

(19)



(11)

EP 3 890 900 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

12.04.2023 Patentblatt 2023/15

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

B21B 37/26 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

B21B 37/26; B21B 37/54; B21B 39/084

(21) Anmeldenummer: **19816591.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2019/083331

(22) Anmeldetag: **02.12.2019**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2020/114976 (11.06.2020 Gazette 2020/24)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES WALZGERÜSTES ZUM STUFENWALZEN**

METHOD FOR OPERATING A ROLL STAND FOR STEPPED ROLLING

PROCÉDÉ SERVANT À FAIRE FONCTIONNER UNE CAGE DE LAMINOIR DE LAMINAGE À GRADINS

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(72) Erfinder: **KLÖCKNER, Jürgen**

57250 Netphen (DE)

(30) Priorität: **06.12.2018 DE 102018221153**

19.02.2019 DE 102019202237

02.10.2019 DE 102019215265

(74) Vertreter: **Klüppel, Walter**

Hemmerich & Kollegen

Patentanwälte

Hammerstraße 2

57072 Siegen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

13.10.2021 Patentblatt 2021/41

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 1 908 534 EP-A1- 3 210 681

EP-A2- 1 454 681 DE-A1-102004 041 321

(73) Patentinhaber: **SMS Group GmbH**

40237 Düsseldorf (DE)

EP 3 890 900 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts zum Stufenwalzen von Metallband. Der Begriff "Stufenwalzen" meint ein Walzen des Metallbandes mit unterschiedlichen Dicken in einzelnen Abschnitten des Metallbandes.

[0002] Derartige Verfahren zum Stufenwalzen von Metallband sind im Stand der Technik 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 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 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.

[0003] Diese Funktion des auslaufseitigen Bandspeichers als Stellglied zur Regelung des 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, gegebenenfalls auch in Verbindung mit dem Aufwickelhaspel als ein FederMasse-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 kraftgeregelter Stellglied lediglich suboptimal funktioniert.

[0004] 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.

[0005] 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.

[0006] 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 mit dem besagten Coil beladen ist, zu groß, um schnelle Änderungen in der Dicke des Metallbandes im Hinblick auf einen konstanten Bandzug auszuregeln.

[0007] Die europäische Patentanmeldung EP 3 210 681 A1 offenbart alle Merkmale des Oberbegriffs des Verfahrensanspruchs 1.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts zum Stufenwalzen von Metallband in alternativer Weise dahingehend 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.

[0009] Diese Aufgabe wird durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst. Dieses Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Drehzahl des Abwickelhaspels auf eine konstante Abwickel-Soll-Drehzahl geregelt wird.

[0010] 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.

[0011] 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

[0012] 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 Vorteil einer größeren Stabilität des auslaufseitigen Bandzugs auch bei dynamischer Änderung des Walzspaltes bzw. der Dicke des Metallbandes.

[0013] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die aus dem vorgegebenen Dickenunterschied resultierende notwendige Änderung der Soll-Position der 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 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 wirkungsvoll verhindert werden kann.

[0014] Das dem Walzgerüst einlaufseitig zugeführte Metallband weist vorzugsweise eine konstante Ausgangsdicke auf.

[0015] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens betreffend sowohl die Einlaufseite wie auch die Auslaufseite des Walzgerüsts sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0016] 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.

[0017] 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.

[0018] 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 Dicken-

unterschieden 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 $i=1 \dots l$ einen jeweiligen Abschnitt des Metallbandes.

[0019] 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.

[0020] Aufgrund von erfolgten Änderungen der Größe des Walzspaltes während des Walzens weist das zu dem Coil aufgewickelte Metallband in unterschiedlichen Abschnitten unterschiedliche Dicken auf.

[0021] 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.

[0022] 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 Bandzugregelung verwendet, bei welcher der auslaufseitige Bandzug auf einen vorgegebenen auslaufseitigen Soll-Bandzug geregelt wird.

[0023] Der Bandzug ist bei konstantem Querschnitt des Metallbandes proportional zu einer auf das Metallband wirkenden Zugkraft in Längsrichtung des Metallbandes. 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 Radius des Coils zeitabhängig verändert wird. Insofern kann die beanspruchte Regelung auf einen konstanten auslaufseitigen Soll-Bandzug durch eine geeignete Regelung des Drehmomentes des Auslaufhaspels realisiert sein, wobei dann das vorzusehende Soll-Drehmoment in Abhängigkeit des sich zeitlich verändernden Coildradius verändert werden muss. Die besagte Regelung auf den konstanten Bandzug entspricht einer Regelung auf einen Mittelwert der Geschwindigkeit des Metallbandes am Ausgang des Walzgerüsts.

[0024] 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 Re-

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

[0025] Es wird davon ausgegangen, dass das Metallband 200 mit einer Ausgangsdicke 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 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.

[0026] 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.

[0027] $\Delta V_i = f(h_0, \Delta h_i, \eta; \text{Reibwert im Walzspalt, kf: Fließkurve des zu walzenden Materials, Rauheit } -, \text{ Durchmesser- und Umfangsgeschwindigkeit } V_U \text{ der Arbeitswalzen, Grad der Schmierung im Walzspalt, Temperatur, Rauheit des Metallbandes, Zugkraft } F_{Zug\ i} \text{ auf Metallband am Ausgang des Walzgerüsts vor dem auslaufseitigen Bandspeicher, Zugkraft } F_{Zug\ Hi} \text{ auf das Metallband am Auslauf des auslaufseitigen Bandspeichers, etc.})$

[0028] 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 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 Prozessmodells, um dieses ständig weiter zu verbessern.

[0029] Die Gesamtgeschwindigkeit $V_{ex\ i}$ des Metallbandes am Auslauf des Walzgerüsts in Transportrichtung des Metallbandes vor dem auslaufseitigen Band-

speicher 110 berechnet sich zu:

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

[0030] Davon zu unterscheiden ist die Geschwindigkeit des Metallbandes V_{Hi} am Auslauf des auslaufseitigen Bandspeichers 110 bzw. Einlauf des Aufwickelhaspels 120.

[0031] Durch Aufintegrieren der Geschwindigkeitsdifferenz $V_{ex\ i} - V_{Hi}$ über der Zeit lässt sich die aus der ursprünglichen Dickenänderung Δh_i resultierende Längenänderung $\Delta S\ i$ des Metallbandes auf der Auslaufseite des Walzgerüsts berechnen gemäß folgender Formel:

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

[0032] Diese Längenänderung $\Delta S\ i$ 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 $\Delta S\ i$ eine erforderliche Änderung der Soll-Position Δp_i der Rolleneinheit in dem auslaufseitigen Bandspeicher 110 derart zu berechnen, dass die besagte Längenänderung ΔS 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 $\Delta S\ i$ 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 $\Delta p\ i$ 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.

[0033] 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:

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

mit

ΔF_{Zug}	Änderung des Bandzugs	
Δs	Längenänderung des Metallbandes aufgrund einer Dickenänderung des Metallbandes	
E	E-Modul des Metallbandes	
A	Querschnittsfläche des Metallbandes	5
L	gespannte Länge des Metallbandes.	

[0034] 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, 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 auslaufseitigen Bandes konstant zu halten, gewährleistet.

Bezugszeichenliste

[0035]		25
80	Abwickelhaspel auf der Einlaufseite	
90	einlaufseitiger Bandspeicher	
100	Walzgerüst	
105	Arbeitswalzen des Walzgerüsts	30
110	auslaufseitiger Bandspeicher	
114	Rolleneinheit	
120	Aufwickelhaspel	
200	Metallband	
210	nachlaufender Metallbandabschnitt	35
220	vorlaufender Metallbandabschnitt	
Δh_i	Dickenunterschied zwischen dem vorlaufenden und dem nachfolgenden Abschnitt des Metallbandes	40
Δs_i	Änderung der Sollposition der Rolleneinheit des Bandspeichers	
Δv_i	Änderung der Auslaufgeschwindigkeit des Metallbandes aus dem Walzgerüst aufgrund des Dickenunterschiedes Δh	45
$P_{\text{Soll } v}$	Sollposition des vorlaufenden Abschnitts des Metallbandes	
$P_{\text{Soll } n}$	Sollposition des nachlaufenden Abschnitts des Metallbandes	
l bzw. v	(voreilender) Abschnitt des Metallbandes	50
$i+1$ bzw. n	(nacheilender) Abschnitt des Metallbandes	
V_o	Geschwindigkeit des Metallbandes am Eingang des Walzgerüsts	
$V_{ex\ i}$	Geschwindigkeit des Metallbandes am Auslauf des Walzgerüsts vor dem auslaufseitigen Bandspeicher	55
V_{Hi}	Geschwindigkeit des Metallbandes hinter	

VU

dem auslaufseitigen Bandspeichers am Einlauf des Aufwickelhaspels.
Umfangsgeschwindigkeit der Arbeitswalzen

Patentansprüche

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

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;
- 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);
- 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 $P_{\text{Soll } v}$, $P_{\text{Soll } n}$, und
- Regeln des auslaufseitigen Bandzugs des Metallbandes (200) mit Hilfe des Aufwickelhaspels (120) als Stellglied auf einen vorgegebenen auslaufseitigen Soll-Bandzug

wobei dem Walzgerüst (100) auf seiner Einlaufseite ein Abwickelhaspel (80) zum Bereitstellen des Metallbandes sowie zwischen dem Abwickelhaspel und dem Walzgerüst mindestens ein einlaufseitiger Bandspeicher (90) für das Metallband angeordnet sind,

dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren weiterhin folgenden Schritt aufweist:

- Regeln der Drehzahl des Abwickelhaspels (80) auf eine vorgegebene Abwickel-Soll-Drehzahl.

2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet**

net,

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 $V_{\text{exi}} - V_{\text{hi}}$ 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 das Verfahren weiterhin folgenden Schritt aufweist:

- 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,

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,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Metallband beim Stufenwalzen kaltgewalzt wird.

15 Claims

1. Method of operating a roll stand (100) for stepped rolling of metal strip (200), wherein an outlet-side strip store (110) with at least one roller unit (114) and winding-up coiler (120) are downstream of the roll stand on the outlet side as seen in material flow direction;
and

wherein the method comprises the following steps:

- feeding the metal strip (200) at the inlet side into the roll stand (100);
- stepped rolling of the metal strip in the roll stand (100) so that a leading and a trailing section (220, 210) of the metal strip have different thicknesses with a thickness difference Δh_i ;
- running the metal strip (200) through the outlet-side strip store (110); and
- coiling up the metal strip with the different thicknesses behind the strip store (110) to form a coil with the help of the winding-up coiler (120);
- regulating the position of the roller unit (114) of the outlet-side strip store (110) to respective target positions $P_{\text{soll } v}$, $P_{\text{soll } n}$ individually predetermined for the leading section and the trailing section of the metal strip (200) and
- regulating the outlet-side strip tension of the metal strip (200) to a predetermined outlet-side target strip tension with the help of the winding-up coiler (120) as setting element,

wherein an unwinding coiler (80) for providing the metal strip and at least one outlet side strip store (90), which is between the unwinding coiler and the roll stand, for the metal strip are arranged at the roll stand (100) on its inlet side,
characterised in that

the method further comprises the following step:

- regulating the rotational speed of the unwinding coiler (80) to a predetermined unwinding target rotational speed.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the target position $P_{\text{Soll } n}$, wherein $n = i + 1$, predetermined for the trailing section (210) of the metal strip (200) is calculated as follows from a target position $P_{\text{Soll } v}$, wherein $v = i$, predetermined for the leading section (220) of the metal strip:

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

wherein the change in the target position Δp is calculated as follows:

- calculating a change in the outlet speed $\Delta V_{\text{ex } i}$ of the metal strip from the roll stand particularly according to the amount of the thickness difference Δh_i ; and
- integrating the speed difference $V_{\text{ex } i} - V_{\text{hi}}$ of the metal strip over time to form a length change Δs_i resulting therefrom of the metal strip (200) on the outlet side of the roll stand (100); and
- calculating the required change in the target position Δp_i of the roll unit (114) in the strip store to provide compensation for the length change Δs_i of the metal strip at the transition from the leading section (220) to the trailing section (210).

3. Method according to one of the preceding claims, **characterised in that**

the necessary change, which results from the predetermined thickness difference Δh_i , in the target position Δp of the roller unit (114) is calculated in advance in time in a process model for the stepped rolling, before or while the thickness difference Δh_i is realised by a change in the rolling gap between the work rolls (105) of the roll stand, and the roller unit (114) is set to its new changed target position $P_{\text{Soll } n}$, wherein $n = i + 1$, and **in that** respect pre-controlled at the latest when the rolling gap is changed by the thickness difference Δh_i .

4. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the method further comprises the following step:

- regulating the inlet-side strip tension of the metal strip (200) to a predetermined inlet-side target strip tension with the help of the inlet-side strip

store (90) as setting element.

5. Method according to any one of the preceding claims,

characterised in that

the metal strip (200) fed at the inlet side into the roll stand (100) has a constant starting thickness (h_0).

6. Method according to any one of the preceding claims,

characterised in that

the metal strip is cold-rolled during the stepped rolling.

Revendications

1. Procédé destiné à l'exploitation d'une cage de laminage (100) pour le laminage étagé d'une bande métallique (200), dans lequel un dispositif de stockage de bande du côté sortie - lorsqu'on regarde dans la direction de défilement de la matière - qui comprend au moins une unité (114) sous la forme d'un rouleau et un dispositif de bobinage (120) sont montés à la suite de la cage de laminage ; et

dans lequel le procédé présente les étapes suivantes dans lesquelles :

- on achemine la bande métallique (200) du côté entrée dans la cage de laminage (100) ;
- on soumet la bande métallique dans la cage de laminage (100) à un laminage étagé d'une manière telle qu'un tronçon de tête et un tronçon qui suit (220, 210) de la bande métallique présentent des épaisseurs différentes avec une différence d'épaisseur Δh_i ;
- on fait passer la bande métallique (200) à travers le dispositif de stockage de bande (110) du côté sortie ; et
- on enroule la bande métallique présentant les épaisseurs différentes derrière le dispositif de stockage de bande (110) afin d'obtenir une bobine à l'aide du dispositif de bobinage (120) ;
- on règle la position de l'unité (114) sous la forme d'un rouleau, du dispositif de stockage (110) du côté sortie à des positions de consigne $P_{\text{Soll } v}$, $P_{\text{Soll } n}$, respectivement prédéfinies de manière individuelle pour le tronçon de tête et le tronçon qui suit de la bande métallique (200) ; et
- on règle la traction de bande de la bande métallique (200) du côté sortie à l'aide du dispositif de bobinage (120) à titre d'élément de réglage à une traction de bande de consigne du côté sortie qui a été prédéfinie ;

dans lequel un dispositif de dévidage (80) est disposé du côté entrée de la cage de laminoir (100) pour la fourniture de la bande métallique et au moins un dispositif de stockage de bande (90) pour la bande métallique du côté entrée est disposé entre le dispositif de dévidage et la cage de laminoir ;

caractérisé en ce que

le procédé présente en outre l'étape suivante dans laquelle :

- on règle la vitesse de rotation du dispositif de dévidage (80) à une vitesse de rotation de consigne pour le dévidage qui a été prédéfinie.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on calcule la position de consigne Psoll n, dans laquelle $n = i + 1$, qui a été prédéfinie pour le tronçon qui suit (210) de la bande métallique (200) à partir d'une position de consigne Psoll v, dans laquelle $v = i$, qui a été prédéfinie pour le tronçon de tête (220) de la bande métallique, comme indiqué ci-après :

$$Psoll\ n = Psoll\ v + \Delta p$$

dans lequel on calcule la modification de la position de consigne Δp comme indiqué ci-après, à savoir :

- on calcule une modification de la vitesse de défilement ΔV_{exi} de la bande métallique à partir de la cage de laminoir, en particulier en fonction de la différence d'épaisseur Δh_i ; et
- on intègre la différence de vitesse $V_{exi} - V_{hi}$ de la bande métallique au cours du temps à une modification de la longueur Δs_i de la bande métallique qui en résulte (200) du côté sortie de la cage de laminoir (100) ; et
- on calcule la modification requise de la position de consigne Δp_i de l'unité (114) sous la forme d'un rouleau dans le dispositif de stockage de bande à des fins de compensation de la modification de la longueur Δs_i de la bande métallique au cours du passage du tronçon de tête au tronçon qui suit (220, 210).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on calcule de manière préalable dans le temps la modification requise de la position de consigne Δp de l'unité (114) sous la forme d'un rouleau qui résulte de la différence d'épaisseur Δh_i qui a été prédéfinie, dans un modèle de processus pour le laminage étagé, avant ou pendant que s'opère la différence d'épaisseur Δh_i par l'intermédiaire d'une modification de l'empoise entre les cylindres de travail (105) de la cage de laminoir; et **en ce que** l'on règle et l'on commande au préa-

lable l'unité (114) sous la forme d'un rouleau (114) à sa nouvelle position de consigne qui a été modifiée Psoll n, dans laquelle $n = i + 1$, d'une manière telle que ledit réglage ou ladite commande au préalable se passe au plus tard dès que la modification de la dimension de l'empoise à concurrence de la différence d'épaisseur Δh_i aura eu lieu.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le procédé présente en outre l'étape suivante dans laquelle :

- on règle la traction de bande de la bande métallique (200) du côté entrée à l'aide du dispositif de stockage de bande (90) du côté entrée, à titre d'élément de réglage, à une traction de bande de consigne du côté entrée qui a été prédéfinie.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande métallique (200) acheminée du côté entrée dans la cage de laminoir (100) présente une épaisseur de départ constante (h_0).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bande métallique est soumise à un laminage froid au cours du laminage étagé.

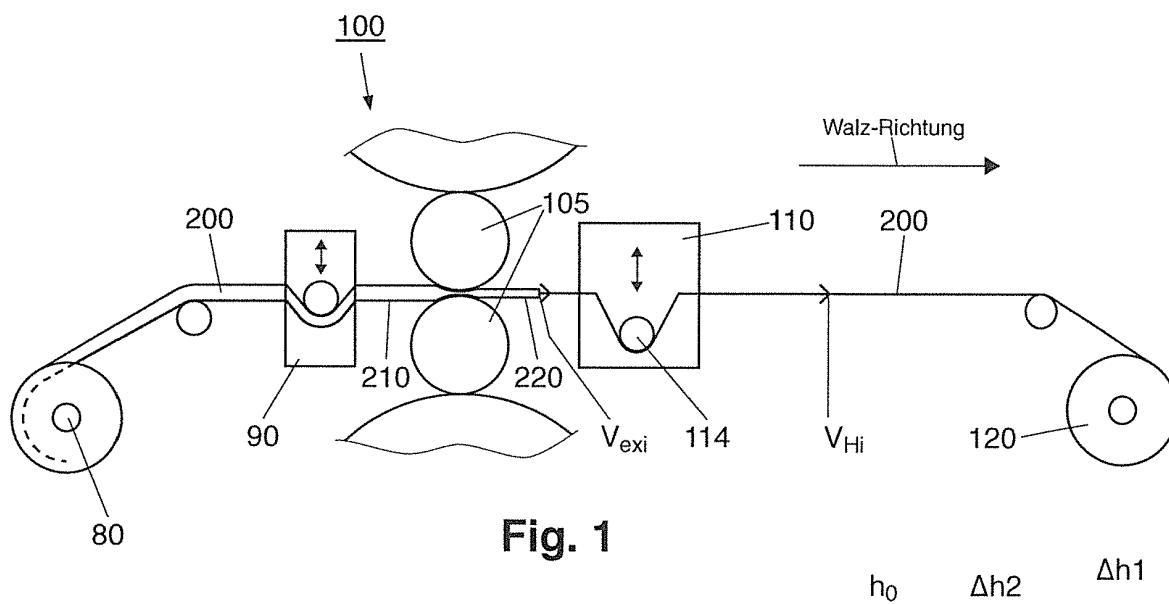


Fig. 1

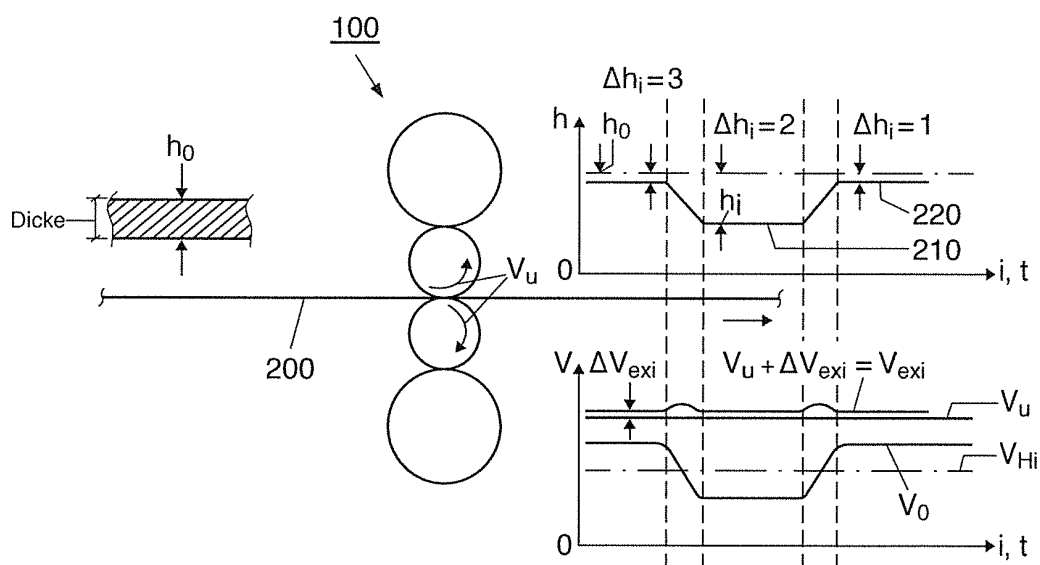


Fig. 2

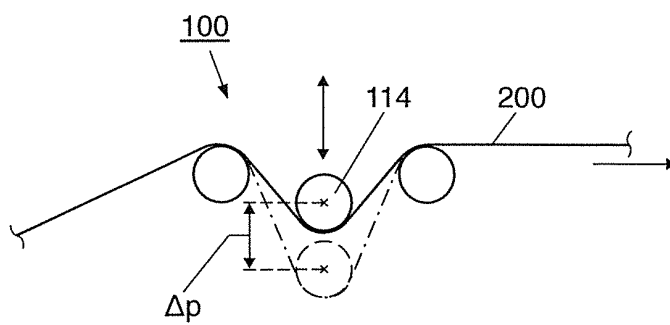


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1121990 A2 [0002]
- EP 3210681 A1 [0007]