischen Walzgut und der Walzebene, gebildet. Dadurch wird für die Kamera der Blick auf den abzubildenden Bereich freigegeben.

Betrachtet man unter einem sehr flachen Winkel (welcher kleiner als der Verformungswinkel der Arbeitswalzen zu sein hat) den Walzspalt von der Unterseite des Walzguts, z.B. eines Bandes, aus, so kann man die Austrittskante des Bandes aus der unteren Arbeitswalze aufgrund des
35 Kontrastes des leuchtenden Bandes und der nichtleuchtenden Arbeitswalze erkennen. Verwendet man nun entweder eine hochauflösende Flächenkamera oder eine traversierende hochauflösende Flächen- oder Zeilenkamera, welche diese Kante längs der Zylinderachse der Arbeitswalze observiert, so kann man das Profil der unteren Arbeitswalzen während des Walzvorgangs messen. Zur besseren Bestimmung der Kantenlage wird eine optische Blende derart angebracht, dass die
40 Strahlung nicht interessierender Flächen nicht zum Aufnahmesensor gelangt.

Die Kamera, welche für die Messung des Walzenprofils herangezogen wird, muss so in den mechanischen Teil des Gerüstzwischentisches des Walzgerüsts eingefügt werden, dass sie das ungestörte Einfädeln des Bandes ermöglicht. Dies erfordert allerdings, dass sich die Kamera während des Einfädelns oder sonstiger Ereignisse nicht in ihrer Messposition befindet, sondern in
45 einer Parkposition, um den technischen Ablauf des Walzens zu gewährleisten. Nach dem Einfädeln des Bandes in dem der Installation nachfolgendem Gerüst, und sobald der Schlingenheber eine gewisse Schlingenhöhe aufgebaut hat, wird der Kamerateil aus seiner Parkposition in die Messposition gebracht.

Zur Messung des Profils ist jede Kamera mit einem Bildspeicher und einer Analyseeinrichtung verbunden. Der Bildspeicher hält die Abbildungen fest, aus denen mittels Analyseeinrichtung die Exzentrizität der Arbeitswalzen und Störgrößen wie Luftschlieren, Gasschlieren und Vibrationen
50 eliminiert werden.

Eine Ausführung der Vorrichtung besteht darin, dass jede Kamera in der Führung parallel zur Achse der Walzen verschieblich angeordnet und als Zeilenkamera ausgebildet ist. Dadurch kann
55 der gesamte abzubildende Bereich mit Zeilenkameras, mit denen jeweils ein schmaler Bereich

normal zu den Walzenlängsachsen abgebildet wird, abgetastet und bei der Auswertung zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden. Für Referenzmessungen kann zusätzlich zumindest eine Kamera fest in der Führung angeordnet werden.

Eine andere Ausführung besteht darin, dass die Kamera fest mit einer Halterung verbunden und als Flächenkamera ausgebildet ist. Dadurch kann mit einer oder mehreren Kameras zu einem Zeitpunkt der gesamte abzubildende Bereich abgebildet werden.

Es ist weiters vorgesehen, dass jede Kamera mit einer optischen Blende ausgestattet ist, durch die der zu beobachtende Bildausschnitt festgelegt ist. Dadurch können störende Strahlungen von außerhalb des abzubildenden Bereichs ausgeblendet werden. Ferner ist die Kamera mit entsprechenden Filtern, Blenden und Objektiven zu versehen, so dass eine möglichst gute Auflösung der Kontrastkante Band/Walze gewährleistet ist.

Weiters ist es von Vorteil, dass jede Kamera gegen externe Einflüsse, wie gegen Wärmestrahlung des Walzguts, aggressive Medien oder Schmutz, abgeschirmt ist. Die Umgebung der Kamera ist nach Bedarf so auszuführen, dass sie gegen die thermische Strahlung und Stöße des über ihm laufenden Walzguts geschützt ist. Dies geschieht beispielsweise durch einen wassergekühlten Teil des Gerüstzwischentisches, der die Kameras gegen Fehlfunktionen und Beschädigung aufgrund der vom Walzgut abgegebenen Wärme oder durch Staub- oder Wassereinwirkung schützt. Es kann auch vorgesehen werden, dass die einzelnen Kameras in Gehäusen eingebaut sind, welche entweder wassergekühlt oder von außen durch Aufbringen einer Kühlflüssigkeit kühlbar sind. Jede Kamera kann weiters gegen externe Einflüsse, wie gegen Wärmestrahlung des Walzguts, abgeschirmt, sein, indem die Führung in ein wassergekühltes Gehäuse eingebettet ist.

Ein weiteres Merkmal der Vorrichtung liegt darin, dass die Führung mit dem Walzgerüst verbunden ist und dass während einer Messung eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Führung und Walzgerüst vorliegt. Dadurch werden Relativschwingungen zwischen Walzgerüst und Führung, welche die Messgenauigkeit einschränken, verringert. Die Führung inklusive Gehäuse kann dabei über eine Hebevorrichtung vertikal zwischen der Messposition und der Parkposition bewegbar sein, und die Hebevorrichtung sorgt dafür, dass während des Messens ein Kraftschluss zwischen dem Gerüst und dem Gehäuse oder der Führung gewährleistet ist. Es kann vorgesehen werden, dass die Führung in der Ruhestellung mit dem Zwischengerüsttisch mitbewegbar ist.

Um etwaige Bewegungen der Arbeitswalze relativ zur Messeinrichtung, wie sie zum Beispiel durch Anstellungseinrichtungen der unteren Arbeits- und Stützwalze entstehen, zu eliminieren, kann als Alternative die Halterung bzw. Führung kraftschlüssig an die Einbaustücke der Arbeitswalzen gekoppelt werden.

Das Merkmal, dass die Strahlungsquelle auf der der mindestens einen Kamera gegenüberliegenden Seite des Walzspalts aus einer Messposition verschwenkbar oder verschieblich angeordnet ist und die Ausbreitungsrichtung der Strahlung der Strahlungsquelle in Messposition der Kameraachse entspricht, ermöglicht die Messung des Walzspalts in den Walzpausen sowie Kalibriermessungen.

Des weiteren ist es mit der hier beschriebenen Vorrichtung möglich, das Maß der Exzentrizität der Arbeitswalzen zu bestimmen. Dazu misst die Kamera an einer definierten horizontalen Position während mehrerer Umdrehungen der Stützwalze die Änderung der Intensitätskante Walzgut/Arbeitswalze. Dadurch kann in der Folge die Amplitude des Exzentrersignals festgestellt werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren soll idealerweise an allen Walzgerüsten einer mehrgerüstigen Warmbandstraße angewendet werden, hinter welchen sich ein Schlingenheber oder eine artähnliche Installation befindet, welche die Observierung des Walzspaltes erlaubt. Primäres Ziel ist allerdings der Einsatz des Messgerätes an jenen Walzgerüsten, an welchen das Profil des Walzguts definiert wird.

Um eine gute Messung des Walzspaltes und des Walzenprofils zu gewährleisten, muss zum einen während der Messung die Zwischengerüstkühlung auf der Messseite ausgeschaltet sein, und zum anderen eine gute Qualität der Walzenoberflächenrauigkeit (kein Rost) gewährleistet sein.

Die Erfindung ist in den Figuren 1 bis 6 beispielhaft und schematisch anhand einer mehrgerüstigen Tandem-Warmbandstraße dargestellt.

Fig. 1 zeigt die Seitenansicht eines Tandemwalzgerüsts mit Messeinrichtung in Parkposition.

Fig. 2 zeigt die Seitenansicht sowie einen entsprechenden Querschnitt eines Tandemwalzgerüsts mit Messeinrichtung in Messposition während des Walzens.

Fig. 3 zeigt einen Detailausschnitt des von der Kamera in Fig. 2 observierten Bereichs.

Fig. 4 zeigt den Aufbau der Analyseeinrichtung einer Kamera.

Fig. 5 zeigt die Seitenansicht eines Tandemwalzgerüsts mit Messeinrichtung in Messposition in einer Walzpause.

Fig. 6 zeigt einen Detailausschnitt des von der Kamera in Fig. 5 abgebildeten Bereichs.

In Fig. 1 befinden sich die Messeinrichtung mit Kamera 1 und die Beleuchtungseinrichtung 12 in Parkposition. Das Band 3 wird mittels der Arbeitswalzen 4, 5, die während des Walzvorgangs durch Stützwalzen 9, 10 gestützt sind, gewalzt. Das Stahlband 3, dass in diesen Walzgerüsten verarbeitet wird, hat eine Temperatur von etwa 950°C und befindet sich somit im glühenden Zustand. Die Kamera 1 ist als CCD-Zeilenkamera ausgeführt und auf einem Schlitten montiert, der auf einer Führung, 24, parallel zur Walzenachsrichtung traversieren kann. Die Führung 24 ihrerseits ist über zwei Hydraulikzylinder 19, welche am Walzgerüst angebaut sind, vertikal verschiebbar eingebaut. Dabei ist die Konstruktion so ausgelegt, dass bei hochgefahrterer Führung 24 (sobald sich die Kamera 1 in Messposition befindet), ein fixer Kraftschluss zwischen Walzgerüst und Führung 24 vorherrscht, der dafür sorgt, dass Relativschwingungen zwischen Walzgerüst und Kamera 1 minimal werden. Über der Kamera 1 befindet sich ein Teil des Zwischengerüsttisches 18, welcher auf der Führung 24 stoßgedämpft aufliegt. Dieser Tisch 18 ist wassergekühlt ausgeführt, um die thermische Beanspruchung der Kamera 1 zu minimieren. Die als mit parallelem Strahlengang ausgebildete Beleuchtungseinheit 12 ist ebenfalls durch hydraulische Zylinder 21 vertikal verschiebbar. Durch einen Teil des Einlaufisches 20 ist die Beleuchtungseinheit gegen die Einflüsse des Bandes 3 geschützt. In Bewegungsrichtung 7 des Bandes 3 gesehen, ist ein Schlingenheber 8 angeordnet, der das Band 3 unter Bildung einer Bandschlinge mit der Arbeitshöhe 15 relativ zur Walzebene des Bandes 3 anhebt.

In Fig. 2 befindet sich die Kamera 1 bereits in Messposition. Sobald das Band 3 im nachfolgenden Walzgerüst eingefädelt hat, wird der Schlingenheber 8 seine Arbeitsposition mit der Arbeitshöhe 15 anfahren. Hat er diese erreicht, so wird die Kamera 1 aus ihrer Parkposition vertikal in die Messposition verschoben. Die Kamera 1 blickt nun unter dem Winkel 13, welcher kleiner als der Verformungswinkel der Walze 14 zu sein hat, auf den Walzspalt. Der Verformungswinkel 14 ergibt sich aus der elastischen Deformation der Arbeitswalze 4 während der Stichabnahme. Die Kamera 1 observiert nun gemäß dem Schnitt entlang A-A im Observationsbereich 2, 6 den Walzspalt und sieht dabei primär die untere Arbeitswalze 4 und das heiße Band 3.

In Fig. 3 erkennt man, dass sich im Observationsbereich mit den Bereichsgrenzen 2, 6 aufgrund des Intensitätsunterschiedes zwischen dem glühenden Band 3 (dunkel dargestellt) und der kühlen Arbeitswalze 4 eine Grenzkontur 22 ergibt, welche dem aktuellen Profil der Arbeitswalze 4 entspricht.

Während der Messung ist die Regelung des Schlingenhebers 8 so justiert, dass sie eine definierte Mindesthöhe der Bandschlinge gewährleistet, sodass das Walzgut 3 nicht auf dem Zwischengerüsttischteil 18 streift. Ist dies aufgrund der Überschreitung von Limits während der Messung nicht mehr gewährleistet, so wird die Messeinrichtung 1, 18, 24 sofort vertikal nach unten in die Parkposition gebracht.

In Fig. 4 ist die Analyseeinrichtung des Messsignals der Kamera dargestellt. Während des Traversierens nimmt der Kamera 1 das jeweilige Bild einer Position auf, welches an den Bildspeicher 26 weitergeleitet wird. Dabei wird für verschiedene Positionen der Kamera 1 aufgrund des Helligkeitsprofils der korrespondierende, aktuell gemessene Profilpunkt der Arbeitswalze 4 ermittelt. In der anschließenden Analyseeinrichtung 27 wird in der Folge über eine Exzenterkompensation, welche beispielsweise artgleich zu jener in der österreichischen Patentanmeldung A 2111/96 ist, und einen Filter für Vibrationen der gemessene Profilpunkt korrigiert. Anschließend wird der korrigierte Messwert mit den vorhergehenden und folgenden Messwerten in der Auswertung 28 zu einem Gesamtprofil zusammengefügt. Das Gesamtprofil wird dann gemäß 29 an weitere Steuer- und Regelkreise des Profils des Walzguts, und/oder zur Visualisierung weitergeleitet.

Die Messung der aktuellen Walzenballigkeit der Arbeitswalzen und des Leerlastwalzspaltes

kann gemäß Fig. 5 nur durchgeführt werden, wenn sich kein Band 3 zwischen den Arbeitswalzen 4, 5 befindet. Dabei werden sowohl die Beleuchtungseinheit 12 als auch die Kamera 1 vertikal nach oben in Messposition gebracht. Die Beleuchtungseinheit 12 sorgt nun dafür, dass die Kamera 1 ein Bild, wie in Fig. 6 dargestellt, erhält. Dabei erscheint im Observationsbereich 2, 6 der Walzspalt 16 zwischen der oberen 5 und der unteren Arbeitswalze 4 hell (hier schwarz dargestellt) und es wird somit, aufgrund der unteren und oberen Kontrastgrenzen 22, 23 das Profil der oberen 5 und unteren 4 Arbeitswalze sowie der Leerlastwalzspalt ermittelt.

Die Lichtquelle 12 ist als parallele Lichtquelle ausgeführt, welche den Lichtstrahl in Richtung 11, die der Achsrichtung Lichtquelle-Walzspalt-Kamera entspricht, aussendet. Diese Lichtquelle 12 kann ihrerseits traversierend oder statisch ausgeführt werden. Die Kameraachse der Kamera 1 und des parallelen Lichtstrahles und somit die eingezeichneten Winkel 17 und 25 sind identisch. Bei dieser Einsatzvariante beobachtet die Kamera 1 nun ebenso wie bei der Messung des Walzenprofils den Walzspalt 16. Aus der vertikalen Ausdehnung der hellen Fläche wird der aktuelle Leerlastwalzspalt ermittelt.

Analog zur Messung des Leerlastwalzenprofils und des Leerlastwalzspaltes wird auch die Kalibrierung durchgeführt. Dabei wird eine Messung an nichtrotierenden neuen Arbeitswalzen durchgeführt, deren Walzenprofil bekannt ist. Durch die Analyse der Messdaten werden dann Korrekturwerte, welche etwaige geometrische Unzulänglichkeiten kompensieren sollen, ermittelt. Diese Korrekturwerte werden in der Folge bei der Analyse der Messdaten berücksichtigt.

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zur Messung des Profils von Arbeitswalzen unter Verwendung der Eigenstrahlung des Walzguts und/oder der vom Walzgut reflektierte Strahlung, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Walzens die Eigenstrahlung des Walzguts und/oder die vom Walzgut reflektierte Strahlung sowie die Strahlung einer Arbeitswalze im Bereich des Walzspaltes mit mindestens einem Aufnahmesensor erfasst und abgebildet und aus der Abbildung aufgrund des Kontrastes zwischen Walzgut und Arbeitswalze das Walzenprofil unter Last zumindest einer Arbeitswalze bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das von den Arbeitswalzen austretende Walzgut aus der Walzebene abgelenkt wird, sodass der beim Walzen abgebildete Bereich zumindest einen Teil einer Oberfläche des zwischen den Arbeitswalzen austretenden Walzguts und jenen Umfangsbereich einer Arbeitswalze umfasst, der auf das Walzgut gepresst ist, wobei der Winkel der Kameraachse zur Walzebene kleiner ist als der elastische Deformationswinkel der Arbeitswalze während des Walzens.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Walzpausen der leere Walzspalt mit einer Strahlungsquelle beleuchtet wird, der beleuchtete Walzspalt auf den Aufnahmesensor abgebildet wird und aus der Abbildung die aktuelle Walzenballigkeit der Arbeitswalzen sowie der Leerlastwalzspalt bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erstellte Walzenprofil unter Last einer Arbeitswalze und die aktuelle Walzenballigkeit der Arbeitswalzen zur Berechnung des Profils der zweiten Arbeitswalze unter Last und des Profils des Walzguts verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** vor dem Walzen der leere Walzspalt bei stillstehenden Arbeitswalzen mit einer Strahlungsquelle beleuchtet wird, der beleuchtete Walzspalt auf den Aufnahmesensor abgebildet wird und aus der Abbildung allfällige geometrische Unzulänglichkeiten des Meßsystems bestimmt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Einfluss von Störgrößen aus den mittels des Aufnahmesensors erstellten Abbildungen, beispielsweise durch Filterung des Messsignals des Aufnahmesensors, eliminiert wird und die auf diese Weise korrigierten Daten anschließend einer Visualisierung und/oder einer Weiterverarbeitung zugeführt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass**

mindestens ein Aufnahmesensor während der Messungen eine feste Position einnimmt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Aufnahmesensor parallel zu den Walzenlängsachsen verschoben wird.
- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Exzentrizität der Arbeits- und Stützwalzen durch von der Exzentrizität beeinflusste Messgrößen (wie z.B. die Walzkraft) ermittelt werden und die Daten des Aufnahmesensors entsprechend korrigiert werden.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Referenzmessungen mit einem weiteren Aufnahmesensor erfolgen, der während der Messung eine fixe Position einnimmt und somit Exzentrizitäts- und anderwertige Störanteile aus dem Messsignal gefiltert werden können.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Exzentrizität der Arbeits- und Stützwalzen durch Analyse der Daten des Aufnahmesensors ermittelt wird, bei der die Daten auf periodische Änderungen untersucht werden, und die Daten des Aufnahmesensors entsprechend korrigiert werden.
- 20 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aufnahmesensor zumindest während des Ein- und Ausfädelns des Walzguts im Walzgerüst sowie im Störfall aus der Messposition in eine Parkposition verbracht wird.
- 25 13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Aufnahmesensoren als hochauflösende Kameras (1) ausgeführt sind, die mit einer gemeinsamen Führung (24) verbunden sind, und dass die Führung (24) aus einer Messposition verschwenkbar oder verschieblich angeordnet ist, wobei in Bewegungsrichtung des Walzguts (3) gesehen nach den Arbeitswalzen (4, 5) ein Schlingenheber (8) angeordnet ist und die Kameras (1) zwischen Arbeitswalzensatz (4, 5) und Schlingenheber (8) angeordnet sind.
- 30 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kamera (1) mit einem Bildspeicher (26) und einer Analyseeinrichtung (27) verbunden ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kamera (1) in der Führung (24) parallel zur Achse der Arbeitswalzen (4, 5) verschieblich angeordnet und als Zeilenkamera ausgebildet ist.
- 35 16. Vorrichtung nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** für Referenzmessungen zusätzlich zumindest eine Kamera (1) fest in der Führung (24) angeordnet ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kamera (1) fest mit der Führung (24) verbunden und als Flächenkamera ausgebildet ist.
- 40 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kamera (1) mit einer optischen Blende ausgestattet ist, durch die der zu beobachtende Bildausschnitt (2, 6) festgelegt ist.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kamera (1) gegen externe Einflüsse, wie gegen Wärmestrahlung des Walzguts, aggressive Medien oder Schmutz, abgeschirmt ist.
- 45 20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Kameras (1) in Gehäusen eingebaut sind, welche entweder wassergekühlt oder von außen durch Aufbringen einer Kühlflüssigkeit kühlbar sind.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kamera (1) gegen externe Einflüsse, wie gegen Wärmestrahlung des Walzguts, abgeschirmt ist, dadurch dass die Führung (24) in ein wassergekühltes Gehäuse eingebettet ist.
- 50 22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führung (24) mit dem Walzgerüst verbunden ist und dass während einer Messung eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Führung (24) und Walzgerüst vorliegt.
- 55 23. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führung (24) inklusive Gehäuse über eine Hebevorrichtung (19) vertikal zwischen der Messposition und der Parkposition bewegbar ist, und die Hebevorrichtung (19) dafür sorgt, dass während des Messens ein Kraftschluss zwischen dem Gerüst und dem Gehäuse oder der Führung (24) gewährleistet ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 13 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führung (24) in der Ruhestellung mit dem Zwischengerüsttisch (18) mitbewegbar ist.
25. Vorrichtung nach Anspruch 3, 4 und 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strahlungsquelle (12) auf der der mindestens einen Kamera (1) gegenüberliegenden Seite des Walzspalts (16) aus einer Messposition verschwenkbar oder verschieblich angeordnet ist und die Ausbreitungsrichtung (11) der Strahlung der Strahlungsquelle (12) in Messposition der Kameraachse entspricht.

HIEZU 3 BLATT ZEICHNUNGEN

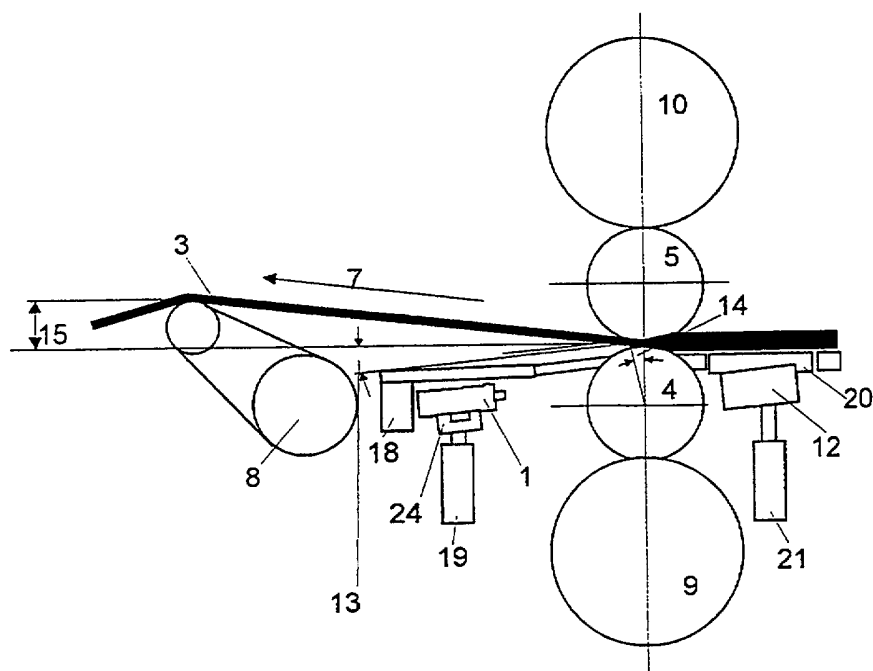


Fig. 1

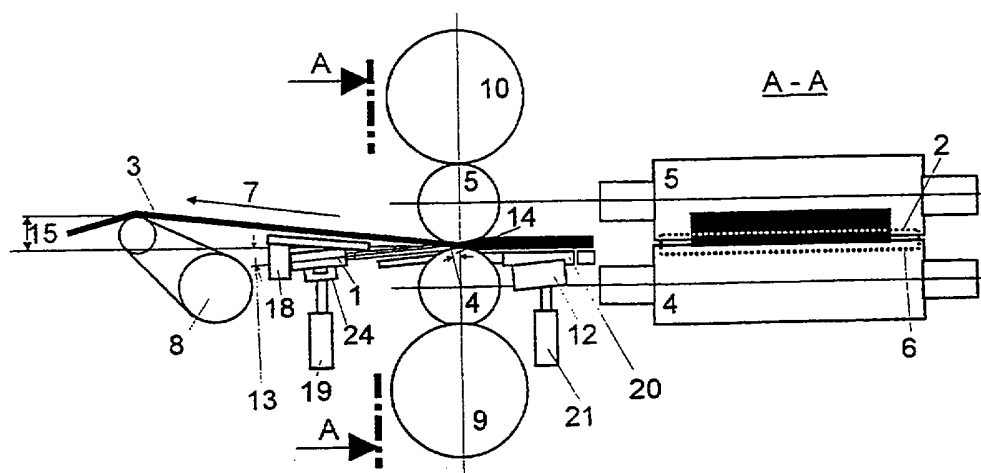


Fig. 2

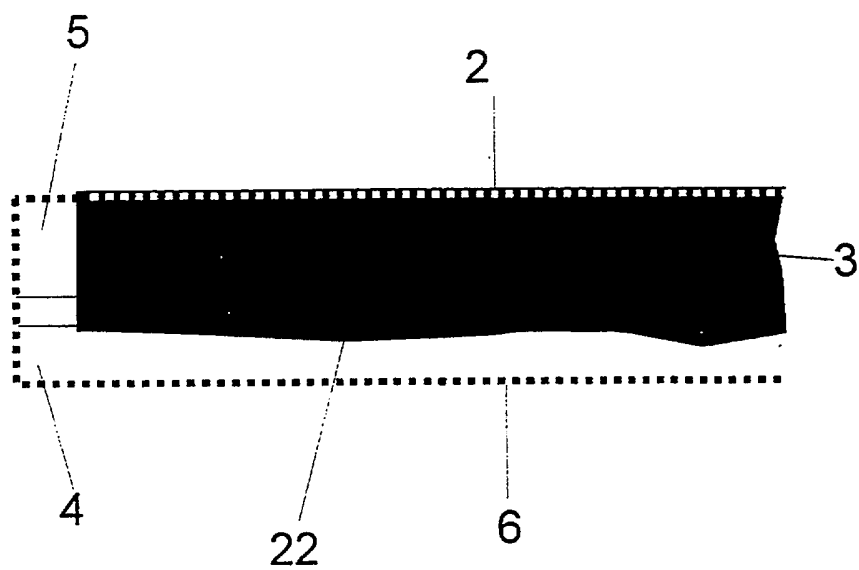


Fig. 3

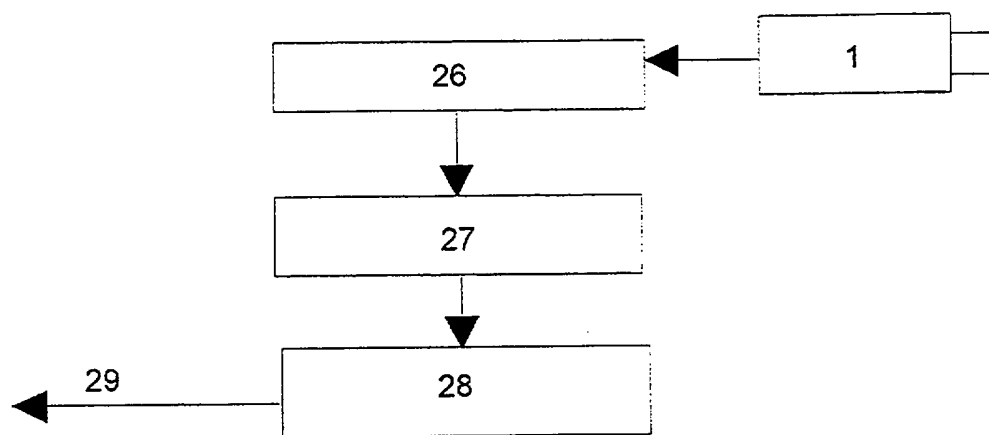


Fig. 4

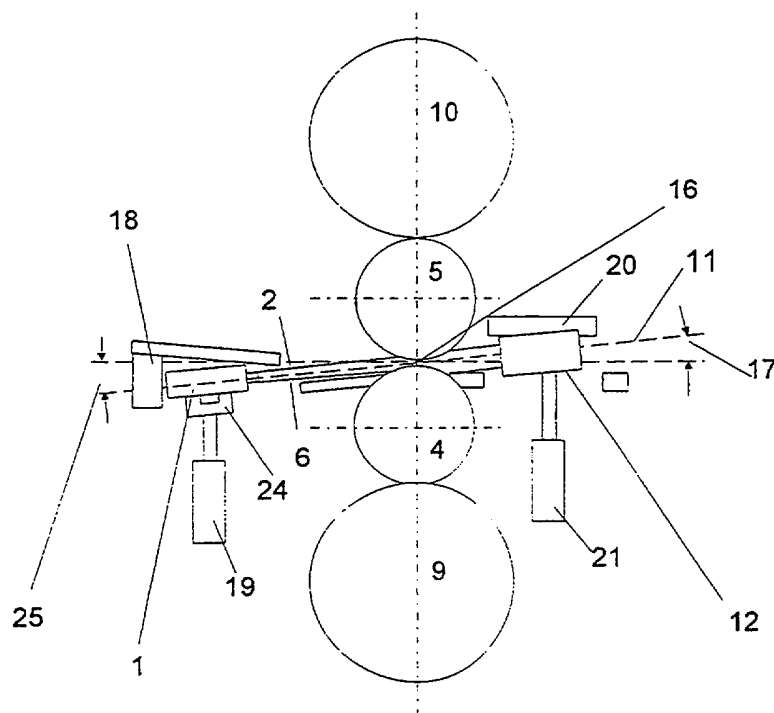


Fig. 5

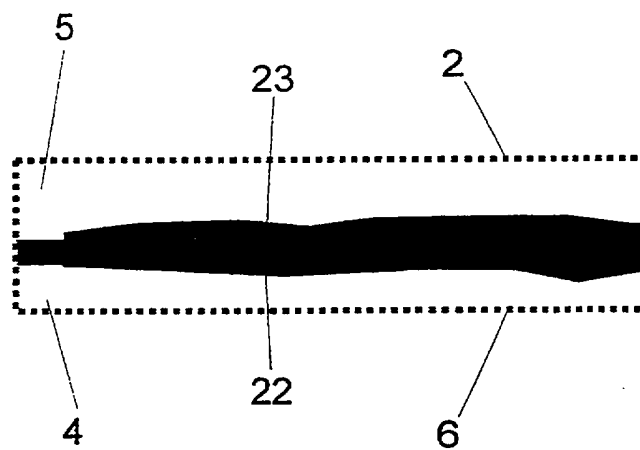


Fig. 6