

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
11. Juni 2020 (11.06.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/114976 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B21B 37/26 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/083331

(22) Internationales Anmeldedatum:
02. Dezember 2019 (02.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 221 153.1 06. Dezember 2018 (06.12.2018) DE
10 2019 202 237.5 19. Februar 2019 (19.02.2019) DE
10 2019 215 265.1 02. Oktober 2019 (02.10.2019) DE

(71) Anmelder: **SMS GROUP GMBH** [DE/DE]; Eduard-Schloemann-Str. 4, 40237 Düsseldorf (DE).

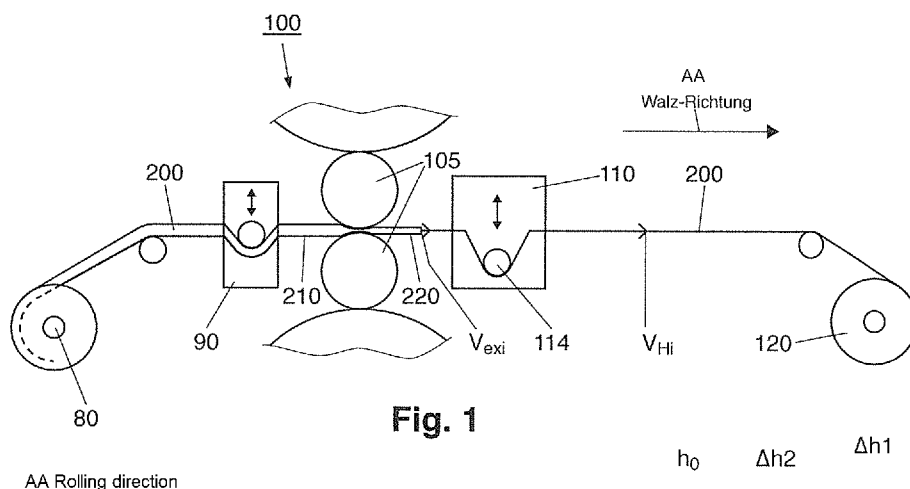
(72) Erfinder: **KLÖCKNER, Jürgen**; Berleburger Straße 25a, 57250 Netphen (DE).

(74) Anwalt: **KLÜPPEL, Walter**; Hemmerich & Kollegen, Hammerstr.2, 57072 Siegen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A ROLL STAND FOR STEPPED ROLLING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES WALZGERÜSTES ZUM STUFENWALZEN



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating a roll stand for stepped rolling of a metal strip (200). According to the method the metal strip (200) is firstly introduced on the infeed side into a roll stand (100) and there undergoes stepped rolling. An upstream and a downstream portion (220, 210) of the metal strip are thus created and have a different thickness from one another. The difference in thickness is Δh_1 . After the roll stand, the stepped-rolled metal strip passes firstly through an outfeed-side strip store before it is wound into a coil with the aid of a winding reel. The outfeed-side reel is regulated to a constant strip tension. In order to be able to keep the outfeed-side strip tension sufficiently constant even in the event of rapid changes to the size of the rolling gap and resultant rapid changes in thickness in the rolled metal strip, according to the invention, the regulation of the strip tension with the aid of the winding reel is complemented by position regulation for a roller unit in the outfeed-side strip store.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts zum Stufengewalzen von Metallband (200). Gemäß dem Verfahren wird das Metallband (200) zunächst einlaufseitig in ein Walzgerüst (100) eingebracht und dort stufengewalzt. So entsteht ein vorlaufender und ein nachfolgender Abschnitt (220, 210) des Metallbandes mit jeweils unterschiedlichen Dicken. Der Dickenunterschied beträgt Δh_1 . Nach dem Walzgerüst durchläuft das stufengewalzte Metallband zunächst einen auslaufseitigen Bandspeicher bevor es mit Hilfe eines Aufwickelhaspels zu einem Coil aufgewickelt wird. Der auslaufseitige Haspel wird auf einen konstanten Bandzug geregelt. Um den auslaufseitigen Bandzug auch bei schnellen Änderungen der Größe des Walzspaltes und daraus resultierenden schnellen Dickenänderungen in dem gewalzten Metallband hinreichend konstant halten zu können, sieht die Erfindung

SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts zum Stufenwalzen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts zum
5 Stufenwalzen von Metallband. Der Begriff „Stufenwalzen“ meint ein Walzen des
Metallbandes mit unterschiedlichen Dicken in einzelnen Abschnitten des
Metallbandes.

Derartige Verfahren zum Stufenwalzen von Metallband sind im Stand der Technik
10 grundsätzlich bekannt, so z. B. aus der europäischen Patentanmeldung EP 1 121
990 A2. Diese Patentanmeldung offenbart ein Walzgerüst mit Arbeitswalzen,
welche einen Walzspalt aufspannen. Dem Walzgerüst sind einlaufseitig ein
Abwickelhaspel und ein Bandspeicher vorgeschaltet zum Zuführen von Metallband
mit einer konstanten Ausgangsdicke in das Walzgerüst. Auslaufseitig sind dem
15 Walzgerüst – in Materialflussrichtung gesehen – ein Bandspeicher und ein
Aufwickelhaspel nachgeschaltet. Insbesondere der Aufwickelhaspel wird unter
Berücksichtigung des jeweils geänderten Coil-Durchmessers auf den Mittelwert
der Auslaufgeschwindigkeit des Metallbandes aus dem Walzgerüst geregelt. Auf
diese Weise wird im Mittel so viel Band auf den Aufhaspel aufgewickelt, wie Band
20 den Walzspalt verlässt. Die mindestens eine Rolleneinheit in dem auslaufseitigen
Bandspeicher, bei der es sich beispielsweise um eine Tänzerrolle handelt, wird
kraftgeregelt, so dass ein gewollter Bandzug vorliegt.

Diese Funktion des auslaufseitigen Bandspeichers als Stellglied zur Regelung des
25 auslaufseitigen Bandzugs hat den Nachteil, dass die Position der Rolleneinheit
bzw. der Tänzerrolle aufgrund der besagten Kraftregelung grundsätzlich
unbestimmt ist. Diese Unbestimmtheit der Position der Rolleneinheit führt in
Verbindung mit dem schnell durchlaufenden Metallband zu Instabilitäten. Dies gilt
– deshalb, weil insbesondere der Bandspeicher während seines Betriebes,
30 gegebenenfalls auch in Verbindung mit dem Aufwickelhaspel als ein Feder-
Masse-System betrachtet werden kann, welches bei Betrieb im Bereich seiner

Resonanzfrequenz zu einem unkontrollierten Aufschaukeln neigt. Im Ergebnis ist festzustellen, dass die gewünschte Regelung des Bandzugs auf der Auslaufseite mit Hilfe des auslaufseitigen Bandspeichers als kraftgeregeltem Stellglied lediglich suboptimal funktioniert.

5

Weiterhin ist es im Stand der Technik bekannt, den auslaufseitigen Bandzug des Metallbandes mit Hilfe des Aufwickelhaspels als Stellglied auf einen vorgegebenen auslaufseitigen Soll-Bandzug zu regeln.

10 Letztere Regelung funktioniert hinreichend gut, solange mit niedriger Walzgeschwindigkeit gewalzt wird und insbesondere Dickenunterschiede zwischen einzelnen Abschnitten des Metallbandes lediglich durch langsame Änderungen des Walzspaltes in das Metallband eingebracht werden.

15 Erfolgen diese Änderungen des Walzspaltes und die damit einhergehenden Dickenunterschiede in dem Metallband jedoch relativ schnell, ist diese Regelung nicht geeignet. Das von dem Aufwickelhaspel zu einem Coil aufgewickelte Metallband wiegt typischerweise mehrere Tonnen, beispielsweise 25 t. Deshalb ist die Massenträgheit des auslaufseitigen Aufwickelhaspels, insbesondere wenn er
20 mit dem besagten Coil beladen ist, zu groß, um schnelle Änderungen in der Dicke des Metallbandes im Hinblick auf einen konstanten Bandzug auszuregeln.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts zum Stufenwalzen von Metallband dahingehend
25 weiterzubilden, dass der auslaufseitige Bandzug auch bei schnellen Änderungen der Größe des Walzspaltes und daraus resultierenden schnellen Dickenänderungen in dem gewalzten Metallband, hinreichend konstant gehalten werden kann.

30 Diese Aufgabe wird durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst. Demnach wird der auslaufseitige Bandzug des Metallbandes mit Hilfe des

Aufwickelhaspels als Stellglied auf einen vorgegebenen auslaufseitigen Soll-Bandzug geregelt und zusätzlich wird – überlagernd - die Position der mindestens einen Rolleneinheit des auslaufseitigen Bandspeichers auf jeweils für den vorlaufenden und den nachfolgenden Abschnitt des Metallbandes individuell vorgegebene Soll-Positionen $P_{\text{Soll } v}$, $P_{\text{Soll } n}$ geregelt.

Der Begriff „Stufenwalzen“ meint das Walzen eines zusammenhängenden Metallbandes mit unterschiedlichen Dicken in einzelnen Abschnitten. Insbesondere in einem nachlaufenden Abschnitt des Metallbandes ist die Dicke anders als in einem dazu benachbarten vorlaufenden Abschnitt des Metallbandes. Der Unterschied zwischen den Dicken beträgt Δh . Anstelle des Begriffs „Stufenwalzen“ wird auch der Begriff „flexibles Walzen“ synonym verwendet.

Die beanspruchte Regelung des Bandzugs mit Hilfe des Aufwickelhaspels als Stellglied bildet die Grundlage für das erfindungsgemäße Konstanthalten des auslaufseitigen Bandzugs. Diese Regelung ist gut geeignet zum Konstanthalten des Bandzugs, wenn sich die Dicke des Metallbandes im Auslauf des Walzgerüsts nicht oder nur vergleichsweise langsam ändert. Vergleichsweise langsam bedeutet in diesem Zusammenhang so langsam, dass eine daraus resultierende Änderung des Bandzugs trotz der großen Massenträgheit des Aufwickelhaspels mit diesem ausgeregelt werden kann. Um jedoch darüber hinaus auch quasi überlagerte schnelle Änderungen des Bandzugs ausregeln bzw. kompensieren zu können, ist der besagten Regelung des Bandzugs mit Hilfe des Aufwickelhaspels eine Positionsregelung der Rolleneinheit in dem auslaufseitigen Bandspeicher überlagert. Die Rolleneinheit in dem auslaufseitigen Bandspeicher hat eine wesentlich geringere Massenträgheit als der Aufwickelhaspel und kann deshalb sehr flexibel, d. h. sehr schnell auf höher frequente Änderungen des Bandzugs reagieren, wie sie aus schnellen Änderungen der Dicke des Metallbandes resultieren. Die beanspruchte Positionsregelung der Rolleneinheit des auslaufseitigen Bandspeichers bietet im Unterschied zu der aus dem Stand der Technik bekannten Kraftregelung der Rolleneinheit den Vorteil, dass die

Position der Rolleneinheit während der Regelung jeweils in Form von Soll-Positionen fest vorgegeben wird. Mit dieser festen Vorgabe der Soll-Positionen ist auch der jeweilige Bandzug fest eingestellt. Anders als bei einer Kraftregelung der Rolleneinheit bietet die beanspruchte Positionsregelung der Rolleneinheit den

5 Vorteil einer größeren Stabilität des auslaufseitigen Bandzugs auch bei dynamischer Änderung des Walzspaltes bzw. der Dicke des Metallbandes.

Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die aus dem vorgegebenen Dickenunterschied resultierende notwendige Änderung der Soll-Position der

10 Rolleneinheit in einem Prozessmodell für das Stufenwalzen zeitlich vorausberechnet, vorzugsweise bevor oder während der Dickenunterschied durch eine Änderung des Walzspaltes zwischen den Arbeitswalzen des Walzgerüsts realisiert wird. Im Falle dieser Vorausberechnung kann die Rolleneinheit bereits sehr frühzeitig auf ihre neue geänderte Sollposition eingestellt bzw. vorgesteuert

15 werden. Dies erfolgt vorzugsweise spätestens sobald die Größe des Walzspaltes um den Dickenunterschied Δh geändert wird. Diese erfindungsgemäße Vorsteuerung bietet den Vorteil, dass die erforderliche Änderung der Position der Rolleneinheit zeitlich nicht später als die Dickenänderung erfolgt, wodurch eine ansonsten zwischenzeitlich temporär entstehende Instabilität des Bandzugs

20 wirkungsvoll verhindert werden kann.

Das dem Walzgerüst einlaufseitig zugeführte Metallband weist vorzugsweise eine konstante Ausgangsdicke auf.

25 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens betreffend sowohl die Einlaufseite wie auch die Auslaufseite des Walzgerüsts sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

– Der Erfindung sind drei Figuren beigelegt, wobei

Figur 1 eine Walzanlage mit einem Walzgerüst zum Stufenwalzen von Metallband;

Figur 2 eine Detailansicht von Figur 1 zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

Figur 3 eine Veranschaulichung der veränderten Soll-Position der Rolleneinheit in dem auslaufseitigen Bandspeicher

zeigt.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die genannten Figuren in Form von Ausführungsbeispielen detailliert beschrieben. In allen Figuren sind gleiche technische Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Figur 1 zeigt eine Walzanlage zum Stufenwalzen von Metallband 200. Diese Anlage umfasst ein Walzgerüst 100 mit Arbeitswalzen 105, welche einen Walzspalt aufspannen. Die Größe des Walzspaltes ist beim Stufenwalzen veränderlich zum Einbringen von Dickenunterschieden Δh in das Metallband. In der Konsequenz hat dann ein vorlaufender Abschnitt 220 des Metallbandes eine andere Dicke als ein nachfolgender Abschnitt 210 des Metallbandes 200. Der Dickenunterschied beträgt Δh_i ; siehe Figur 2. Dabei bezeichnet der Laufparameter i mit $i=1 \dots I$ einen jeweiligen Abschnitt des Metallbandes.

Gemäß Figur 1 wird das Metallband mit vorzugsweise konstanter Ausgangsdicke h_0 einlaufseitig des Walzgerüsts 100 von einem Abwickelhaspel 80 bereitgestellt. Es durchläuft sodann optional einen einlaufseitigen Bandspeicher 90 bevor es in den Walzspalt zwischen den Arbeitswalzen 105 des Walzgerüsts einläuft und dort gewalzt wird. Auslaufseitig durchläuft das dann gewalzte Metallband 200 zunächst einen auslaufseitigen Bandspeicher 110, bevor es mit Hilfe eines auslaufseitigen Aufwickelhaspels zu einem Coil aufgewickelt wird.

Aufgrund von erfolgten Änderungen der Größe des Walzspaltes während des Walzens weist das zu dem Coil aufgewickelte Metallband in unterschiedlichen Abschnitten unterschiedliche Dicken auf.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben des Walzgerüsts 100 wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren detailliert beschrieben. Das Verfahren gilt insbesondere für das Kaltwalzen von Metallbändern; eine Anwendung des Verfahrens bei Warmband ist jedoch nicht ausgeschlossen.

10

Das erfindungsgemäße Verfahren zielt insbesondere darauf ab, den Bandzug auf der Auslaufseite des Walzgerüsts 100 auch bei schnellen Änderungen in der Dicke des Metallbandes, wie sie beim Stufenwalzen vorkommen, konstant zu halten. Zu diesem Zweck wird der Aufwickelhaspel 120 als Stellglied für eine

15 Bandzugregelung verwendet, bei welcher der auslaufseitige Bandzug auf einen vorgegebenen auslaufseitigen Soll-Bandzug geregelt wird.

Der Bandzug ist bei konstantem Querschnitt des Metallbandes proportional zu einer auf das Metallband wirkenden Zugkraft in Längsrichtung des Metallbandes.

20

Die Regelung auf den konstanten Soll-Bandzug kann beispielsweise dadurch realisiert werden, dass das Soll-Drehmoment des Aufwickelhaspels nach Maßgabe des sich beim Aufwickeln des Coils kontinuierlich vergrößernden Radiusses des Coils zeitabhängig verändert wird. Insofern kann die beanspruchte Regelung auf einen konstanten auslaufseitigen Soll-Bandzug durch eine

25 geeignete Regelung des Drehmomentes des Auslaufhaspels realisiert sein, wobei dann das vorzusehende Soll-Drehmoment in Abhängigkeit des sich zeitlich verändernden Coilradiusses verändert werden muss. Die besagte Regelung auf den konstanten Bandzug entspricht einer Regelung auf einen Mittelwert der Geschwindigkeit des Metallbandes am Ausgang des Walzgerüsts.

—

30

Um auch schnelle Änderungen des Walzspaltes und daraus resultierende schnelle Änderungen der Dicke des Metallbandes im Hinblick auf einen angestrebten konstanten Bandzug ausregeln zu können, ist erfindungsgemäß, wie oben beschrieben, der besagten Regelung des Bandzugs mit Hilfe des

5 Aufwickelhaspels eine schnelle Positionsregelung für die Rolleneinheit 114 des auslaufseitigen Bandspeichers 110 überlagert. Diese Positionsregelung sieht vor, dass für jeden Abschnitt i des Metallbandes mit einer unterschiedlichen bzw. individuellen Dicke die Rolleneinheit in dem auslaufseitigen Bandspeicher auf eine individuell vorgegebene Soll-Position geregelt wird. Die Notwendigkeit für das

10 Einstellen dieser individuellen Soll-Positionen für die unterschiedlich dicken Abschnitte des Metallbandes wird nachfolgend insbesondere unter Bezugnahme auf Figur 2 näher erläutert.

Es wird davon ausgegangen, dass das Metallband 200 mit einer Ausgangsdicke

15 h_0 in den Walzspalt zwischen den Arbeitswalzen 105 des Walzgerüsts 100 einläuft. In dem Walzspalt erfährt das Metallband 200 zunächst eine Dickenreduzierung um einen Dickenunterschied Δh_i , wie in Figur 2 gezeigt. Diese Dickenreduktion Δh_i des Metallbandes auf der Auslaufseite des Walzgerüsts 100 führt zu einer Änderung der Auslaufgeschwindigkeit $V_{ex\ i}$ des Metallbandes aus

20 dem Walzgerüst um einen Betrag $\Delta V_{ex\ i}$ in dem vorlaufenden Abschnitt 220 des Metallbandes, insbesondere gegenüber der vereinfachend als konstant angenommenen Umfangsgeschwindigkeit V_U der Arbeitswalzen 105 des Walzgerüsts 100.

25 Die Änderung der Ausgangsgeschwindigkeit $\Delta V_{ex\ i}$ ist abhängig von einer Vielzahl von Parametern, wie sie in der nachfolgenden physikalischen Funktion nicht abschließend aufgelistet sind.

– $\Delta V_i = f(h_0, \Delta h_i, \eta; \text{Reibwert im Walzspalt, kf: Fließkurve des zu walzenden}$

30 $\text{Materials, Rauheit -, Durchmesser- und Umfangsgeschwindigkeit } V_U \text{ der Arbeitswalzen, Grad der Schmierung im Walzspalt, Temperatur, Rauheit des}$

Metallbandes, Zugkraft $F_{Zug\ i}$ auf Metallband am Ausgang des Walzgerüsts vor dem auslaufseitigen Bandspeicher, Zugkraft $F_{Zug\ Hi}$ auf das Metallband am Auslauf des auslaufseitigen Bandspeichers, etc).

- 5 Die Änderung der Ausgangsgeschwindigkeit $\Delta V_{ex\ i}$ wird typischerweise von einem Prozessmodell auf Basis von initialisierten Werten für die einzelnen Parameter vorausberechnet. Bei den initialisierten Werten handelt es sich vielfach nur um Schätz- bzw. Erfahrungswerte, weil die Werte von vielen der Parameter nicht genau bekannt bzw. reproduzierbar sind. Während der Durchführung des
- 10 Walzprozesses ist es deshalb empfehlenswert, die einzelnen Parameter mit Hilfe eines Beobachters zu beobachten, d.h. messtechnisch zu erfassen und ihre beobachteten bzw. gemessenen Werte mit den aktuell im Prozessmodell verwendeten Werten zu vergleichen. Im Falle einer erkannten Abweichung einzelner Parameterwerte empfiehlt sich dann eine Anpassung des
- 15 Prozessmodells, um dieses ständig weiter zu verbessern.

Die Gesamtgeschwindigkeit $V_{ex\ i}$ des Metallbandes am Auslauf des Walzgerüsts in Transportrichtung des Metallbandes vor dem auslaufseitigen Bandspeicher 110 berechnet sich zu:

20

$$V_{ex\ i} = V_U + \Delta V_{ex\ i}$$

Davon zu unterscheiden ist die Geschwindigkeit des Metallbandes V_{Hi} am Auslauf des auslaufseitigen Bandspeichers 110 bzw. Einlauf des Aufwickelhaspels 120.

25

Durch Aufintegrieren der Geschwindigkeitsdifferenz $V_{ex\ i} - V_{Hi}$ über der Zeit lässt sich die aus der ursprünglichen Dickenänderung Δh_i resultierende Längenänderung ΔS_i des Metallbandes auf der Auslaufseite des Walzgerüsts berechnen gemäß folgender Formel:

30

$$\Delta s_i = \int (V_{ex i} - V_{Hi}) dt$$

Diese Längenänderung Δs_i muss in dem auslaufseitigen Bandspeicher 110 kompensiert werden, damit die Aufgabe der Erfindung gelöst und die Längenänderung keinen negativen Einfluss auf die Konstanz des Bandzugs auf der Auslaufseite des Walzgerüsts hat. Zu diesem Zweck sieht die vorliegende Erfindung vor, aus dieser berechneten Längenänderung Δs_i eine erforderliche Änderung der Soll-Position Δp_i der Rolleneinheit in dem auslaufseitigen Bandspeicher 110 derart zu berechnen, dass die besagte Längenänderung Δs_i in dem Bandspeicher vorzugsweise vollständig kompensiert wird. In Fig. 3 ist die Änderung der Soll-Position Δp_i der Rolleneinheit beispielhaft dargestellt. Die besagte Änderung der Soll-Position Δp_i entspricht beispielhaft in grober Näherung der Hälfte der Längenänderung Δs_i des Metallbandes, wobei jedoch zusätzlich noch Winkelbeziehungen und die Längenabschnitte des in dem auslaufseitigen Bandspeicher geführten Metallbandes zu berücksichtigen sind. Die Änderung der Soll-Position Δp_i der Rolleneinheit erfolgt erfindungsgemäß im Rahmen einer Positions-Steuerung oder Positions-Regelung, welche der traditionellen Bandzugregelung des Metallbandes auf der Auslaufseite des Walzgerüsts überlagert ist.

20

Die Rolleneinheit hat Vergleich zu dem Aufwickelhaspel, insbesondere wenn dieser das zu einem Coil aufgewickelte Metallband trägt, nur eine wesentlich geringere Masse und Massenträgheit. Deshalb kann die Rolleneinheit bzw. der Bandspeicher vorteilhafterweise viel schneller auf schnelle Längenänderungen des Metallbandes, wie sie insbesondere beim Stufenwalzen auftreten, reagieren als der wesentlich trägere Aufwickelhaspel. Die Längenänderungen sind proportional zu Änderungen im Bandzug gemäß der folgenden Proportionalitätsbeziehung:

$$\Delta F_{Zug i} = \Delta s_i \cdot \left(\frac{E \cdot A}{L} \right)$$

30

mit

ΔF_{Zug} Änderung des Bandzugs

5 Δs Längenänderung des Metallbandes aufgrund einer Dickenänderung des Metallbandes

E E-Modul des Metallbandes

A Querschnittsfläche des Metallbandes

L gespannte Länge des Metallbandes.

10

Während der auslaufseitige Aufwickelhaspel 120 aufgrund seiner Massenträgheit das Metallband 200 im Wesentlichen mit einer konstanten Umfangsgeschwindigkeit V_{Hi} , welche einer mittleren Auslaufgeschwindigkeit des Metallbandes aus dem Walzgerüst 100 auch bei geänderten Dicken entspricht,

15 aufwickelt, kompensiert der erfindungsgemäße positionsgeregelte Bandspeicher die in Figur 2 dargestellten Schwankungen der auslaufseitigen Bandgeschwindigkeit $V_{ex\ i}$ um den besagten Mittelwert V_{Hi} . Auf diese Weise wird die erfindungsgemäße Aufgabe, nämlich den auslaufseitigen Bandzug auch bei hochdynamischen Änderungen des Walzspaltes und damit der Dicke des
20 auslaufseitigen Bandes konstant zu halten, gewährleistet.

Bezugszeichenliste

	80	Abwickelhaspel auf der Einlaufseite
5	90	einlaufseitiger Bandspeicher
	100	Walzgerüst
	105	Arbeitswalzen des Walzgerüsts
	110	auslaufseitiger Bandspeicher
	114	Rolleneinheit
10	120	Aufwickelhaspel
	200	Metallband
	210	nachlaufender Metallbandabschnitt
	220	vorlaufender Metallbandabschnitt
15	Δh_i	Dickenunterschied zwischen dem vorlaufenden und dem nachfolgenden Abschnitt des Metallbandes
	Δs_i	Änderung der Sollposition der Rolleneinheit des Bandspeichers
	Δv_i	Änderung der Auslaufgeschwindigkeit des Metallbandes aus dem Walzgerüst aufgrund des Dickenunterschiedes Δh
20	$P_{\text{Soll } v}$	Sollposition des vorlaufenden Abschnitts des Metallbandes
	$P_{\text{Soll } n}$	Sollposition des nachlaufenden Abschnitts des Metallbandes
	l bzw. v	(voreilender) Abschnitt des Metallbandes
	$i+1$ bzw. n	(nacheilender) Abschnitt des Metallbandes
	V_o	Geschwindigkeit des Metallbandes am Eingang des Walzgerüsts
25	$V_{ex \ i}$	Geschwindigkeit des Metallbandes am Auslauf des Walzgerüsts vor dem auslaufseitigen Bandspeicher
	V_{Hi}	Geschwindigkeit des Metallbandes hinter dem auslaufseitigen Bandspeichers am Einlauf des Aufwickelhaspels.
–	V_U	Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswalzen

Patentansprüche:

5 1. Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts (100) zum Stufenwalzen von Metallband (200), wobei dem Walzgerüst auf der Auslaufseite – in Materialflussrichtung gesehen - ein auslaufseitiger Bandspeicher (110) mit mindestens einer Rolleneinheit (114) und ein Aufwickelhaspel (120) nachgeschaltet sind; und

10 wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Zuführen des Metallbandes (200) einlaufseitig in das Walzgerüst (100);
- Stufenwalzen des Metallbandes in dem Walzgerüst (100) so, dass ein vorlaufender und ein nachfolgender Abschnitt (220, 210) des Metallbandes unterschiedliche Dicken mit einem Dickenunterschied Δh_i aufweisen;

15 - Durchlaufen des Metallbandes (200) durch den auslaufseitigen Bandspeicher (110); und

- Aufhaspeln des Metallbandes mit den unterschiedlichen Dicken hinter dem Bandspeicher (110) zu einem Coil mit Hilfe des Aufwickelhaspels (120);

20 gekennzeichnet durch

- Regeln der Position der Rolleneinheit (114) des auslaufseitigen Bandspeichers (110) auf jeweils für den vorlaufenden und den nachfolgenden Abschnitt des Metallbandes (200) individuell vorgegebene Soll-Positionen $P_{soll\ v}$, $P_{soll\ n}$, und

25 - Regeln des auslaufseitigen Bandzugs des Metallbandes (200) mit Hilfe des Aufwickelhaspels (120) als Stellglied auf einen vorgegebenen auslaufseitigen Soll-Bandzug.

– 2. Verfahren nach Anspruch 1,

30 dadurch gekennzeichnet,

dass sich die für den nachlaufenden Abschnitt (210) des Metallbandes

(200) vorgegebene Soll-Position $P_{\text{soll } n}$ mit $n=i+1$ aus einer für den vorlaufenden Abschnitt (220) des Metallbandes vorgegebenen Soll-Position $P_{\text{soll } v}$ mit $v=i$ wie folgt berechnet:

$$P_{\text{soll } n} = P_{\text{soll } v} + \Delta p$$

wobei die Änderung der Soll-Position Δp wie folgt berechnet wird:

- Berechnen einer Änderung der Auslaufgeschwindigkeit ΔV_{exi} des Metallbandes aus dem Walzgerüst insbesondere nach Maßgabe des Dickenunterschieds Δh_i ; und
 - Aufintegrieren der Geschwindigkeitsdifferenz $V_{\text{ex } i} - V_{\text{hi}}$ Metallbandes über der Zeit zu einer daraus resultierenden Längenänderung Δs_i des Metallbandes (200) auf der Auslaufseite des Walzgerüsts (100); und
 - Berechnen der erforderlichen Änderung der Soll-Position Δp_i der Rolleneinheit (114) in dem Bandspeicher zur Kompensation der Längenänderung Δs_i des Metallbandes beim Übergang von dem vorlaufenden auf den nachfolgenden Abschnitt (220, 210).
3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die aus dem vorgegebenen Dickenunterschied Δh_i resultierende notwendige Änderung der Soll-Position Δp der Rolleneinheit (114) in einem Prozessmodell für das Stufenwalzen zeitlich vorausberechnet wird, bevor oder während der Dickenunterschied Δh_i durch eine Änderung des Walzspaltes zwischen den Arbeitswalzen (105) des Walzgerüsts realisiert wird, und dass die Rolleneinheit (114) auf ihre neue geänderte Soll-Position $P_{\text{soll } n}$ mit $n=i+1$ eingestellt und insofern vorgesteuert wird, spätestens sobald die Größe des Walzspaltes um den Dickenunterschied Δh_i geändert wird.

4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass dem Walzgerüst (100) auf seiner Einlaufseite ein Abwickelhaspel (80)
zum Bereitstellen des Metallbandes sowie zwischen dem Abwickelhaspel
5 und vorzugsweise dem Walzgerüst mindestens ein einlaufseitiger
Bandspeicher (90) für das Metallband angeordnet sind, wobei das
Verfahren weiterhin folgende Schritte aufweist:
- Regeln der Drehzahl des Abwickelhaspels (80) auf eine vorgegebene
Abwickel-Soll-Drehzahl; und
10 - vorzugsweise Regeln des einlaufseitigen Bandzugs des Metallbandes
(200) mit Hilfe des einlaufseitigen Bandspeichers (90) als Stellglied auf
einen vorgegebenen einlaufseitigen Soll-Bandzug;
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
15 dadurch gekennzeichnet,
dass das einlaufseitig in das Walzgerüst (100) zugeführte Metallband (200)
eine konstante Ausgangsdicke (h_0) aufweist.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
20 dadurch gekennzeichnet,
dass das Metallband beim Stufenwalzen kaltgewalzt wird.

- 1 / 1 -

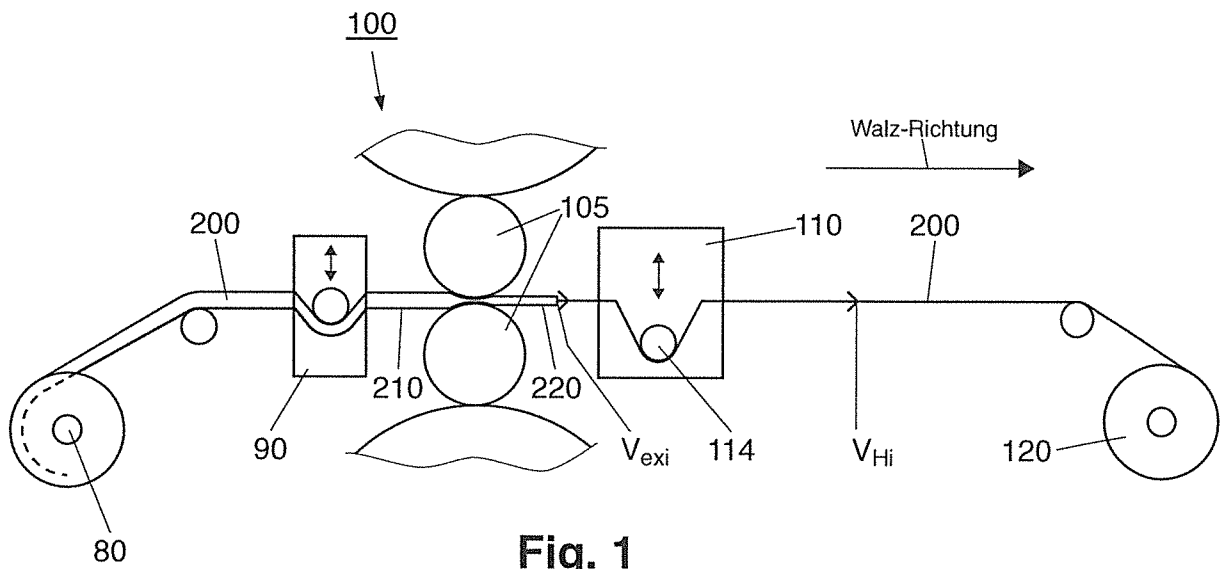


Fig. 1

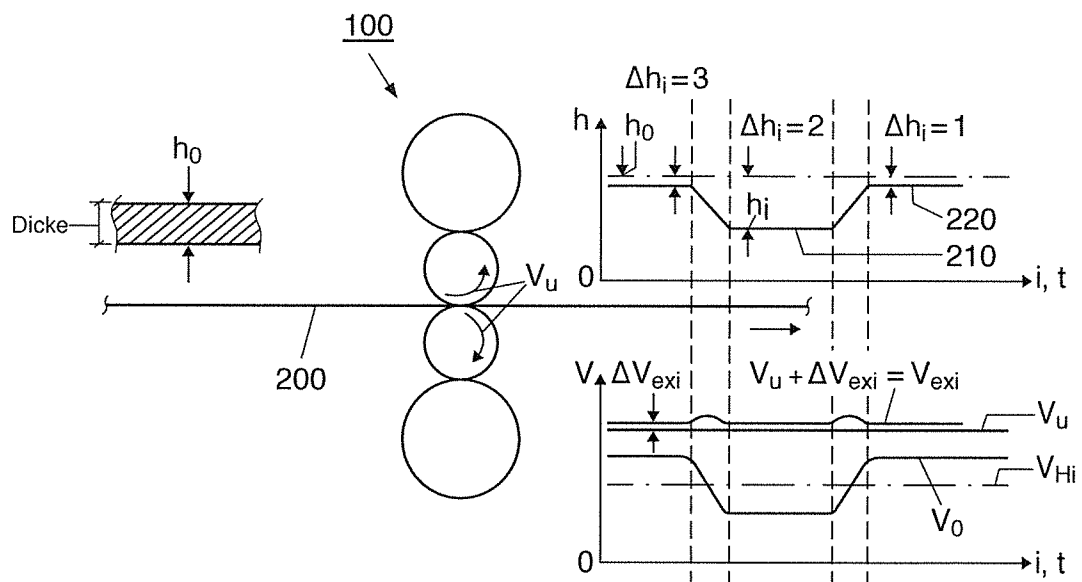


Fig. 2

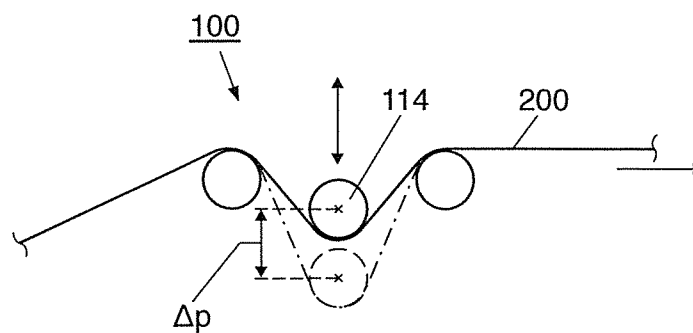


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/083331

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B21B 37/26**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 3210681 A1 (BILSTEIN GMBH & CO KG [DE]; TILGERT WALZWERKSMASCHINENBAU GMBH [DE]) 30 August 2017 (2017-08-30) paragraph [0027]; claims 1-10; figures 1-3	1-6
X	EP 1908534 A1 (ACHENBACH BUSCHHUETTEN GMBH [DE]) 09 April 2008 (2008-04-09) claims 1-5,17; figures 1-2	1,6
A	DE 102004041321 A1 (SMS DEMAG AG [DE]) 02 March 2006 (2006-03-02) abstract; figures 1-2	1
A	EP 1454681 A2 (SUNDWIG GMBH [DE]) 08 September 2004 (2004-09-08) claims 1-2; figures 1-3	1



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 February 2020

Date of mailing of the international search report

12 February 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Forciniti, Marco

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/083331

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3210681	A1	30 August 2017	EP	3210681	A1	30 August 2017
				US	2017239700	A1	24 August 2017
EP	1908534	A1	09 April 2008	DE	102006047463	A1	17 April 2008
				EP	1908534	A1	09 April 2008
DE	102004041321	A1	02 March 2006	AT	410248	T	15 October 2008
				BR	PI0506421	A	26 December 2006
				CA	2548796	A1	02 March 2006
				CN	101010154	A	01 August 2007
				DE	102004041321	A1	02 March 2006
				EP	1784266	A1	16 May 2007
				ES	2311233	T3	01 February 2009
				JP	4976291	B2	18 July 2012
				JP	2008510624	A	10 April 2008
				KR	20070042490	A	23 April 2007
				TW	200609049	A	16 March 2006
				US	2007261456	A1	15 November 2007
				WO	2006021324	A1	02 March 2006
				ZA	200601956	B	26 March 2008
EP	1454681	A2	08 September 2004	DE	10310399	A1	23 September 2004
				EP	1454681	A2	08 September 2004

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B21B37/26
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B21B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 3 210 681 A1 (BILSTEIN GMBH & CO KG [DE]; TILGERT WALZWERKSMASCHINENBAU GMBH [DE]) 30. August 2017 (2017-08-30) Absatz [0027]; Ansprüche 1-10; Abbildungen 1-3 -----	1-6
X	EP 1 908 534 A1 (ACHENBACH BUSCHHUETTEN GMBH [DE]) 9. April 2008 (2008-04-09) Ansprüche 1-5,17; Abbildungen 1-2 -----	1,6
A	DE 10 2004 041321 A1 (SMS DEMAG AG [DE]) 2. März 2006 (2006-03-02) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 -----	1
A	EP 1 454 681 A2 (SUNDWIG GMBH [DE]) 8. September 2004 (2004-09-08) Ansprüche 1-2; Abbildungen 1-3 -----	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

3. Februar 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/02/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Forciniti, Marco

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/083331

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3210681 A1	30-08-2017	EP 3210681 A1	30-08-2017
		US 2017239700 A1	24-08-2017
EP 1908534 A1	09-04-2008	DE 102006047463 A1	17-04-2008
		EP 1908534 A1	09-04-2008
DE 102004041321 A1	02-03-2006	AT 410248 T	15-10-2008
		BR PI0506421 A	26-12-2006
		CA 2548796 A1	02-03-2006
		CN 101010154 A	01-08-2007
		DE 102004041321 A1	02-03-2006
		EP 1784266 A1	16-05-2007
		ES 2311233 T3	01-02-2009
		JP 4976291 B2	18-07-2012
		JP 2008510624 A	10-04-2008
		KR 20070042490 A	23-04-2007
		TW 200609049 A	16-03-2006
		US 2007261456 A1	15-11-2007
		WO 2006021324 A1	02-03-2006
		ZA 200601956 B	26-03-2008
EP 1454681 A2	08-09-2004	DE 10310399 A1	23-09-2004
		EP 1454681 A2	08-09-2004