

⑫ **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

⑲ Anmeldenummer: **89122265.5**

⑤① Int. Cl.⁵: **B21B 37/12**

⑳ Anmeldetag: **02.12.89**

③① Priorität: **08.12.88 DE 3841367**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
13.06.90 Patentblatt 90/24

⑥④ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑦① Anmelder: **Asea Brown Boveri
Aktiengesellschaft
Kallstadter Strasse 1
D-6800 Mannheim 31(DE)**

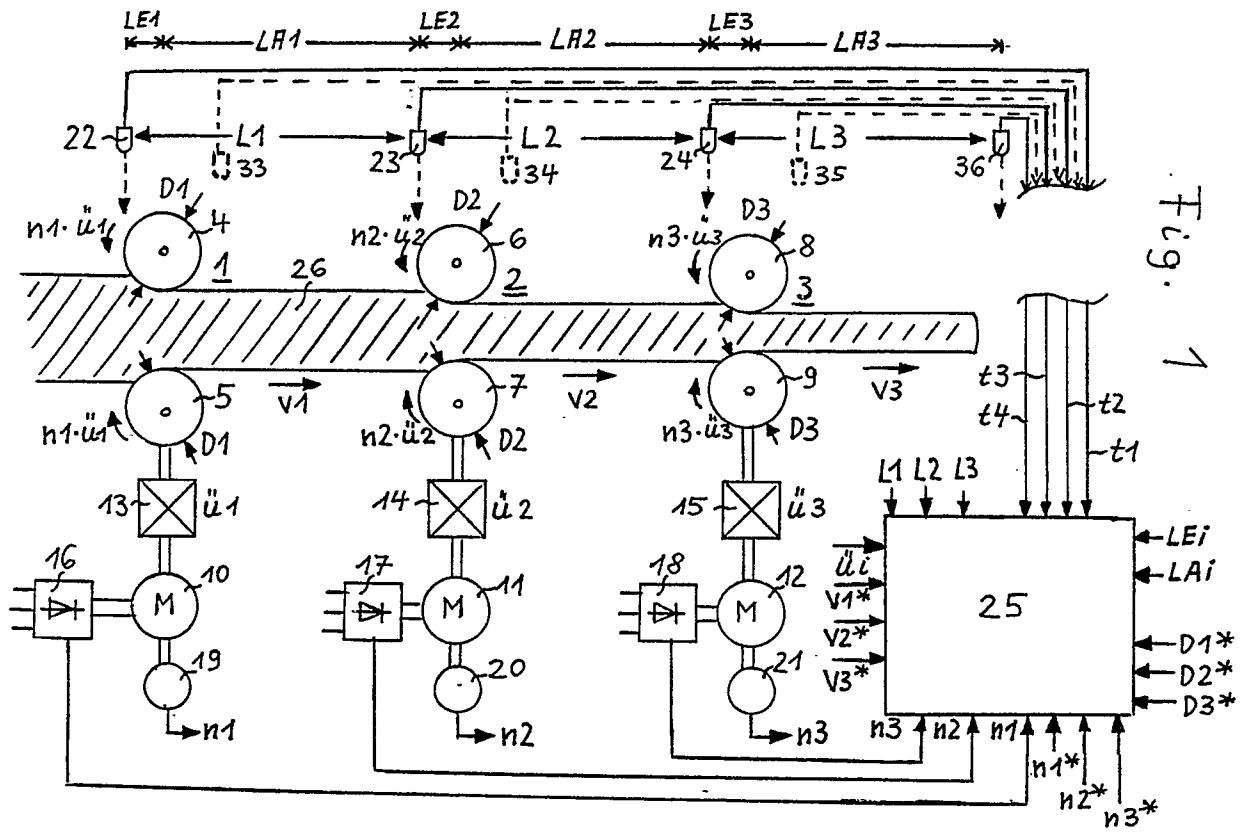
⑦② Erfinder: **Grote, Hans Dieter
L2
D-6800 Mannheim 1(DE)
Erfinder: Bleckmann, Winfried
Lessingstrasse 16c
D-6945 Hirschberg(DE)
Erfinder: Probst, Ewald
Feldbergstrasse 48a
D-6800 Mannheim 1(DE)
Erfinder: Dansauer, Michael
Collinistrasse 5
D-6800 Mannheim 1(DE)
Erfinder: Krüger, Gerald, Dr.
Peter-Böhm-Strasse 17
D-6904 Eppelheim(DE)
Erfinder: Wild, Ernst
Wernerstrasse 20/6
D-7141 Oberriexingen(DE)**

⑦④ Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing. et al
c/o Asea Brown Boveri Aktiengesellschaft
Zentralbereich Patente Postfach 100351
D-6800 Mannheim 1(DE)**

⑤④ **Prozessleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstrasse.**

EP 0 372 439 A2

⑤⑦ Mit Hilfe dieses Prozessleitverfahrens sollen die aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser (Di) einer kontinuierlichen Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten (1,2,3,i) und Walzen (4 bis 9) mit Einzelantrieben sowie der Kaliberverschleiß (dDi) selbsttätig erfaßt werden. Die Kaliberdurchmesser werden laufend als Quotient aus der aktuellen Stabgeschwindigkeit (vi) des Walzgutes (26) und der aktuellen Walzendrehzahl (ni • üi) ermittelt. Bei eingefahrener Walzstraße werden Referenz-Kaliberdurchmesser (D0i) für jede Walze (4 bis 9) und jedes Walzgerüst (1 bis 3,i) erfaßt und gespeichert. Durch Differenzbildung zwischen dem Referenz-Kaliberdurchmesser (D0i) und dem aktuell arbeitenden Kaliberdurchmesser (Di) kann der Kaliberverschleiß laufend ermittelt werden.



Prozeßleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstraße

Die Erfindung bezieht sich auf ein Prozeßleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstraße gemäß dem Oberbegriff der nebengeordneten Ansprüche 1 und 10.

Ein solches Prozeßleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstraße ist aus der EP-PS 00 04 598 bekannt. Dabei werden die Geschwindigkeit des Walzgutes an der Auslaufseite eines Walzgerüsts und die Umfangsgeschwindigkeit bzw. die Drehzahl der Walze dieses Walzgerüsts gemessen und es wird ein mathematischer Verknüpfungswert aus diesen beiden Werten als Bezugsgröße zur Regelung einer vorgegebenen Längskraft herangezogen.

Bei Kontiwalzwerken ist die Umrechnung der gewünschten Stabgeschwindigkeit des Walzgutes in entsprechende Antriebsdrehzahlen (Walzenantriebsdrehzahlen) in der Regel mit Fehlern von bis zu 5% behaftet. Die Ursachen dieser Fehler sind Meßunsicherheiten bei der Kaliberdurchmesserbestimmung und Schwierigkeiten bei der genauen Berechnung des Kaliberabzugswertes. Diese Fehler führen zu ungenauer Berechnung der arbeitenden Kaliberdurchmesser und somit zu fehlerbehafteter Bestimmung der Antriebsdrehzahlen. Dies wiederum führt zu falschen Stabgeschwindigkeiten (Walzgeschwindigkeiten). Da sich die Wegverfolgung auf die Sollgeschwindigkeitswerte bezieht, erzeugt sie fehlerhafte Steuersignale für die Stromvergleichsregelung beim Walzenantrieb, die Scherenansteuerung etc.; dies kann zu Materialverlust führen.

Der Erfindung liegt davon ausgehend die Aufgabe zugrunde, ein Prozeßleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstraße der eingangs genannten Art anzugeben, das eine selbsttätige Erkennung der aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser und des Kaliberverschleisses ermöglicht.

Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffes alternativ durch die im Kennzeichen der Ansprüche 1 und 10 angegebenen Merkmale gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß infolge der laufenden selbsttätigen Ermittlung des Kaliberverschleisses der notwendige Austausch eines Kalibers rasch erfaßt wird. Da die Stabgeschwindigkeit des Walzgutes direkt gemessen wird, werden Fehler in der Berechnung der arbeitenden Kaliberdurchmesser zuverlässig vermieden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine Walzstraße mit einer Auswerteeinrichtung zur Kaliberverschleißerkennung,
- Fig. 2 zwei Walzen eines Walzgerüsts mit mehreren Kalibern,
- Fig. 3 das Prinzip der Ermittlung der Stabgeschwindigkeit aus Ein- und Auslaufgeschwindigkeit,
- Fig. 4 das Prinzip der Ermittlung der Stabgeschwindigkeit aus dem Drehzahlverhältnis benachbarter Gerüste.

In Fig. 1 ist eine Walzstraße mit einer Auswerteeinrichtung zur Kaliberverschleißerkennung dargestellt. Es sind beispielhaft drei Walzgerüste 1,2,3 der Walzstraße gezeigt, wobei das Walzgerüst 1 die Walzen 4,5, das Walzgerüst 2 die Walzen 6,7 und das Walzgerüst 3 die Walzen 8,9 aufweist. Die Walzen 4/5 bzw. 6/7 bzw. 8/9 werden jeweils von einem Elektromotor 10 bzw. 11 bzw. 12 paarweise angetrieben, wobei zwischen Motor und Walze jeweils ein Getriebe 13 bzw. 14 bzw. 15 mit einem Getriebe-Übersetzungsverhältnis $\ddot{u}_i$ ($\ddot{u}_i$ = Walzendrehzahl/Antriebsdrehzahl, wobei $i = 1,2,3,4,\dots$ = Index für Gerüstzahl bzw. Gerüstnummer) geschaltet ist. Die Elektromotoren 10 bzw. 11 bzw. 12 werden drehzahlgeregelt über Stromrichter 16 bzw. 17 bzw. 18 gespeist. Zur Erfassung der aktuellen Antriebsdrehzahlen (= Motordrehzahlen) n_1 bzw. n_2 bzw. n_3 (allgemein n_i) der Elektromotoren 10 bzw. 11 bzw. 12 können Drehzahlerfassungseinrichtungen 19 bzw. 20 bzw. 21 mit den Motoren gekoppelt sein. Jeweils am Einlauf eines Walzgerüsts 1 bzw. 2 bzw. 3 sind Fotozellen 22 bzw. 23 bzw. 24 angeordnet. Eine weitere Fotozelle 36 befindet sich in einem vorgegebenen Abstand vom Walzgerüst.

Die Abstände zwischen den Fotozellen 22, 23, 24, 36 sind mit L_1 , L_2 , L_3 (allgemein L_i) bezeichnet. Die Abstände zwischen Walzgerüst 1 und Fotozelle 23 bzw. zwischen Walzgerüst 2 und Fotozelle 24 bzw. zwischen Walzgerüst 3 und Fotozelle 36 sind mit LA_1 bzw. LA_2 bzw. LA_3 (allgemein LA_i) benannt. Die Abstände zwischen Fotozelle 2 und Walzgerüst 1 bzw. zwischen Fotozelle 23 und Walzgerüst 2 bzw. zwischen Fotozelle 24 und Walzgerüst 3 sind mit LE_1 bzw. LE_2 bzw. LE_3 (allgemein LE_i) bezeichnet.

Der Anstich des Walzgutes 26 in ein Walzgerüst 1 bzw. 2 bzw. 3 wird vorzugsweise über den Stromanstieg im Motor 10 bzw. 11 bzw. 12 erfaßt und der entsprechende Zeitpunkt t_1 bzw. t_2 bzw. t_3 bzw. t_4 (allgemein t_i) wird einer Auswerteeinrichtung 25 zugeleitet. Es können zusätzlich Fotozellen 33, 34, 35 (gestrichelt angedeutet) zur Erfassung des Anstiches des Walzgutes zwischen den Walzgerüsten (jeweils

am Walzgerüst-Auslauf) angeordnet sein, wenn die Erfassung des Anstiches des Walzgutes mittels Stromermittlung nicht mit genügender Genauigkeit möglich ist.

Der Auswerteeinrichtung 25 werden desweiteren die Abstände LE1, LE2, LE3 (allgemein LEi) zwischen den Walzgerüsten und den einzelnen vorausgehenden Fotozellen 22, 23, 24, die Abstände L1, L2, L3 (allgemein Li) zwischen den Fotozellen 22, 23, 24, 36 oder statt L1, L2, L3 die Abstände LA1, LA2, LA3 zwischen den Walzgerüsten und den jeweils nachfolgenden Fotozellen 23, 24, 36, die Getriebe-Übersetzungsverhältnisse $\ddot{u}_i$ und die aktuellen Antriebsdrehzahlen n_1, n_2, n_3 (allgemein n_i) zugeführt bzw. eingegeben. Dabei können die Antriebsdrehzahlen n_1, n_2, n_3 (n_i) von den Drehzahlerfassungseinrichtungen 19, 20, 21 ermittelt werden (oder es werden im einfachsten Fall die aktuellen Antriebsdrehzahl-Sollwerte der Stromrichterregelung herangezogen). Schließlich wird die Auswertevorrichtung 25 noch mit berechneten Sollwerten für die Stabgeschwindigkeiten v_1^*, v_2^*, v_3^* (v_i^*), mit berechneten Sollwerten für die Antriebsdrehzahlen n_1^*, n_2^*, n_3^* (n_i^*) und mit berechneten arbeitenden Kaliberdurchmesser-Sollwerten (welche der Drehzahlberechnung zugrundeliegen) D_1^*, D_2^*, D_3^* (D_i^*) versorgt.

Die Auswerteeinrichtung 25 berechnet unter anderem die aktuelle Stabgeschwindigkeit (Walzgeschwindigkeit) v_1, v_2, v_3 (v_i) des Walzgutes 26 zwischen den Walzgerüsten sowie die aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser D_1, D_2, D_3, D_i , wie nachstehend noch im einzelnen erläutert.

Die Auswerteeinrichtung 25 berechnet die aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser D_i nach der Gleichung

$$D_i = \frac{v_i \cdot 60 \text{sec}}{\pi \cdot n_i \cdot \ddot{u}_i} \quad (1)$$

wobei $n_i \cdot \ddot{u}_i$ die Walzendrehzahlen $n_1 \cdot \ddot{u}_1, n_2 \cdot \ddot{u}_2, n_3 \cdot \ddot{u}_3$ darstellen und die Voreilung bereits in den arbeitenden Walzendurchmesser eingerechnet ist. Die Stabgeschwindigkeit v_i kann gemessen werden, indem erfaßt wird, wie lange der Stabkopf benötigt, um einen festen Abstand L_i zurückzulegen. Der Zeitpunkt t_1 , zu dem der Stabkopf in die Meßstrecke mit dem Abstand L_1 (Abstand der Fotozellen bzw. Abstand zwischen Walzgerüst und Fotozelle = Meßstrecke) eintritt und der Zeitpunkt t_2 , zu dem der Stabkopf diese Meßstrecke verläßt und in die nachfolgende Meßstrecke eintritt, werden erfaßt ($t_{(i+1)} - t_i$ = Durchlaufdauer des Stabes durch die Meßstrecke). Allgemein berechnet die Auswerteeinrichtung 25 die Stabgeschwindigkeit v_i (= Auslaufgeschwindigkeit des Stabes) nach der Gleichung

$$v_i = \frac{L_i}{(t_{(i+1)} - t_i)} \quad (2)$$

Falls sich eine Schere zwischen zwei Walzgerüsten befindet, muß sich zur Erfassung des Zeitpunktes $t_{(i+1)}$ eine Fotozelle vor der Schere befinden. Die Meßgenauigkeit nimmt allgemein mit größer werdendem Abstand L_i zu.

Bei der Aktivierung eines neuen Walzprogrammes erhält die Auswerteeinrichtung 25 die Sollwerte für die gesamte Walzstraße. Von besonderem Interesse sind dabei die Sollwerte für die berechnete Stabgeschwindigkeit $v_1^*, v_2^*, v_3^*, v_i^*$, die berechneten Sollwerte für die Antriebsdrehzahlen $n_1^*, n_2^*, n_3^*, n_i^*$ und die berechneten arbeitenden Kaliberdurchmesser-Sollwerte, die der Drehzahlberechnung zugrundeliegen, $D_1^*, D_2^*, D_3^*, D_i^*$. Nach der Aktivierung eines neuen Walzprogrammes beginnt die Erkennung bzw. Berechnung der arbeitenden Kaliberdurchmesser, indem für jedes Walzgerüst und bei jedem Stabanfang die aktuellen Stabgeschwindigkeiten (Walzgeschwindigkeiten) v_i nach der Gleichung (2) und die über den gleichen Zeitraum zwischen t_i und $t_{(i+1)}$ gemittelten Walzendrehzahlen $n_i \cdot \ddot{u}_i$ erfaßt werden. Für jedes Wertepaar, bestehend aus gemittelter Stabgeschwindigkeit v_i und gemittelter Walzendrehzahl $n_i \cdot \ddot{u}_i$, werden nach Gleichung (1) die aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser D_i berechnet. Desweiteren muß der Auswerteeinrichtung 25 ggf. mitgeteilt werden, welchen Zustand die Kaliber der Walzen zum Einsatzzeitpunkt haben, um den Verschleiß der Kaliber verfolgen zu können. Desgleichen muß der Auswertevorrichtung 25 ein Kaliberwechsel mitgeteilt werden, bevor die Walzung mit dem neuen Kaliber beginnt.

Nach dem Beginn der Walzung für ein neues Walzprogramm muß der Auswerteeinrichtung 25 mitgeteilt werden, wann die Walzstraße eingefahren ist. Dies erfolgt entweder durch ein Bedienersignal oder automatisch, z.B. nachdem die ersten Stäbe des neuen Walzprogramms gewalzt wurden. Auf dieses Signal hin werden die zu diesem Zeitpunkt erfaßten und nach Gleichung (1) berechneten Kaliberdurchmesser als Referenz-Kaliberdurchmesser $D_{01}, D_{02}, D_{03}, D_{0i}$ abgespeichert. Desweiteren werden die zu diesem

Zeitpunkt vorliegenden Antriebsdrehzahlen als Referenz-Antriebsdrehzahlen $n01, n02, n03, n0i$ und die vorliegenden Stabgeschwindigkeiten als Referenz-Stabgeschwindigkeiten $v01, v02, v03, v0i$ abgespeichert. Um ausreichend zuverlässige Referenzwerte zu erhalten, wird über mehrere Messungen gemittelt. Wenn während des weiteren Walzprozesses die aktuellen Kaliberdurchmesser $D1, D2, D3, Di$ um mehr als eine vorgebbare Differenz von den Referenz-Kaliberdurchmessern $D01, D02, D03, D0i$ abweichen, wird dem Bediener durch die Auswertevorrichtung 25 signalisiert, daß die entsprechenden Kaliber verschlissen sind.

In der Anzeigeeinheit der Bedienstation kann sich der Bediener laufend die berechneten und bei der Aktivierung für die Drehzahlberechnung verwendeten Kaliberdurchmesser-Sollwerte Di^* , die Referenz-Kaliberdurchmesser $D0i$, die aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser Di und den Verschleiß getrennt für jedes Walzgerüst, jede Walze und jedes Kaliber abrufen.

In Fig. 2 sind zwei Walzen eines Walzgerüsts mit mehreren Kalibern dargestellt, es sind die Walzen 4 und 5 des Walzgerüsts 1 zu erkennen. Zwischen diesen Walzen kann das Walzgut 26 in verschiedene Kaliber 27, 28, 29 gewalzt werden.

Der Kaliberverschleiß dDi (= Änderungen der arbeitenden Kaliberdurchmesser eines Walzgerüsts) kann auch erfaßt werden, indem ein Quotient aus der aktuellen Stabgeschwindigkeit vi und der aktuellen Antriebsdrehzahl ni gebildet und die Abweichung zu einem entsprechenden Referenzwert $v0i/n0i$ nach folgender Gleichung berechnet wird:

$$dDi = D0i \frac{(v0i/n0i - vi/ni)}{(v0i/n0i)} \quad (3)$$

Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit erfolgt zweckmäßig eine gleitende Mittelwertbildung über mehrere Kaliberverschleiß-Meßwerte. Der Referenz-Kaliberdurchmesser $D0i$ beträgt hierbei

$$D0i = \frac{(v0i \cdot 60 \text{ sec})}{(\pi \cdot n0i \cdot \ddot{u}i)} \quad (4)$$

Vereinfacht ergibt sich für den Kaliberverschleiß

$$dDi = D0i (1 - vi/v0i \cdot n01/ni) \quad (5)$$

oder

$$dDi = D0i \cdot dvNi/v0i \quad (6)$$

mit

vNi = auf $n0i$ normierte Geschwindigkeit,

$dvNi$ = auf $n0i$ normierte Geschwindigkeitsdifferenz,

$$dvNi = v0i - vi \cdot n0i/ni \quad (7)$$

Der Kaliberverschleiß dDi kann auch als Prozentwert gemäß folgender Gleichung ausgedrückt werden (= Verschleißwert in % bezogen auf den arbeitenden Kaliberdurchmesser)

$$dDi (\%) = d vni/v0i \cdot 100 \quad (8)$$

oder auch

$$dDi (\%) = (1 - vi/v0i \cdot n0i/ni) \cdot 100 \quad (8a)$$

Allgemein kann der Quotient $vi/ni = 2\pi(1 + \chi)ri = Kq \cdot ri$ zur Berechnung des Kaliberverschleisses herangezogen werden (χ = Voreilung, ri = Walzenradius, Kq = Konstante). Eine Abnahme des Quotienten vi/ni um einen bestimmten prozentuellen Betrag entspricht einer Radiusabnahme der Walzen um den gleichen prozentuellen Betrag. Diese Radiusabnahme entspricht dem Walzenverschleiß.

Wie bereits erwähnt, ist für die Drehzahlerfassung der Gerüstantriebe (Antriebsdrehzahl, Motordrehzahl) keine direkte Drehzahlmessung erforderlich, sondern es genügen die aktuellen Drehzahlsollwerte, da die Walzstraße eingefahren sein muß. Die Drehzahlerfassung eines Gerüstantriebes muß möglichst gleichzeitig mit der Geschwindigkeitserfassung des Stabes erfolgen, da ein zusammengehöriges Wertepaar aus Antriebsdrehzahl und Stabgeschwindigkeit benötigt wird. Die Messungen erfolgen zweckmäßigerweise bevor das Walzgut im Folgerüst angestochen hat.

Neben der bereits unter Fig. 1 erwähnten Methode zur Erfassung der Stabgeschwindigkeit (direkte Geschwindigkeitsmessung der Stabspitze mittels Eichstrecke, wobei sich die Eichstrecke auch zwischen zwei Walzgerüsten befinden kann, z.B. Abstand zwischen Fotozelle 33 und Fotozelle 23 = Eichstrecke, weitere Eichstrecken zwischen den Fotozellen 34 und 24 sowie zwischen den Fotozellen 35 und 36) kann

die Stabgeschwindigkeit auch durch Messung eines Geschwindigkeitsgemisches aus Ein- und Auslaufgeschwindigkeit oder aus dem Drehzahlverhältnis benachbarter Gerüste ermittelt werden.

In Fig. 3 ist das Prinzip der Ermittlung der Stabgeschwindigkeit aus Ein- und Auslaufgeschwindigkeit dargestellt. Es sind ein Gerüst i und ein Gerüst i+1 zu erkennen. Die Stabgeschwindigkeit des Walzgutes zwischen den Gerüsten i und i+1 beträgt v_i (= Einlaufgeschwindigkeit), die Stabgeschwindigkeit zwischen dem Gerüst i+1 und dem nachfolgenden Gerüst beträgt $v_{(i+1)}$ (= Auslaufgeschwindigkeit). Es sind drei Fotozellen 30, 31, 32 zu erkennen, wobei die Fotozellen 30, 31 vor dem Gerüst i+1 und die Fotozelle 32 nach diesem Gerüst angeordnet sind. Zwischen den Fotozellen 30 und 31 ist ein Abstand L_{Mi} , zwischen der Fotozelle 31 und dem Walzgerüst i+1 ist ein Abstand $L_E(i+1)$ (= Abstand der Fotozelle vor dem Gerüst zum Gerüst) und zwischen dem Walzgerüst i+1 und der Fotozelle 32 ist ein Abstand $L_A(i+1)$ (= Abstand der Fotozelle hinter dem Gerüst zum Gerüst) vorhanden.

Das Walzgut (Stab) durchläuft die Meßstrecke $L_{E(i+1)} + L_{A(i+1)}$, die sich zu beiden Seiten des Gerüsts i+1 erstreckt. Der erste Teil der Meßstrecke $L_{E(i+1)}$ wird mit der Auslaufgeschwindigkeit v_i des Vorgerüsts durchlaufen und die Strecke $L_{A(i+1)}$ mit der Auslaufgeschwindigkeit $v_{(i+1)}$. Die Stabgeschwindigkeit $v_{(i+1)}$ (= Auslaufgeschwindigkeit des Stabes) ergibt sich dann zu

$$v_{(i+1)} = \frac{(L_A(i+1))}{(t(i+1) - L_E(i+1)/v_i)} \quad (9)$$

wobei $t(i+1)$ = Durchlaufdauer des Stabes durch die Meßstrecke $L_E(i+1) + L_A(i+1)$. Die Geschwindigkeit v_i muß genau bekannt sein (Auslaufgeschwindigkeit des Vorgerüsts). Sie wird beispielsweise mittels der vorgelagerten Eichstrecke L_{Mi} nach dem unter Fig. 1 erläuterten Verfahren gemessen.

In Fig. 4 ist das Prinzip der Ermittlung der Stabgeschwindigkeit aus dem Drehzahlverhältnis benachbarter Gerüste dargestellt. Dabei muß für eines der Walzgerüste die Stabgeschwindigkeit genau bekannt sein. Es sind ein Gerüst i-1 und ein Gerüst i zu erkennen. Die Stabgeschwindigkeit des Walzgutes zwischen den Gerüsten i-1 und i beträgt $v_{(i-1)}$ (= Einlaufgeschwindigkeit), die Stabgeschwindigkeit zwischen dem Gerüst i und dem nachfolgenden Gerüst beträgt v_i (= Auslaufgeschwindigkeit).

Wenn keine Längskräfte zwischen den Gerüsten vorhanden sind (eingefahrene Straße) und kein Schlingenauf- oder -abbau stattfindet, sowie keine sonstigen Prozeßbeeinflussungen durch z.B. Temperaturänderungen, Querschnittsänderungen o.ä. vorliegen, muß, solange die Kaliber nicht verschlissen sind, immer gelten

$$Q_0(i-1) = Q(i-1) \quad (10)$$

mit

$$Q_0(i-1) = \frac{(n_0(i-1))}{n_{01}} \quad (11)$$

und

$$Q(i-1) = \frac{(n(i-1) \cdot n_{0i}/n_i)}{n_{0i}} = \frac{n(i-1)}{n_i}$$

mit Q = Querschnitt.

Es sei angenommen, daß das Kaliber des Gerüsts i verschlissen ist und die Auslaufgeschwindigkeit des Stabes aus diesem Gerüst genau bekannt ist. Dann muß, wenn das Kaliber des Gerüsts i-1 nicht verschlissen ist und der geringere Rückstau des Gerüsts i sowie die kleinere Voreilung des Gerüsts i unberücksichtigt bleibt, gelten

$$Q_0(i-1) = \frac{n(i-1)}{n_i \cdot \frac{D_0 i}{D_0 i - dD_i}} = \frac{n(i-1) \cdot D_i}{n_i \cdot D_0 i} \quad (13)$$

5

Aus der Gleichung (13) kann die Drehzahl berechnet werden, die der Antrieb des Gerüsts i-1 haben müßte, wenn das Kaliber des Gerüsts i-1 nicht verschlissen ist:

10

$$n_b(i-1) = \frac{(n_0(i-1))}{n_{0i}} \cdot n_i \cdot \frac{D_0 i}{(D_0 i - dD_i)} \quad (14)$$

15

wobei n_b = berechnete Drehzahl für den verschleißfreien Fall.

Aus der Differenz der gemessenen und der berechneten Drehzahl

$$dn(i-1) = n(i-1) - n_b(i-1) \quad (15)$$

wobei dn = Drehzahldifferenz. In normierter Form

$$dn_N(i-1) = (n(i-1) - n_b(i-1)) \cdot n_0(i-1)/n(i-1) \quad (16)$$

erhält man die entsprechende Geschwindigkeitsdifferenz

25

$$dv_N(i-1) = dn(i-1) \frac{v_0(i-1)}{n_0(i-1)} \quad (17)$$

Der Kaliberdurchmesser kann jedoch auch direkt aus

30

$$\frac{D_0(i-1)}{D(i-1)} = \frac{n(i-1)}{n_b(i-1)} \quad (18)$$

berechnet werden. Somit ergibt sich für die Änderung des Kaliberdurchmessers in (%):

$$dD(i-1)(\%) = (1 - n_b(i-1)/n(i-1)) \cdot 100 \quad (19)$$

Anders ausgedrückt ergibt sich für den auf den Kaliberabzugswert bezogenen Kaliberverschleiß auch

$$dD_i(\%) = (1 - n_b/n_i) \cdot 100 \quad (20)$$

mit

$$n_b = n_{0i}/n_{0F} \cdot n_F (D_{0F}/(D_{0F} - dD)) \quad (21)$$

wobei

n_b = berechnete Drehzahl für den verschleißfreien Fall,

n_{0i} = Referenz-Antriebsdrehzahl,

n_{0F} = Referenz-Antriebsdrehzahl des Folgerüsts,

n_F = Antriebsdrehzahl des Folgerüsts,

D_{0F} = Referenz-Kaliberdurchmesser des Folgerüsts,

dD_F = Kaliberverschleiß des Folgerüsts.

Bei der beschriebenen Meßmethode nach Fig. 4 muß demnach bei einem der nachfolgenden Gerüste eine genaue Geschwindigkeitsmessung möglich sein, damit dessen Kaliberverschleiß dD_F genau bestimmbar ist. Von diesem Gerüst ausgehend, können die Kaliberverschleiße vorgelagerter Gerüste bestimmt werden.

Neben den vorstehend beschriebenen Verfahren zur Bestimmung der Stabgeschwindigkeit des Walzgutes kann auch eine direkte Geschwindigkeitsmessung des Walzgutes verwendet werden (z.B. Rad an Walzgut, Dopplerverfahren).

55

Bei Kaliberwalzen entsteht trotz gleichbleibenden Walzensprungs (Abstand zwischen den Walzen) durch den Verschleiß eine größere Kaliberform. Der Ausgangsquerschnitt nimmt dann zu. Auch ungleichmäßige Verschleißer scheinungen bei Zylinderwalzen sorgen bei gleichbleibenden Walzsprünge für andere Aus-

gangsquerschnitte.

In all diesen Fällen hat der Walzenverschleiß einen größer werdenden Auslaufquerschnitt zur Folge.

Bei konstant bleibendem Einlaufquerschnitt Q_i nimmt damit die Stichabnahme δ ab. Durch Messen der Stichabnahme δ läßt sich daher ebenfalls der Walzverschleiß überwachen. Nach dem Gesetz der Volumen-

$$v_i \cdot Q_i = v_{(i+1)} \cdot Q_{(i+1)} \quad (22)$$

läßt sich die Stichabnahme δ aus der Messung der Geschwindigkeit des Walzgutes vor und hinter dem Gerüst messen.

$$\delta = \frac{Q_i - Q_{(i+1)}}{Q_i} = \frac{Q_i - (Q_i \cdot v_i) / v_{(i+1)}}{Q_i} = \frac{v_{(i+1)} - v_i}{v_{(i+1)}} \quad (23)$$

Die Stichabnahme δ ist insbesondere dann als Maß für Walzenverschleiß geeignet, wenn ein konstanter Einlaufquerschnitt gegeben ist, und die Walzanstellung nicht verändert wird.

Ansprüche

1. Prozeßleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten und Walzen mit Einzelantrieben, wobei die aktuelle Stabgeschwindigkeit des Walzgutes zwischen Walzgerüsten und die Walzendrehzahlen ermittelt werden, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser (D_i) laufend als Quotient aus der aktuellen Stabgeschwindigkeit (v_i) und der aktuellen Walzendrehzahl ($n_i \cdot \pi \cdot D_i$) ermittelt werden, daß bei eingefahrener Walzstraße Referenz-Kaliberdurchmesser (D_{0i}) für jede Walze (4 bis 9) und jedes Walzgerüst (1 bis 3; $i = 1, 2, 3, 4, \dots$) erfaßt und gespeichert werden und daß durch Differenzbildung zwischen dem Referenz-Kaliberdurchmesser (D_{0i}) und dem aktuellen arbeitenden Kaliberdurchmesser (D_i) laufend der Kaliberverschleiß ermittelt wird.

2. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der aktuellen Stabgeschwindigkeit (v_i) des Walzgutes die Zeitdifferenz ($t_{(i+1)} - t_i$) gemessen wird, in der die Stabspitze eine definierte Eichstrecke (L_i) durchläuft.

3. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der aktuellen Stabgeschwindigkeit (v_i) des Walzgutes nach der Gleichung

$$v(i) = \frac{LA(i)}{(t(i) \cdot LE(i) / v(i-1))}$$

erfolgt, wobei die Stabgeschwindigkeit ($v(i-1)$) am Vorgerüst bekannt ist, $LA(i)$ bzw. $LE(i)$ Meßstrecken hinter bzw. vor dem Walzgerüst (i) darstellen und $t(i)$ der Durchlaufdauer des Walzgutes durch beide Meßstrecken entspricht.

4. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabgeschwindigkeit des Walzgutes aus dem Drehzahlverhältnis benachbarter Walzgerüste berechnet wird, wobei für eines der Gerüste die Stabgeschwindigkeit genau bekannt ist.

5. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine direkte Geschwindigkeitsmessung des Walzgutes verwendet wird.

6. Prozeßleitverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kaliberverschleiß (dD_i in %) nach der Gleichung

$$dD_i (\%) = (1 - v_i / v_{i0} \cdot n_{0i} / n_i) \cdot 100$$

berechnet wird, wobei v_i die aktuelle Stabgeschwindigkeit des Walzgutes, v_{i0} die bei Abspeicherung des Referenz-Kaliberdurchmesser (D_{0i}) auftretende Referenzstabgeschwindigkeit des Walzgutes, n_{0i} die bei Abspeicherung des Referenz-Kaliberdurchmessers (D_{0i}) auftretende Referenz-Antriebsdrehzahl und n_i die aktuelle Antriebsdrehzahl darstellen.

7. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kaliberverschleiß (dD_i in %) nach der Gleichung

$$dD_i (\%) = (1 - n_b / n_i) \cdot 100$$

berechnet wird, wobei n_b die berechnete Drehzahl für den verschleißfreien Fall

$$n_b = (n_{0i} / n_{0F}) \cdot n_F \cdot (D_{0F} / (D_{0F} - dD_F))$$

und n_i die aktuelle Antriebsdrehzahl darstellen, mit

n_{0i} = die bei Abspeicherung des Referenz-Kaliberdurchmessers (D_{0i}) auftretende Referenz-Antriebsdrehzahl,

n_{0F} = die bei Abspeicherung des Referenz-Kaliberdurchmessers (D_{0F}) des Folgegerüstes auftretende Referenz-Antriebsdrehzahl,

5 n_F = Antriebsdrehzahl des Folgegerüstes,

D_{0F} = Referenz-Kaliberdurchmesser des Folgegerüstes,

dD_f = Kaliberverschleiß des Folgegerüstes.

8. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der Referenz-Kaliberdurchmesser (D_{0i}) eine gleitende Mittelwertbildung über mehrere Meßwerte erfolgt.

9. Prozeßleitverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung des Kaliberverschleisses eine gleitende Mittelwertbildung über mehrere Meßwerte erfolgt.

10. Prozeßleitverfahren für eine kontinuierliche Walzstraße mit mehreren Walzgerüsten und Walzen mit Einzelantrieben, wobei die aktuelle Stabgeschwindigkeit des Walzgutes zwischen Walzgerüsten ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Stichabnahme (δ) als Quotient aus der Differenz zwischen den Stabgeschwindigkeiten am Auslauf ($v(i+1)$) bzw. Einlauf (v_i) des Walzgerüstes und der Stabgeschwindigkeit am Auslauf ($v(i+1)$) gebildet und als Kriterium für den Kaliberverschleiß herangezogen wird.

20

25

30

35

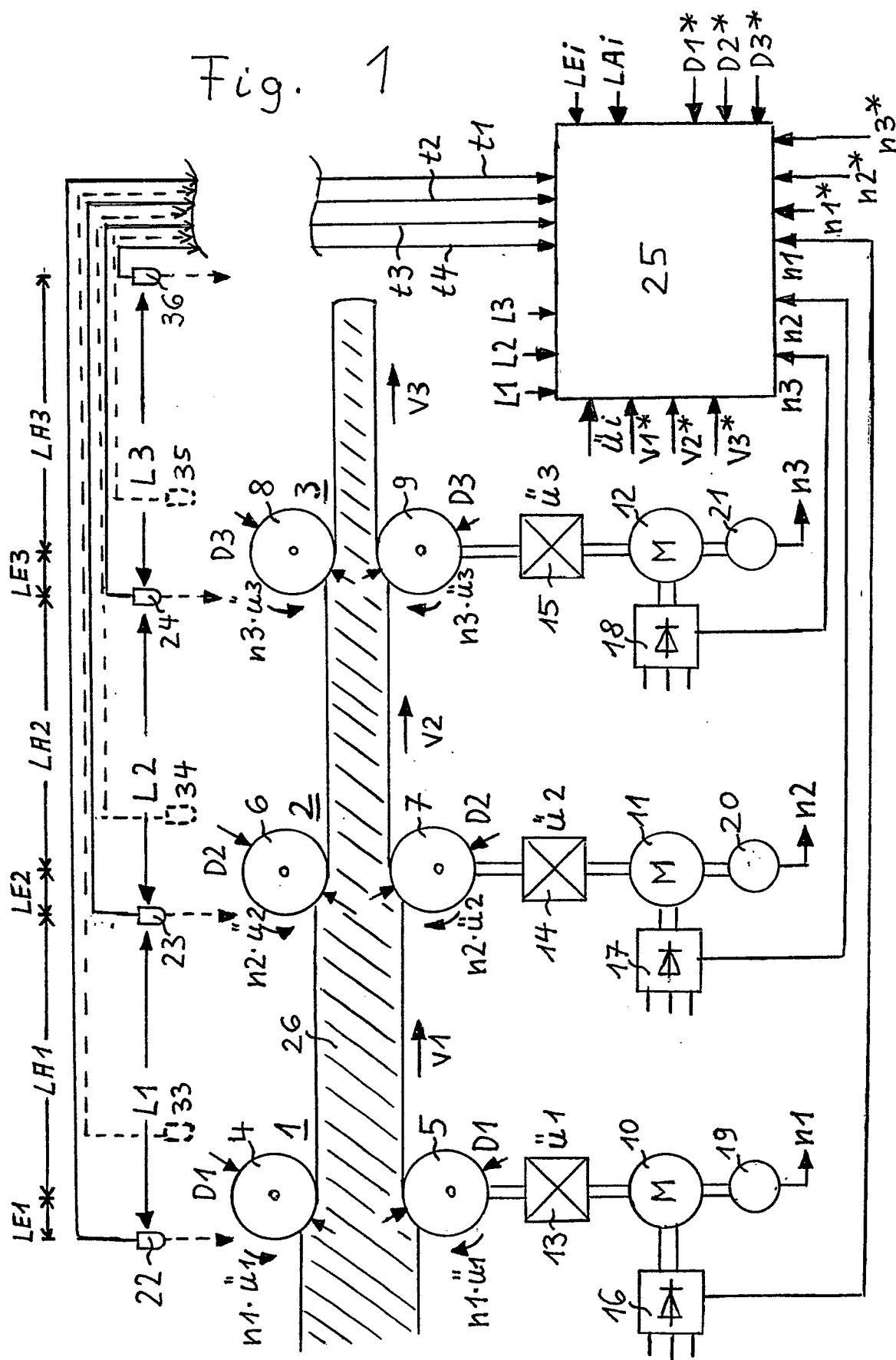
40

45

50

55

Fig. 1



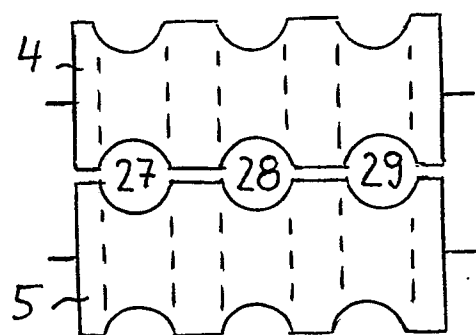


Fig. 2

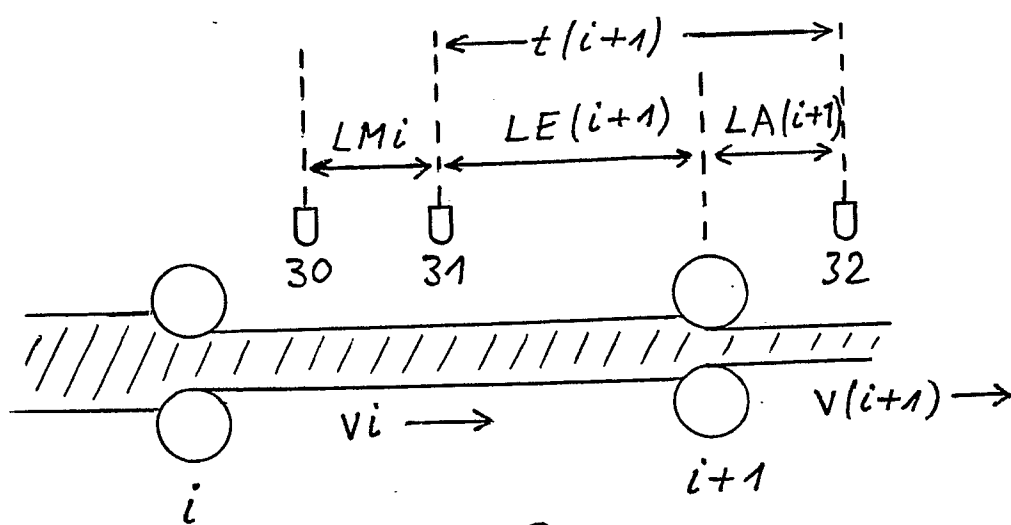


Fig. 3

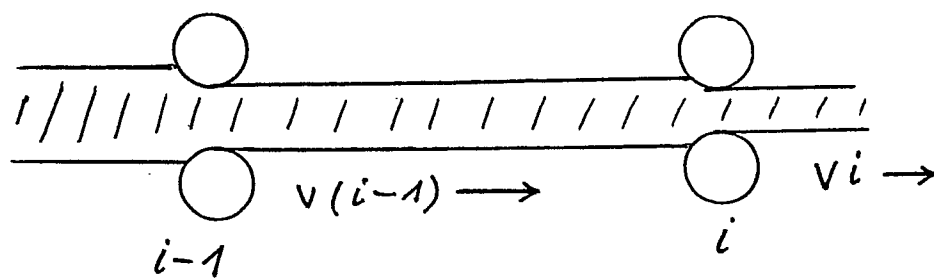


Fig. 4