



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) **EP 0 969 937 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**08.01.2003 Patentblatt 2003/02**

(21) Anmeldenummer: **98924012.2**

(22) Anmeldetag: **16.03.1998**

(51) Int Cl.7: **B21B 37/28**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE98/00774**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 98/043755 (08.10.1998 Gazette 1998/40)**

(54) **VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR VOREINSTELLUNG DER PLANHEIT EINES WALZBANDES**

METHOD AND DEVICE FOR PRE-SETTING THE PLANENESS OF A ROLLED STRIP

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR PREREGLER LA PLANEITE D'UN FEUILLARD LAMINE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT DE**

(30) Priorität: **27.03.1997 DE 19713004**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**12.01.2000 Patentblatt 2000/02**

(73) Patentinhaber: **SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT  
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **BERGHS, Andre  
D-91077 Neunkirchen (DE)**  
• **YUAN, Hao  
D-91052 Erlangen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 460 892 DE-A- 4 338 615  
DE-A- 19 503 363**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 044 (M-560), 10. Februar 1987 & JP 61 209708 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD;OTHERS: 01), 18. September 1986**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 467 (M-1317), 29. September 1992 & JP 04 167908 A (TOSHIBA CORP), 16. Juni 1992**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 012, 26. Dezember 1996 & JP 08 197120 A (KAWASAKI STEEL CORP), 6. August 1996**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 613 (M-1709), 22. November 1994 & JP 06 238311 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 30. August 1994**
- **AUZINGER D ET AL: "NEUE ENTWICKLUNGEN BEI PROZESSMODELLEN FUER WERMBREITBANDSTRASSEN" STAHL UND EISEN, Bd. 116, Nr. 7, 15. Juli 1996, Seiten 59-65, 131, XP000629440**

**EP 0 969 937 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren bzw. eine Einrichtung zur Voreinstellung der Planheit eines Walzbandes durch Voreinstellung des Walzspaltprofils eines Walzgerüsts zum Walzen eines Walzbandes, bei dem das Walzspaltprofil durch Stellwerte für das Walzspaltprofil beeinflusst wird und bei dem die Zugspannungsverteilung über das Walzspaltprofil eingestellt wird, wobei die Stellwerte für das Walzspaltprofil mittels eines Walzspaltprofilmodells, das das Walzspaltprofil berechnet, ermittelt werden.

**[0002]** Aus den Patent Abstracts of Japan zur JP-A-61 209 708 ist ein Verfahren zur Voreinstellung des Walzspaltprofils eines Walzgerüsts zum Walzen eines Walzbandes bekannt, bei dem das Walzspaltprofil durch Stellwerte für das Walzspaltprofil beeinflusst wird, wobei die Stellwerte für das Walzspaltprofil mittels eines Walzspaltprofilmodells ermittelt werden, das mittels eines Korrekturwertes an das tatsächliche Walzspaltprofil des Walzgerüsts angepasst bzw. adaptiert wird.

**[0003]** Zur Vermeidung von Unplanheiten beim Walzen, insbesondere beim Kaltwalzen, muß Einflüssen, die das benötigte Walzspaltprofil der Walzen stören, durch entsprechendes Einstellen der Planheitsstellglieder entgegengewirkt werden. Bis die dazu verwendete Planheitsregelung sich eingeregelt hat, wird ein Walzprodukt minderer Qualität, das sogenannte Abmaß, erzeugt.

**[0004]** Um dieses Abmaß möglichst gering zu halten und den Walzbetrieb sicherer zu gestalten, ist es Aufgabe der Erfindung, die Walzstraße derart einzustellen, daß das Walzband von Anfang an die richtige Planheit aufweist. Dazu wird eine Voreinstellungsfunktion benötigt. Diese soll beim Stichbeginn, d. h. bei Einlauf des zu walzenden Bandes, den einzustellenden Summen-crown, d. h. das Walzspaltprofil, möglichst genau voraus ermitteln und die Planheitsstellglieder entsprechend einstellen.

**[0005]** Ähnliche Offenbarungsgehalte sind den Patent Abstracts of Japan zur JP-A-6 238 311 und der DE 195 03 363 A1 zu entnehmen.

**[0006]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 bzw. eine Einrichtung gemäß Anspruch 13 gelöst.

**[0007]** Dabei werden bei einem Verfahren bzw. einer Einrichtung zur Voreinstellung des Walzspaltprofils eines Walzgerüsts das errechnete Walzspaltprofil oder eine äquivalente Größe mit einem Korrekturwert zu einem korrigierten errechneten Walzspaltprofil verknüpft und das Walzspaltprofilmodell mittels des Korrekturwertes an das tatsächliche Walzspaltprofil des Walzgerüsts angepaßt bzw. adaptiert. Dabei wird das tatsächliche Walzspaltprofil aus Werten für die Zugspannungsverteilung ermittelt. Es hat sich gezeigt, daß mittels dieses Verfahrens eine besonders präzise Voreinstellung des Walzspaltprofils erreicht wird. Die Bestimmung des tatsächlichen Walzspaltprofils aus der Zugspannungsverteilung ist ein besonders geeignetes Verfahren zur Bestimmung des Walzspaltprofils.

**[0008]** In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung werden das korrigierte errechnete Walzspaltprofil und das tatsächliche Walzspaltprofil miteinander verglichen und auf der Basis dieses Vergleichs, insbesondere mittels Wichtung mit einer Lernfunktion, ein neuer, aktualisierter Korrekturwert ermittelt.

**[0009]** In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung wird bei Einlauf des Walzbandes das Walzspaltprofil zunächst gemäß der Stellwerte für das Walzspaltprofil, die mittels des Walzspaltprofilmodells berechnet werden, eingestellt und das Walzspaltprofil danach gemäß Stellwerten für das Walzspaltprofil, die mittels einer Planheitsregelung berechnet werden, eingestellt. Dabei übernimmt die Planheitsregelung die Einstellung der Stellwerte vorteilhafterweise nach Vorliegen von Meßwerten für die Zugspannungsverteilung bzw. nach Einregelung der Planheitsregelung. Während das Walzspaltprofil durch die Planheitsregelung eingestellt wird, wird der Korrekturfaktor für das Walzspaltprofilmodell neu berechnet. Dabei werden vorteilhafterweise dieselben Meßwerte für die Zugspannungsverteilung wie für die Planheitsregelung verwendet. Auf diese Weise kann das Walzspaltprofilmodell ohne zusätzliche Meßwerte korrigiert werden. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß viele Meßwerte für die Korrektur des Walzspaltprofilmodells zur Verfügung stehen, so daß eine besonders gute Korrektur des Walzspaltprofilmodells erreicht wird.

**[0010]** Weitere Vorteile und erfinderische Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen, anhand der Zeichnungen und in Verbindung mit den Unteransprüchen. Im einzelnen zeigen:

FIG 1 den funktionalen Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Voreinstellung des Walzspaltprofils und  
 FIG 2 eine Planheitsregelung.

**[0011]** FIG 1 zeigt den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Voreinstellung des Walzspaltprofils. Bei Einlauf eines Walzbandes in das Walzgerüst 1 wird das Walzspaltprofil zunächst gemäß der Stellwerte  $c_{\text{actuator}}$  für das Walzspaltprofil eingestellt. Die Stellwerte  $c_{\text{actuator}}$  werden mittels des Walzspaltprofilmodells 5 in Abhängigkeit des vorgegebenen Bandprofils  $c_p$  und von Sollwerten  $\Delta\sigma^*$  für die Zugspannungsverteilung ermittelt.

**[0012]** Um eine besonders präzise Voreinstellung des Walzspaltprofils zu erreichen, wird das Walzspaltprofilmodell 5 an das tatsächliche Walzspaltprofil angepaßt. Dazu wird zunächst die Zugspannungsverteilung  $\Delta\sigma$  gemessen. Aus der Zugspannungsverteilung  $\Delta\sigma$  wird mittels einer Bandprofilermittlung 2 das aktuelle Bandprofil  $c_{\text{actual}}$  ermittelt. Dieses

wird mittels eines Vergleichers 3 mit einem korrigierten errechneten Walzspaltprofil  $c_{sum}$  verglichen, das mittels des Walzspaltprofils 5 ermittelt wird. Ausgangsgröße des Vergleichers 3 ist ein Wert  $\Delta k$ , der ein Maß dafür darstellt, wie ein Korrekturwert  $k$  zur Anpassung des Walzspaltprofilmodells 5 an das tatsächliche Walzspaltprofil angepaßt wird. Die Anpassung des Korrekturwerts  $k$  erfolgt mittels einer Korrekturwertermittlung 4.

**[0013]** Die in FIG 1 gestrichelt dargestellten Datenflüsse, d. h.  $c_p$ ,  $\Delta\sigma^*$  und  $c_{actuator}$  beziehen sich auf die Voreinstellung des Walzgerüsts 1. Die durchgezogenen dargestellten Datenflüsse, d. h. die Datenflüsse für  $\Delta\sigma$ ,  $c_{actual}$ ,  $c_{sum}$ ,  $\Delta k$  und  $k$  beziehen sich auf die Adaption des Walzspaltprofilmodells 5. Dieses Training findet vorteilhafterweise dann statt, wenn das Walzspaltprofil geregelt wird. Eine solche Regelung zeigt FIG 2. Dabei bezeichnet Bezugszeichen 6 ein Walzgerüst, dessen Walzspaltprofil gemäß Stellwerten  $c_{actuator,control}$  mittels einer Planheitsregelung 7 in Abhängigkeit der Zugspannungsverteilung  $\Delta\sigma$  und der Sollzugspannungsverteilung  $\Delta\sigma^*$  eingestellt wird.

**[0014]** Die funktionalen Abläufe gemäß FIG 1 und FIG 2 werden im folgenden in detaillierterer Form erläutert.

**[0015]** Aufgabe der Planheitsregelung ist es, alle Stellglieder, die einen Einfluß auf das Walzspaltprofil haben, so einzustellen, daß die der geforderten Sollkurve entsprechende Bandspannungsverteilung über die Bandbreite möglichst gut erreicht wird. Dabei sind die unterschiedlichen Einflußfaktoren, sogenannte Stellgliedwirksamkeiten, der einzelnen Stellglieder auf das Walzspaltprofil zu beachten.

**[0016]** Neben den Stellgliedern gibt es eine Reihe weiterer Einflussgrößen, deren Wirkung am Walzspalt durch die Stellglieder kompensiert werden muß. Diese Einflüsse sind

- der mechanische Crown  $C_m$ , d. h. die mechanische Balligkeit durch Walzenschliff,
- der Verschleißcrown  $C_w$ , d. h. der Walzenabrieb,
- der Temperaturcrown  $C_t$ , d. h. die Verformung der Walzen durch Änderung des thermischen Zustandes,
- der Crown  $C_{fr}$  des Walzensatzes infolge der Walzkraft, d. h. die Durchbiegung der Walzen infolge der an den Stützwalzen angreifenden Walzkraft,
- das vorgegebene Bandprofil  $C_p$ , d. h. die Bandquerschnittsform des Warmbandes.

**[0017]** Diese können zum Teil nur näherungsweise bestimmt werden. Die Summe dieser Werte unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Vorzeichen wegen der Wirkungsrichtung im Walzspalt, addiert um einen oder multipliziert mit dem Korrekturwert  $k$ , ergibt das erfindungsgemäß verwendete Crownmodell. Grundsätzlich gilt, daß sich alle Anteile im Walzspalt additiv überlagern. Entsprechend ergibt sich der modellierte Walzspalt  $C_{mod}$  zu

$$C_{mod} = -C_m + C_w - C_t + C_{fr} + C_p + k.$$

**[0018]** Dabei ist

- der mechanische Crown  $c_m$  (Walzenschliff) konstant zwischen 2 Walzenwechseln,
- der Verschleißcrown  $c_w$  (Walzenabrieb) abhängig von der gewalzten Bandlänge und der Walzkraft,
- der Temperaturcrown  $C_t$  (Verformung durch Änderung des thermischen Zustandes) zeitabhängig,
- der Crown  $c_{fr}$  des Walzensatzes infolge der Walzkraft (Verformung durch an den Stützwalzen angreifende Walzkraft) zeitabhängig,
- das vorgegebene Bandprofil  $c_p$  (Bandquerschnittsform des Warmbandes) konstant während eines Sticks.

**[0019]** Aus den näherungsweise ermittelten Systemeinflüssen und der Sollkurve kann ein Näherungswert  $c_{sum,ps}$  für den voreinzustellenden Crown berechnet werden. Dieser wird im folgenden Summencrown bezeichnet.

$$\begin{aligned} c_{sum} &= c_{sp} + C_{mod} \\ &= c_{sp} - C_m + C_w - C_t + C_{fr} + C_p + k \end{aligned}$$

wobei  $c_{sp}$  der Crown aus der Sollkurve ist. Er stellt die gewünschte Bandspannungsverteilung dar. Die Sollkurve enthält dabei nicht die Bundformkorrektur, d. h.  $c_{sp}=f(\Delta\sigma^*)$ .

**[0020]** Der Summencrown  $c_{sum}$  wird als Voreinstellungswert  $c_{actuator}$  zum Einstellen der Planheitsstellglieder verwendet. Diese Stellgröße ist dieselbe, die bei aktiver Regelung für diese Aufgabe eingesetzt wird.

**[0021]** Mit  $c_{actuator}$  werden die Stellwerte für die Planheitsstellglieder bestimmt. Dabei gelten die Zusammenhänge der Form:

## EP 0 969 937 B1

$$c_{\text{actuator}} = ef_{1,ps} * sp_{1,ps} + ef_{2,ps} * sp_{2,ps} + \dots + ef_{n,ps} * sp_{n,ps}$$

wobei  $ef_{i,ps}$  die Wirksamkeitsfaktoren der Stellglieder zum Zeitpunkt der Voreinstellung und  $sp_{i,ps}$  die vor einzustellen- den Stellwerte sind. Die Wirksamkeitsfaktoren  $ef_{i,ps}$  sind aus den aktuellen Banddaten zu ermitteln.

**[0022]** Ein  $c_{\text{actuator}}$  kann bei  $i > 1$  durch unendlich viele Stellwertkombinationen erzielt werden.

**[0023]** Für das Finden geeigneter Stellwertkombinationen zur Erreichung von  $c_{\text{actuator}}$  werden deshalb Algorithmen verwendet, die mit zweckmäßigen Strategien die Stellwertkombinationen ergeben. Dabei wird ein schnelles Stellglied für Biegen so auf einen positiven Wert gesetzt, daß dieses Stellglied sowohl in Richtung positiver, vor allem aber in Richtung negativer Biegung genügend Regelreserve besitzt. Nur wenn der einzustellende Crown, d. h. das Walzspalt- profil, so nicht erreicht werden kann, wird dieser Wert verlassen.

**[0024]** Ähnlich wie bei der Voreinstellung des einzustellenden Crowns kann während des Walzbetriebes der Istcrown als Summencrown berechnet werden. Dieser ist nun abhängig von der Zeit  $t$  und vom thermischen Zustand des Ge- rüstes:

$$\begin{aligned} c_{\text{sum}}(t) &= c_{\text{sp}}(t) + c_{\text{mod}}(t) \\ &= c_{\text{sp}}(t) - c_m + c_w(t) - c_t(t) + c_{fr}(t) + c_p + k(t) \end{aligned}$$

**[0025]** Dabei sind

$c_m$  der mechanische Crown (der Walzenschliff) konstant zwischen 2 Walzenwechseln,  
 $c_w(t)$  der Verschleißcrown (der Walzenabrieb) abhängig von der gewalzten Bandlänge und der Walzkraft,  
 $c_t(t)$  der Temperaturcrown (Verformung durch Änderung des thermischen Zustandes) zeitabhängig,  
 $c_{fr}(t)$  der Crown des Walzensatzes infolge der Walzkraft (Verformung durch die an den Stützwalzen angreifende Walzkraft) zeitabhängig,  
 $c_p$  das vorgegebene Bandprofil (Bandquerschnittsform des Warmbandes) konstant während eines Stiches,  
 $k(t)$  der bisherige Korrekturwert.

**[0026]** Bei aktiver Regelung werden die Stellglieder durch den Planheitsregler ständig nachoptimiert. Die jeweils aktuellen Stellwerte  $sp_i(t)$  sind bekannt. Daraus läßt sich mit der Beziehung

$$C_{\text{actuator}}(t) = ef_1(cd) * sp_1(t) + ef_2(cd) * sp_2(t) + \dots + ef_n(cd) * sp_n(t)$$

der aktuell durch den Regler eingestellte Summencrown  $c_{\text{actuator}}(t)$  ermitteln.

**[0027]** Der tatsächliche Walzspaltcrown wird über die augenblicklich vorliegende Bandspannungsverteilung ermittelt, die von einem Spannungsmeßgerät ständig gemessen wird. Die Formel für die Ermittlung aus der Bandspannungs- verteilung ist:

$$C_{\text{actual}}(x) = \Delta\sigma(x) * \frac{\text{strip}}{E} + c_p(x)$$

**[0028]** Dabei ist

$x$  die Position eines Spannungsmeßpunkts über die Bandbreite gesehen,  
 $\Delta\sigma(x)$  die Bandspannungsabweichung an der Stelle  $x$  der Bandbreite zum Zugspannungsmittelwert,  
 $h_{\text{strip}}$  die Banddicke und  
 $E$  der E-Modul des Bandmaterials.

**[0029]** Somit steht der Istcrown als Vektor  $C_{\text{actual}}$  zur Verfügung. Der mit dem Summencrown  $c_{\text{sum}}$  ermittelte Wert kann nun mit dem Istcrown verglichen werden. Man erhält dadurch den Fehler im Modellcrown:

$$\Delta k = c_{\text{actual}}(t) - c_{\text{sum}}(t)$$

[0030] Der in  $c_{\text{sum}}(t)$  enthaltene Korrekturwert  $k$  kann somit optimiert werden. Um von Meßfehlern möglichst unabhängige, zuverlässige Werte für  $k$  zu erhalten, wird  $k$  mit Hilfe eines integralen Reglers langsam gelernt:

$$k = k + V_{\text{LEARN}} * \Delta k$$

$V_{\text{LEARN}}$  ist dabei der Einstellparameter für die Lerngeschwindigkeit.  $V_{\text{LEARN}}$  ist vorteilhafterweise 0,01 bis 0,1.

[0031] Das Lernen des Korrekturwertes wird bei aktiver Regelung z. B. etwa alle 10 Sekunden durchgeführt.

[0032] Der Korrekturwert  $k$  fällt in Abhängigkeit von den Bund- und Gerüstdaten wie Banddicke, Bandbreite, Arbeitswalzendurchmesser und Walzkraft deutlich unterschiedlich aus. Da die genauen funktionalen Beziehungen aber nicht bekannt sind, muß  $k(t)$  für eine Reihe einzelner, fester Stützwerte gelernt werden, für Werte zwischen diesen gelernten Werten ist zu interpolieren.

[0033] Umgekehrt ist für Zwischenwerte der Korrekturwert  $k(t)$  für die nächstliegenden Stützwerte zu lernen. Dies muß mit einer Gewichtung entsprechend der Entfernung vom Zwischenwert zum Stützwert erfolgen. Es ist also sowohl beim Lernen als auch bei der Abfrage zu interpolieren.

[0034] Die dargestellten Zusammenhänge, Variablen und Formeln beziehen sich jeweils auf eine Position  $x$  über die Breite des Metallbandes, sind also eine Funktion  $f(x)$ . Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist in der Regel die ausdrückliche Bezugnahme auf  $x$  in der Beschreibung und in den Patentansprüchen nicht erfolgt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Voreinstellung des Walzspaltprofils eines Walzgerüsts zum Walzen eines Walzbandes, bei dem das Walzspaltprofil durch Stellwerte für das Walzspaltprofil beeinflusst wird und bei dem die Zugspannungsverteilung über das Walzspaltprofil eingestellt wird, wobei die Stellwerte für das Walzspaltprofil mittels eines Walzspaltprofilmodells, das das Walzspaltprofil berechnet, ermittelt werden, wobei das errechnete Walzspaltprofil mit einem Korrekturwert ( $k$ ) zu einem korrigierten errechneten Walzspaltprofil ( $c_{\text{sum}}$ ) verknüpft wird, so dass das Walzspaltprofilmodell (5) mittels des Korrekturwertes ( $k$ ) an das tatsächliche Walzspaltprofil ( $c_{\text{actual}}$ ) des Walzgerüsts (1) angepaßt bzw. adaptiert wird, wobei das tatsächliche Walzspaltprofil ( $c_{\text{actual}}$ ) aus Werten für die Zugspannungsverteilung ( $\Delta\sigma$ ) ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das korrigierte errechnete Walzspaltprofil ( $c_{\text{sum}}$ ) und das tatsächliche Walzspaltprofil ( $c_{\text{actual}}$ ) miteinander verglichen werden und daß auf der Basis dieses Vergleichs ein neuer, aktualisierter Korrekturwert ( $k$ ) ermittelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das errechnete Walzspaltprofil additiv oder multiplikativ mit dem Korrekturwert ( $k$ ) verknüpft wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Einlauf des Walzbandes das Walzspaltprofil zunächst mittels der Stellwerte ( $c_{\text{actuator}}$ ) für das Walzspaltprofil, die mittels des Walzspaltprofilmodells (5) berechnet werden, eingestellt wird und dass das Walzspaltprofil danach mittels Stellwerten ( $c_{\text{actuator,control}}$ ) für das Walzspaltprofil, die mittels einer Planheitsregelung (7) berechnet werden, eingestellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Walzspaltprofil nach Ermittlung von Werten für die Zugspannungsverteilung ( $\Delta\sigma$ ) bzw. nach Einregelung der Walzspaltregelung gemäß Stellwerten ( $c_{\text{actuator,control}}$ ) für das Walzspaltprofil, die mittels eines Walzspaltprofilreglers (7) berechnet werden, eingestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der neue, aktualisierte Korrekturwert ( $k$ ) ermittelt wird, während das Walzspaltprofil gemäß Stellwerten ( $c_{\text{actuator,control}}$ ) für das Walzspaltprofil, die mittels einer Walzspaltprofilregelung (7) berechnet werden, eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ermittlung der Stellwerte ( $c_{\text{actuator}}$ ) für das Walzspaltprofil in Abhängigkeit von Sollwerten ( $\Delta\sigma^*$ ) für die Zugspannungsverteilung erfolgt.

5  
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**daß** die Ermittlung der Stellwerte ( $c_{\text{actuator}}$ ) für das Walzspaltprofil in Abhängigkeit des vorgegebenen Bandprofils ( $c_p$ ) des Walzbandes erfolgt.

10  
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** korrigierte errechnete Walzspaltprofile ( $c_{\text{sum}}$ ) als Stellwert ( $c_{\text{actuator}}$ ) für das Walzspaltprofil verwendet wird.

15  
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** es bei komplexen Walzgerüsten mit mehr als vier Walzen, insbesondere bei Quarto-Sexto-Walzgerüsten und 20 Rollen-Walzgerüsten, angewendet wird.

20  
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** das Walzspaltprofilmodell (5) zumindest eine der Einflußgrößen Walzenschliff ( $c_m$ ), Walzenabrieb ( $c_w$ ), Verformung des Walzspaltes durch Temperaturänderung, Verformung ( $c_{fr}$ ) durch die an den Stützwalzen angreifende Walzkraft sowie das vorgegebene Bandprofil ( $c_p$ ) berücksichtigt.

25  
 12. Verfahren nach Anspruch 11,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Ermittlung des korrigierten errechneten Walzspaltprofils ( $c_{\text{sum}}$ ) gemäß dem Zusammenhang

30

$$C_{\text{sum}} = C_p - (-C_m + C_w - C_t + C_{fr} + k)$$

erfolgt, wobei

- 35
- $c_m$  der mechanische Crown,
  - $c_w$  der Verschleißcrown,
  - $c_t$  der Temperaturcrown,
  - $c_{fr}$  der Crown des Walzensatzes infolge der Walzkraft,
  - $c_p$  das gewünschte Bandprofil und
  - 40  $k$  der Korrekturwert

ist.

45  
 13. Einrichtung zur Voreinstellung des Walzspaltprofils eines Walzgerüstes zum Walzen eines Walzbandes, bei dem das Walzspaltprofil durch Stellwerte für das Walzspaltprofil beeinflussbar ist und bei dem die Zugspannungsverteilung über das Walzspaltprofil einstellbar ist, wobei die Stellwerte für das Walzspaltprofil mittels eines Walzspaltprofilmodells, das das Walzspaltprofil berechnet, ermittelbar sind, wobei die Einrichtung zur Voreinstellung des Walzspaltprofils eine Recheneinrichtung aufweist, die das errechnete Walzspaltprofil mit einem Korrekturwert ( $k$ ) zu einem korrigierten errechneten Walzspaltprofil ( $c_{\text{sum}}$ ) verknüpfend ausgebildet ist, so dass das Walzspaltprofilmodell (5) mittels des Korrekturwertes ( $k$ ) an das tatsächliche Walzspaltprofil ( $c_{\text{actual}}$ ) des Walzgerüstes (1) anpassbar bzw. adaptierbar ist, wobei das tatsächliche Walzspaltprofil ( $c_{\text{actual}}$ ) aus Werten für die Zugspannungsverteilung ( $\Delta\sigma$ ) ermittelbar ist.

55 **Claims**

1. Method for presetting the roll gap profile of a roll stand for rolling a rolled strip, with the roll gap profile being influenced by manipulated variable values for the roll gap profile and with the tensile stress distribution being set

over the roll gap profile, wherein the manipulated variable values for the roll gap profile are determined by means of a roll gap profile model which calculates the roll gap profile, wherein the calculated roll gap profile is combined with a correction value (k) to form a corrected calculated roll gap profile ( $c_{sum}$ ) so that the roll gap profile model (5) is matched or adapted to the actual roll gap profile ( $c_{actual}$ ) of the roll stand (1) by means of the correction value (k), wherein the actual roll gap profile ( $c_{actual}$ ) is determined from values for the tensile stress distribution ( $\Delta\sigma$ ).

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the corrected calculated roll gap profile ( $c_{sum}$ ) and the actual roll gap profile ( $c_{actual}$ ) are compared with each other, and **in that** a new updated correction value (k) is determined on the basis of this comparison.
3. Method according to claim 1 or 2, **characterised in that** the calculated roll gap profile is combined with the correction value (k) by addition or multiplication.
4. Method according to claim 1, 2 or 3, **characterised in that** when the strip for rolling enters the stand the roll gap profile is set in the first instance by means of the manipulated variable values ( $c_{actuator}$ ) for the roll gap profile that are calculated by means of the roll gap profile model (5), and **in that** the roll gap profile is then set by means of manipulated variable values ( $c_{actuator,control}$ ) for the roll gap profile that are calculated by means of a flatness control (7).
5. Method according to claim 4, **characterised in that** the roll gap profile is set after determining values for the tensile stress distribution ( $\Delta\sigma$ ) or after the roll gap control has been adjusted in accordance with manipulated variable values ( $c_{actuator,control}$ ) for the roll gap profile that are calculated by means of a roll gap profile controller (7).
6. Method according to claim 4 or 5, **characterised in that** the new updated correction value (k) is determined while the roll gap profile is set in accordance with manipulated variable values ( $c_{actuator,control}$ ) for the roll gap profile that are calculated by means of a roll gap profile control (7).
7. Method according to one of claims 1 to 6, **characterised in that** the manipulated variable values ( $c_{actuator}$ ) for the roll gap profile are determined as a function of setpoint values ( $\Delta\sigma^*$ ) for the tensile stress distribution.
8. Method according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** the manipulated variable values ( $c_{actuator}$ ) for the roll gap profile are determined as a function of the predetermined strip profile ( $c_p$ ) of the rolled strip.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the corrected calculated roll gap profile ( $c_{sum}$ ) is used as the manipulated variable value ( $c_{actuator}$ ) for the roll gap profile.
10. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** it is used in the case of complex roll stands that have more than four rolls, in particular for four-high/six-high roll stands and roll stands that have twenty rolls.
11. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that** the roll gap profile model (5) takes into consideration at least one of the influencing variables: roll grind ( $c_m$ ), roll abrasion ( $c_w$ ), deformation of the roll gap due to a change in temperature, deformation ( $c_{fr}$ ) due to the roll separating force acting on the supporting rolls, and also the predetermined strip profile ( $c_p$ ).
12. Method according to claim 11, **characterised in that** the corrected calculated roll gap profile ( $c_{sum}$ ) is determined in accordance with the equation:

$$c_{sum} = c_p - (-c_m + c_w - c_t + c_{fr} + k),$$

where

- $c_m$  is the mechanical crown,
- $c_w$  is the wear crown,
- $c_t$  is the temperature crown,
- $c_{fr}$  is the crown of the roll set due to the roll separating force,
- $c_p$  is the desired strip profile, and

k is the correction value.

- 5 13. Device for presetting the roll gap profile of a roll stand for rolling a rolled strip, with it being possible to influence the roll gap profile by means of manipulated variable values for the roll gap profile and with it being possible to set the tensile stress distribution over the roll gap profile, wherein the manipulated variable values for the roll gap profile can be determined by means of a roll gap profile model which calculates the roll gap profile, wherein the device for presetting the roll gap profile has a computing device which is designed to combine the calculated roll gap profile with a correction value (k) to form a corrected calculated roll gap profile ( $c_{sum}$ ) so that the roll gap profile model (5) can be matched or adapted to the actual roll gap profile ( $c_{actual}$ ) of the roll stand (1) by means of the correction value (k), wherein the actual roll gap profile ( $c_{actual}$ ) can be determined from values for the tensile stress distribution ( $\Delta\sigma$ ).

15 **Revendications**

- 20 1. Procédé de préréglage du profil de l'emprise d'une cage de laminoir en vue de laminier un feuillard, dans lequel on influence le profil de l'emprise par des valeurs de réglage du profil de l'emprise et dans lequel on règle la répartition des efforts de traction sur le profil de l'emprise, les valeurs de réglage du profil de l'emprise étant déterminées au moyen d'un modèle de profil d'emprise qui calcule le profil de l'emprise, le profil d'emprise calculé étant relié à une valeur (k) de correction pour obtenir un profil ( $c_{sum}$ ) d'emprise calculé corrigé, de sorte que le modèle (5) de profil d'emprise est adapté au moyen de la valeur (k) de correction au profil ( $c_{actual}$ ) d'emprise réel de la cage (1) de laminoir, le profil ( $c_{actual}$ ) réel d'emprise étant déterminé à partir de valeurs pour la répartition ( $\Delta\sigma$ ) d'efforts de traction.
- 25 2. Procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on compare entre eux le profil ( $c_{sum}$ ) d'emprise calculé et corrigé et le profil ( $c_{actual}$ ) d'emprise réel et **en ce que** l'on détermine sur la base de cette comparaison une nouvelle valeur (k) de correction actualisée.
- 30 3. Procédé suivant la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'on relie le profil d'emprise calculé additivement ou multiplicativement à la valeur (k) de correction.
- 35 4. Procédé suivant la revendication 1, 2 ou 3, **caractérisé en ce que** lors de l'entrée du feuillard, on règle le profil d'emprise d'abord au moyen des valeurs ( $c_{actuator}$ ) de réglage du profil d'emprise qui ont été calculées au moyen du modèle (5) de profil d'emprise et **en ce que** l'on règle le profil d'emprise ensuite au moyen de valeurs ( $c_{actuator,control}$ ) de réglage du profil d'emprise qui ont été calculées au moyen d'une régulation (7) de planéité.
- 40 5. Procédé suivant la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'on règle le profil d'emprise après avoir déterminé des valeurs de la répartition ( $\Delta\sigma$ ) des efforts de traction ou après avoir réglé la régulation d'emprise suivant des valeurs ( $C_{actuator,control}$ ) de réglage du profil d'emprise qui ont été calculées au moyen d'un régulateur (7) de profil d'emprise.
- 45 6. Procédé suivant la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** l'on détermine la nouvelle valeur (k) actualisée de correction tandis que l'on règle le profil d'emprise suivant des valeurs ( $c_{actuator,control}$ ) de réglage du profil d'emprise qui ont été calculées au moyen d'une régulation (7) de profil d'emprise.
- 50 7. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'on** effectue la détermination des valeurs ( $c_{actuator}$ ) de réglage du profil d'emprise en fonction de valeurs ( $\Delta\sigma^*$ ) de consigne pour la répartition des efforts de traction.
8. Procédé suivant l'une des revendication 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'on effectue la détermination des valeurs ( $c_{actuator}$ ) de réglage du profil d'emprise en fonction du profil ( $c_p$ ) prescrit du feuillard.
- 55 9. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** utilise des profils ( $c_{sum}$ ) d'emprise calculés et corrigés comme valeur ( $c_{actuator}$ ) de réglage du profil d'emprise.
10. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** l'utilise pour des cages complexes de laminoirs ayant plus de quatre cylindres, notamment pour des cages de laminoirs quarto-sexto et des cages de laminoirs à 20 rouleaux.

11. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le modèle (5) de profil d'emprise prend en compte au moins l'un des paramètres polissage du cylindre ( $c_m$ ), usure du cylindre ( $c_w$ ), déformation de l'empreinte par variation de température, déformation ( $c_{fr}$ ) par la force de laminage attaquant les cylindres d'appui ainsi que le profil ( $c_p$ ) prescrit du feuillard.

5  
12. Procédé suivant la revendication 11, **caractérisé en ce que** l'on effectue la détermination du profil ( $c_{sum}$ ) d'emprise calculé et corrigé suivant la relation

$$10 \quad C_{sum} = C_p - (-C_m + C_w - C_t + C_{fr} + k)$$

dans laquelle

15  $c_m$  est la couronne mécanique,  
 $c_w$  est la couronne d'usure,  
 $c_t$  est la couronne de température,  
 $c_{fr}$  est la couronne du jeu de cylindres en fonction de la force de laminage,  
 $c_p$  est le profil souhaité pour le feuillard et  
 20  $k$  est la valeur de correction.

13. Dispositif de pré réglage du profil de l'emprise d'une cage de laminoir destinée à laminier un feuillard, dans lequel le profil de l'emprise peut être influencé par les valeurs de réglage du profil de l'emprise et dans lequel la répartition des efforts de traction sur le profil de l'emprise peut être réglée, les valeurs de réglage du profil de l'emprise pouvant être déterminées au moyen d'un modèle de profil d'emprise qui calcule le profil de l'emprise, dans lequel le dispositif de pré réglage du profil d'emprise a un dispositif de calcul qui relie le profil d'emprise calculé par une valeur ( $k$ ) de correction à un profil ( $c_{sum}$ ) d'emprise calculé et corrigé, de sorte que le modèle (5) de profil d'emprise peut être adapté au moyen de la valeur ( $k$ ) de correction au profil ( $c_{actual}$ ) réel d'emprise de la cage (1) de laminoir, le profil ( $c_{actual}$ ) réel d'emprise pouvant être déterminé à partir de valeurs de la répartition des efforts de traction.

30

35

40

45

50

55

