



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**30.11.2016 Patentblatt 2016/48**

(51) Int Cl.:  
**B21B 37/26 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **15169819.8**

(22) Anmeldetag: **29.05.2015**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**MA**

(72) Erfinder: **Die Erfindernennung liegt noch nicht vor**

(74) Vertreter: **Meinke, Dabringhaus und Partner GbR**  
**Rosa-Luxemburg-Strasse 18**  
**44141 Dortmund (DE)**

Bemerkungen:  
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(71) Anmelder: **Giebel Kaltwalzwerk GmbH**  
**58642 Iserlohn (DE)**

(54) **VERFAHREN ZUM STUFENWALZEN EINES METALLBANDES**

(57) Verfahren zum Stufenwalzen eines Metallbandes (4), wobei das Metallband (4) von einer Ablaufhaspelpvorrichtung (5) abgewickelt und von einer Aufhaspelpvorrichtung (6) aufgewickelt wird, wobei das Metallband (4) während des Walzprozesses durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen (1,2) gebildeten Walzspalt (3) geführt wird und der Walzspalt (3) während des Walzprozesses gezielt verändert wird, wobei hierdurch eine Banddicke des Metallbandes (4) stufenweise in Längsrichtung (7) während des Walzprozesses verändert wird, wobei ein auf das Metallband (4) aufgebracht Bandzug gezielt so gesteuert wird, dass die von den Arbeitswalzen (1,2) auf das Metallband (4) aufgebrachte Walzkraft während des Walzprozesses konstant oder annähernd konstant ist.

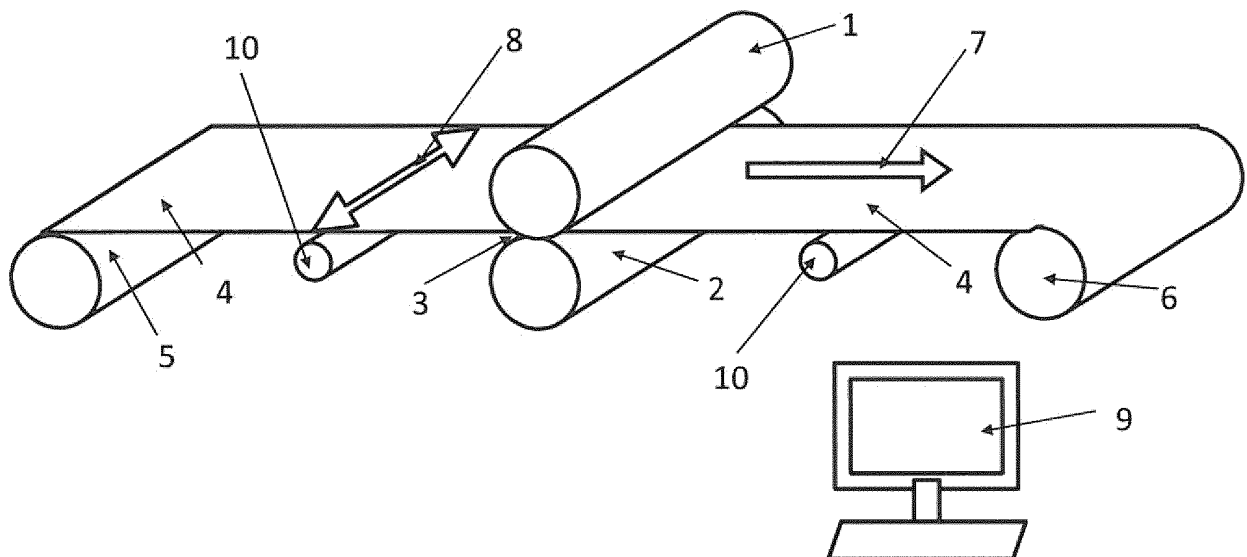
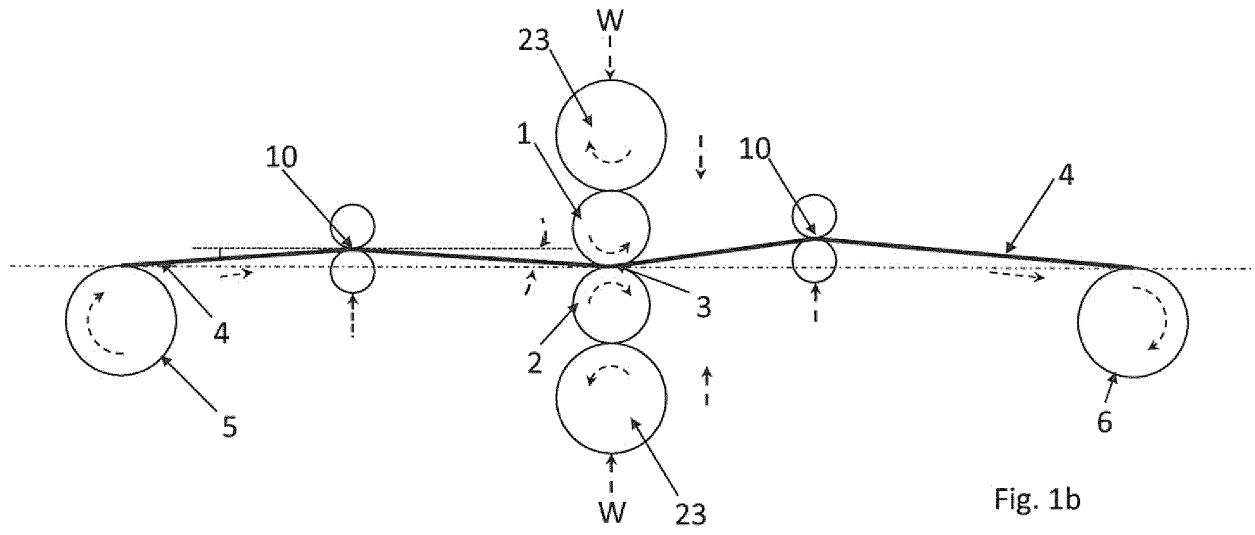


Fig. 1a



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Stufenwalzen eines Metallbandes gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Das Stufenwalzen ist als Verfahren zur Herstellung von Metallbändern bereits aus der Praxis, auch unter dem Begriff "flexibles Walzen", bekannt. Dieses Verfahren ermöglicht die Herstellung von Metallbändern, die über die Länge unterschiedliche Banddicken aufweisen. Hierzu wird während des Walzprozesses der zwischen einer ersten Arbeitswalze und einer zweiten Arbeitswalze gebildete Walzspalt gezielt verfahren. So können unterschiedlich lange oder beliebig wechselnde Abschnitte des durch den Walzspalt geführten Metallbandes mit unterschiedlichen Banddicken gewalzt werden. Dadurch entstehen über die Metallbandlänge verteilt Bandabschnitte mit größerer und Bandabschnitte mit geringerer Banddicke. Diese unterschiedlich dicken Bandabschnitte können zudem über unterschiedlich ausgestaltete Steigungen, das heißt Übergangsabschnitte, miteinander verbunden sein.

**[0003]** Mit dem Verfahren des Stufenwalzens lassen sich Walzprodukte mit belastungs- und gewichtsoptimierten Querschnittsformen herstellen. Es ist üblicherweise als Bandwalzen mit einer Ablaufhaspelpvorrichtung und einer Aufhaspelpvorrichtung von Coil auf Coil ausgelegt. Es ist auch allgemein bekannt, dass über die Haspel aufgebrachte Bandzüge den Walzprozess unterstützen und die Planheit oder Geradheit des gefertigten Metallbandes längs, in Walzrichtung, verbessern.

**[0004]** Von besonderer Bedeutung ist, dass anders als beim konventionellen Bandwalzen beim Stufenwalzen während des Walzprozesses aufgrund der Dickenänderungen des Metallbandes immer große Änderungen der Walzkraft auftreten. Die gewünschte Banddickenänderung wird zwar erreicht, hat aber zur Folge, dass erhebliche Änderungen der Walzen- und Gerüstbelastung und damit verbundene elastische Verformungen auftreten. Hierdurch kommt es zu ungewünschten Veränderungen der Walzspalt- und Bandgeometrie, wodurch die Planheit des gewalzten Bandes negativ beeinflusst wird. So führen Änderungen der Walzkraft während des Walzprozesses zu elastischen Verformungen aller Walzen, wie etwa Walzenabplattung, Walzendurchbiegung und Einbettung in die Walzen. Dies hat eine Änderung des Bandprofils zur Folge, was bei Ungleichförmigkeiten zu Planheitsfehlern führt. Bisher wird versucht diese Auswirkungen, wie in EP 1 074 317 B1 offenbart, durch eine Korrektur der Biegelinien der Arbeitswalzen zu reduzieren. Ohne eine solche Korrektur würde beim beschriebenen Walzprozess ein für diese Lastwechsel charakteristisches unplanes Metallbandprofil entstehen.

**[0005]** Es bilden sich Welligkeiten des Metallbandes, wie beispielweise Randwellen oder Mittelwellen, aus, da die bezogene Höhenänderung und dementsprechend bezogene Längenänderung nicht konstant über die Walzgutbreite sind. Hierdurch ergeben sich unterschied-

liche Dicken über die Metallbandbreite, die zu unterschiedlichen Längen innerhalb des Metallbandes führen und damit die genannten Bandfehler verursachen.

**[0006]** Insbesondere die Planheit des Metallbandes ist für dessen einwandfreie Weiterverarbeitung entscheidend, da nur bei guter oder ausreichender Planheit homogene oder gleiche Verhältnisse über die gesamte Metallbandbreite vorliegen.

**[0007]** Bei einem konventionellen Bandwalzvorgang zur Herstellung von einfachen planen Metallbändern mit über ihre Länge gleichbleibender Dicke wird neben der Banddicke auch die Planheit über Regelkreise überwacht und bei Abweichungen eingeregelt. Nachteilig an einer solchen Regelung ist, dass hierfür eine Ansprech- und Regelzeit erforderlich ist, bis eine solche Regelung angesprochen hat und die Wirkung einer Abweichung durch die Wirkung einer Korrektur ausgeregelt ist.

**[0008]** Besonders beim Stufenwalzen stellt sich das Problem des Ansprechens der Regelung und die erforderliche Regelzeit bis zur Korrektur spielt eine bedeutende Rolle. Als besonders nachteilig erweist sich, dass sich die Regelzeiten insbesondere bei kurzen Übergängen zwischen den Stufen und bei hohen Bandgeschwindigkeiten verkürzen. Dies führt zu geometrischen Grenzen möglicher Stufenbänder, das heißt nicht alle gewünschten Übergänge von einer Banddicke zu einer nächsten Banddicke sind walztechnisch realisierbar.

**[0009]** Bei den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren kann sich ein Problem ergeben. So führt die Änderung der Walzenanstellung beim Stufenwalzen immer zu einer starken Veränderung der Walzkraft und eine Regelung zur Korrektur von daraus ergebenden Veränderungen am Metallband ist aufgrund der erforderlichen Ansprech- und Regelzeit ungeeignet für die schnellen Wechsel der Banddicke beim Stufenwalzen.

**[0010]** Erfindungsgemäß wird dieses Problem durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

**[0011]** Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile ergeben sich daraus, dass die von den Arbeitswalzen aufgebrachte Walzkraft während des Walzprozesses konstant oder annähernd konstant gehalten wird. Hierdurch werden negative Auswirkungen, wie walzkraftabhängige Fehler, beispielsweise Planheitsfehler, auf einfache Weise vermieden. Zur Erreichung einer konstanten Walzkraft sind die weiteren Prozessparameter dahingehend anzupassen, dass sich die Walzkraft trotz Änderung des Walzspaltes nicht verändert, also konstant oder annähernd konstant bleibt. Hierfür besonders geeignet ist die Steuerung eines auf das Metallband aufgebrachten Bandzuges. Eine solche Bandzugsteuerung sollte so gezielt erfolgen, dass die von den Arbeitswalzen auf das Metallband aufgebrachte Walzkraft während des Walzprozesses konstant oder annähernd konstant ist. Mit der gezielten Änderung der Bandzüge kann erreicht werden, dass sich die Walzkraft während der Veränderung des Walzspaltes auf einem konstanten oder annähernd konstanten Niveau bewegt. Beim Stufenwalzen hat sich ge-

zeigt, dass die mit einer Regelung verbundenen Nachteile, wie Ansprechzeit und Regelzeit, ungeeignet sind, um kurze definierte Übergänge und kleine Radien beliebig wiederkehrend mit wechselnden Profilen zufriedenstellend herzustellen. Aus diesem Grund ist es vorteilhaft, wenn die Bandzüge auf vorgebbare Werte eingestellt und angesteuert werden und auch die Anpassung zwischen zwei vorgegebenen Werten ebenfalls gesteuert erfolgt. Eine solche gesteuerte Bandzuganpassung ermöglicht es, alle Walzkraftbeeinflussenden Effekte, wie etwa Walzenabplattung, Durchbiegung, und Bandeinbettung zu kompensieren und konstante Bedingungen für den Walzprozess zu gewährleisten. Mit einer konstanten Walzkraft lassen sich die von der Walzkraftänderung abhängigen Fehler sehr einfach und wirksam begrenzen, da die elastischen Verformungen der Walze bei konstanter Walzkraft gleich bleiben.

**[0012]** In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die annähernd konstante Walzkraft sich während des Walzprozesses nur insoweit ändert, als dass während des Walzprozesses die elastische Verformung der Arbeitswalzen, wie Walzenabplattung, Walzendurchbiegung und Bandeinbettung in die Walzen, konstant oder annähernd konstant ist. Hierdurch lassen sich die von der Walzkraftänderung abhängigen Fehler sehr einfach und wirksam begrenzen. Hierzu werden die Eigenschaften der Arbeitswalzen bei der Änderung der Walzkraft derart berücksichtigt, dass während des Walzprozesses keine nennenswerte Änderung der elastischen Verformung erfolgt.

**[0013]** Eine besondere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass ein von der Aufhaspelpvorrichtung aufgebracht Vorwärtsbandzug oder ein von der Ablaufhaspelpvorrichtung aufgebracht Rückwärtsbandzug während des Walzprozesses gesteuert wird. Weiterhin ist es möglich, sowohl den Vorwärtsbandzug als auch den Rückwärtsbandzug zu steuern. Die Steuerung der Bandzüge ist eine geeignete Möglichkeit die Walzkraft konstant oder annähernd konstant zu halten, auch wenn sich der zwischen den Arbeitswalzen gebildete Walzspalt ändert.

**[0014]** Als besonders vorteilhafte Ausführung wurde erkannt, dass durch eine gezielte Bandzugsteuerung, also eine gezielte Änderung des Vorwärtsbandzugs oder des Rückwärtsbandzugs oder eine gezielte Änderung beider Bandzüge, und gezielte Steuerung der Drehzahl und Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen, vorzugsweise eine Änderung all dieser Parameter zur gleichen Zeit, die Geometrie von Übergängen, insbesondere deren Steigung und die Radien von Übergangsstellen, zwischen der stufenweise veränderten Banddicke des Metallbandes beeinflusst wird. Hierdurch ist eine Ausweitung der durch Stufenwalzen erreichbaren Geometrien möglich. Außerdem können durch die Änderung der Geometrien hervorgerufene Walzkraftänderungen und damit verbundene Fehler der Bandgeometrie, Profil und Planheit, reduziert werden. Dies ist von besonderer Bedeutung, da beim Stufenwalzen in den Übergangsstellen

leicht Walzkraftspitzen entstehen, die sich nachteilig auf die Stabilität des Walzprozesses auswirken. Als besonders kritisch in diesem Zusammenhang wurden Übergangsstellen identifiziert, die sich zwischen einer negativen Steigung, die sich durch Reduzierung des Walzspalts ausbildet, und einer nachfolgenden flacheren planen Ebene einstellen. An diesen Übergangsstellen steigt die Walzkraft ohne weitere Maßnahmen sehr stark an, was zu den bereits beschriebenen Problemen führt.

**[0015]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass zur Reduzierung der Banddicke der Walzspalt verkleinert und der Vorwärtsbandzug und der Rückwärtsbandzug zur Erhaltung einer konstanten oder annähernd konstanten Walzkraft erhöht werden. Ohne Erhöhung dieser Bandzüge führt insbesondere eine Verkleinerung des Walzspaltes regelmäßig zu einer Erhöhung der Walzkraft, wodurch die bereits beschriebenen Probleme für den Walzprozess auftreten. Besonders vorteilhaft ist die gleichzeitige Steuerung der Bandzüge in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung, also sowohl die Bandzüge der Ablaufhaspelpvorrichtung als auch der Aufhaspelpvorrichtung, während einer Verkleinerung des Walzspaltes, durch Anstellung der Arbeitswalzen. Mit einer gezielten Steuerung der Bandzüge lässt sich die Veränderung der Walzkraft während der Anstellung der Arbeitswalzen vermeiden oder reduzieren.

**[0016]** Weiter vorteilhaft ist, wenn zur Erhöhung der Banddicke der Walzspalt vergrößert und der Vorwärtsbandzug und der Rückwärtsbandzug zur Erhaltung einer konstanten oder annähernd konstanten Walzkraft abgesenkt werden. Mit dieser Steuerung lässt sich die Walzkraft auf einem konstanten oder annähernd konstanten Niveau halten.

**[0017]** Als besonders vorteilhafte Ausführung hat sich erwiesen, dass die Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen oder die Drehzahl der Arbeitswalzen oder sowohl Drehzahl als auch Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen nach vorberechneten Daten gesteuert werden. Auch die Drehzahlen der Ablaufhaspelpvorrichtung oder der Aufhaspelpvorrichtung oder auch die Drehzahlen beider Haspelpvorrichtungen sind bevorzugt nach vorberechneten Daten zu steuern. Mit diesen vorberechneten Geschwindigkeitsdaten können geeignete Parameter gezielt angesteuert werden. Die Nachteile einer Regelung durch die Ansprech- und Regelzeit können so vermieden werden. Hierdurch ist es möglich, den Stufenwalzprozess optimal auszugestalten und Walzkraftänderungen, die sich aus einer Änderung des Walzspaltes ergeben würden, zu vermeiden. Mit den vorberechneten Geschwindigkeitsdaten könnten die für einen optimalen Walzprozess nötigen Parameter eingestellt und angesteuert werden. Bei der Berechnung der Geschwindigkeitsdaten werden die Materialeigenschaften und die gewünschte Geometrie berücksichtigt.

**[0018]** Das oben genannte Problem wird auch mit einer Vorrichtung gelöst, die nach dem Verfahren, wie hier und im Folgenden beschrieben, arbeitet und dazu Mittel zur Durchführung des Verfahrens umfasst. Die erfindungs-

gemäße Vorrichtung umfasst hierzu zumindest zwei Arbeitswalzen, die einen Walzspalt bilden, eine Ablaufhaspelvorrichtung, eine Aufhaspelvorrichtung und Stell- und Steuermittel, mittels welcher die Anstellung der Arbeitswalzen, die Drehzahl der Arbeitswalzen und die Drehzahl der Ablaufhaspelvorrichtung und/oder der Aufhaspelvorrichtung einstellbar und/oder steuerbar sind.

**[0019]** Wesentlich an der Erfindung ist zusammengefasst, dass bei gezielter Veränderung der Banddicke der Vor- und Rückzug am Walzspalt so gesteuert wird, dass trotz unterschiedlicher Formänderung die Walzkraft annähernd konstant bleibt. Hierdurch verändern sich planheitsbeeinflussende Effekte, wie etwa Walzenabplattung, Durchbiegung und Bänderbettung nicht oder nur unwesentlich, so dass hierdurch üblicherweise hervorgerufenen Planheitsfehler ausbleiben.

**[0020]** Hierzu dient ein geschlossenes Prozessmodell, welches die wirkenden Kräfte und Kinematik im Walzspalt insbesondere unter Wirkung der Bandzüge, also der äußeren Längszüge, beschreibt. Der Walzprozess insbesondere das Stufenwalzen ist ein dreidimensionaler Umformprozess, bei dem ein gekoppeltes Kräftesystem in Längs- und Breitenrichtung im Walzspalt wirkt. Durch das Zusammenwirken der Kräfte werden die Arbeitswalzen sowohl in radialer Richtung als auch in axialer Richtung verformt. Diese insbesondere in axialer Richtung auftretenden Verformungen ergeben unterschiedliche Höhenänderungen in Breitenrichtung, was zu Planheitsfehlern im Band führt. Durch das Prozessmodells wird der Walzvorgang so gesteuert, dass mit Hilfe gezielter Veränderungen der Bandzüge die wirkenden Kräfte im Walzspalt so beeinflusst werden, dass durch annähernd konstante Walzkraft die elastischen Verformungen der Walzen annähernd konstant bleiben und somit Planheitsfehler durch unkontrollierte Walzendeformationen nicht auftreten und ein stabiler Walzprozess erreicht wird. Beim Stufenwalzen ist zusätzlich zu beachten, dass durch zeitabhängige Variationen der Banddicke der Prozess mehrdimensional instationär wird. Die Konstanzhaltung der Walzkräfte mittels gesteuerter Veränderung der Bandzüge muss diese instationären Abhängigkeiten berücksichtigen.

**[0021]** Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aufgrund der nachfolgenden Beschreibung sowie anhand der Zeichnungen. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen rein schematisch dargestellt und wird nachfolgend näher beschrieben. Einander entsprechende Gegenstände oder Elemente sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Es zeigen:

Figur 1a schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Figur 1b schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung mit Stütz- und Arbeitswalzen,

Figur 2 Profilkontur bei Walzvorgang ohne erfindungsgemäße Anpassung,

Figur 3 Walzkraftverlauf bei Walzvorgang ohne erfindungsgemäße Anpassung über die Zeit,

Figur 4 erzeugter Bandzug der Ablaufhaspelvorrichtung ohne erfindungsgemäße Anpassung über die Zeit,

Figur 5 erzeugter Bandzug der Aufhaspelvorrichtung ohne erfindungsgemäße Anpassung über die Zeit,

Figur 6 Profilkontur bei Walzvorgang nach erfindungsgemäßer Anpassung,

Figur 7 Walzkraftverlauf bei Walzvorgang nach erfindungsgemäßer Anpassung über die Zeit,

Figur 8 angepasster Bandzug der Ablaufhaspelvorrichtung nach erfindungsgemäßer Anpassung über die Zeit,

Figur 9 angepasster Bandzug der Aufhaspelvorrichtung nach erfindungsgemäßer Anpassung über die Zeit.

**[0022]** Die Figur 1a zeigt schematisch dargestellt eine erfindungsgemäße Vorrichtung. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel wird das Metallband 4 auf der gesamten Bandbreite 8 in Längsrichtung 7 durch einen von einer oberen Arbeitswalze 1 und einer unteren Arbeitswalze 2 gebildeten Walzspalt 3 geführt. Hierbei wird das Metallband 4 von der Ablaufhaspelvorrichtung 5 abgewickelt und nach dem Walzvorgang, der zwischen den Arbeitswalzen 1, 2 stattfindet, von der Aufhaspelvorrichtung 6 aufgewickelt. Dadurch bewegt sich das Metallband 4 in Längsrichtung 7 durch den Walzspalt 3 und wird auf der gesamten Bandbreite 8 von den Arbeitswalzen 1, 2 bearbeitet. Mit einer Veränderung des Walzspaltes 3 zwischen den Arbeitswalzen 1, 2 wird die Banddicke des Metallbandes 4 stufenweise in Längsrichtung 7 während des Walzprozesses verändert und so eine Profilkontur 11 (Figur 2 und 6) erreicht. Die Profilkontur 11 (Figur 2 und 6) stellt sich auf der gesamten Bandbreite 8 ein, indem vorzugsweise die Anstellgeschwindigkeit und die Drehzahl der Arbeitswalzen 1, 2, die Drehzahl der Ablaufhaspelvorrichtung 5 und der Aufhaspelvorrichtung 6 nach vorberechneten Geschwindigkeitsdaten mittels einer Steuerung 9 gesteuert und über Stellmittel (nicht gezeigt) eingestellt werden.

**[0023]** In Figur 1b ist schematisch ein eingerüstiges 4-Walzen-Reversiergerüst aus Walzenachsenrichtung dargestellt. Die Arbeitswalzen 1, 2 werden von zwei Stützwalzen 23 abgestützt. Die gestrichelten Pfeile stellen Kräfte, Geschwindigkeiten und Drehmomente dar und sollen den Walzprozess veranschaulichen.

**[0024]** Die Zeichnungen gemäß den Figur 2 und Figur 6 zeigen beispielhaft die Profilkontur 11 eines Metallbandes 4 (Figur 1a) mit einer Länge L nach einem Walzvorgang als Diagramm, wobei das Diagramm von 0 L bis 1,12 L reicht. "L" stellt hier einen frei wählbaren Wert für die hergestellte Profillänge dar. Die im Diagramm aufgetragene Profilhöhe h wird von der Mitte des Metallbandes 4 (Figur 1a) aus in Höhenrichtung gemessen, weshalb das Metallband 4 (Figur 1a) nach dem Walzprozess eine doppelt so hohe Metallbanddicke aufweist. In den im Folgenden betrachteten Beispielen wird ein Metallband 4 (Figur 1a) mit einer Einlaufdicke von  $H_0$  verwendet, wobei "H<sub>0</sub>" ein beliebiger Wert für die Einlaufdicke ist und vorzugsweise zwischen 1,2 mm und 5 mm liegt. Während dieses Walzprozesses wird die Banddicke auf eine Profilhöhe h von 0,425  $H_0$ , also eine Metallbanddicke von 0,85  $H_0$ , reduziert wobei anschließend eine weitere stufenweise Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) vorgenommen wird und das Materialband 4 (Figur 1a) abschnittsweise auf eine Profilhöhe h von 0,2875  $H_0$ , also eine Metallbanddicke von 0,575  $H_0$ , reduziert wird. Zwischen den ebenen Abschnitten, Ebene 16, Ebene 18, Ebene 20, des Metallbandprofils 11 befinden sich Übergänge, die eine Steigung, Bezugszeichen 17 und 19, aufweisen. Die in Figur 2 und Figur 6 dargestellte Profilkontur 11 weist zwischen den ebenen Abschnitten, Ebene 16, Ebene 18, Ebene 20 und den Steigungen 17, 19 die Übergangsstellen 12, 13, 14 und 15 auf, die zur weiteren Erläuterung verwendet werden. In Figur 2 ist erkennbar, dass die durch Anstellung der Walze erreichbare Profilkontur 11 insbesondere an der Übergangsstelle 13 von der Profilkontur 11 gemäß Figur 6 dahingehend abweicht, dass der erreichbare Radius in der Übergangsstelle 13 deutlich kleiner ist bzw. in Figur 2 kaum noch erkennbar ist.

**[0025]** Aus Figur 3 ist der Walzkraftverlauf 21 über ein Zeitintervall T des in Figur 2 dargestellten Walzvorgangs als Diagramm zu sehen. Die Walzkraft W beginnt mit  $W_0$  kN, wobei "W<sub>0</sub>" ein sich für die Walzkraft einstellender Wert ist, und steigt nach der Übergangsstelle 12 während der Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) an. Ihr Maximum erreicht die Walzkraft W an der Übergangsstelle 13 mit 2,32  $W_0$  kN. Anschließend ist die Walzkraft W während des ebenen Abschnittes, Ebene 18, zwischen den Übergangsstellen 13 und 14 konstant bei 2,0  $W_0$  kN, bevor sie nach der Übergangsstelle 14, in Folge der erneuten Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) wieder abnimmt und nach der Übergangsstelle 15 wieder einen Wert von  $W_0$  kN erreicht.

**[0026]** Über das gleiche betrachtete Zeitintervall T zeigen die Figuren 4 und 5 die Spannungsverläufe der Bandzüge als Diagramm. In Figur 4 ist der Spannungsverlauf 22 des Rückwärtsbandzuges  $\sigma_0$  der Ablaufhaspelpvorrichtung 5 (Figur 1a) zu sehen, der während des gesamten Walzprozesses konstant bei  $\sigma_0^*$  MPa liegt. Die Spannung 22 des Vorwärtsbandzuges  $\sigma_1$  der Aufhaspelpvorrichtung 6 (Figur 1a) verändert sich hingegen während des betrachteten Zeitintervalls T. Die Spannung die-

ses Bandzuges steigt, wie aus Figur 5 hervorgeht, beim Walzvorgang zwischen den Übergangsstellen 12 und 13 auf maximal 1,23  $\sigma_1^*$  MPa an, bevor die Spannung nach der Übergangsstelle 14 wieder abfällt.  $\sigma_0^*$  und  $\sigma_1^*$  stellen Spannungswerte dar, die im Bereich von 15% bis 60% der Fließspannung an der betrachteten Bandprofilposition liegen.

**[0027]** Die Figur 6 zeigt beispielhaft die Profilkontur 11 Metallbandes 4 (Figur 1a) nach einem Walzvorgang. Wie bereits oben erwähnt, wird die Banddicke auf eine Profilhöhe h von 0,425  $H_0$ , also eine Metallbanddicke von 0,85  $H_0$ , reduziert wobei anschließend eine weitere stufenweise Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) vorgenommen wird und das Materialband 4 (Figur 1a) abschnittsweise auf eine Profilhöhe h von 0,2875  $H_0$ , also eine Metallbanddicke von 0,575  $H_0$ , reduziert wird. Zwischen den ebenen Abschnitten, Ebene 16, Ebene 18, Ebene 20, des Metallbandprofils 11 befinden sich Übergänge, die eine Steigung, Bezugszeichen 17 und 19, aufweisen. In Figur 6 ist zu sehen, dass die durch Anstellung der Walzen 1, 2 (Figur 1a) erreichbare Profilkontur 11 insbesondere an der Übergangsstelle 13 von der Profilkontur 11 gemäß Figur 2 dahingehend abweicht, dass der erreichbare Radius in der Übergangsstelle 13 deutlich größer ist und dem Radius in der Übergangsstelle 14 entspricht. Diese Profilkontur 11 ist nur durch eine gezielte Anpassung der Bandzüge, Walzendrehzahl und Anstellgeschwindigkeit während des Walzprozesses möglich.

**[0028]** Das aus Figur 7 ersichtliche Diagramm zeigt den Walzkraftverlauf 21 über das Zeitintervall T des in Figur 6 dargestellten Walzvorgangs. Die Walzkraft W beginnt mit  $W_0$  kN und steigt nach der Übergangsstelle 12 während der Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) minimal an. Ihr Maximum erreicht die Walzkraft W an der Übergangsstelle 13 mit gerade mal 1,14  $W_0$  kN. Anschließend ist die Walzkraft W während des ebenen Abschnittes, Ebene 18, zwischen den Übergangsstellen 13 und 14 konstant, bevor sie nach der Übergangsstelle 14, in Folge der erneuten Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) wieder abnimmt und nach der Übergangsstelle 15 wieder einen Wert von  $W_0$  kN erreicht.

**[0029]** Über das gleiche betrachtete Zeitintervall T zeigen die Figuren 8 und 9 in Diagrammen die Spannungsverläufe der Bandzüge. In Figur 8 ist der Spannungsverlauf 22 des Rückwärtsbandzuges  $\sigma_0$  der Ablaufhaspelpvorrichtung 5 (Figur 1a) zu sehen, der während des Walzprozesses angepasst wird. Der Bandzug wird während der Anstellung der Arbeitswalzen 1, 2 (Figur 1a) zwischen den Übergangsstellen 12 und 13 auf eine Zugspannung von 6,7  $\sigma_0^*$  MPa angepasst. Diese Zugspannung wird für den Walzprozess bis zur Übergangsstelle 14 beibehalten, bevor der Bandzug der Ablaufhaspelpvorrichtung 5 (Figur 1a) wieder reduziert wird. Die Spannung 22 des Vorwärtsbandzuges  $\sigma_1$  der Aufhaspelpvorrichtung 6 (Figur 1a) verändert sich während des betrachteten Zeitintervalls T ebenfalls. So steigt die Spannung 22 dieses Bandzuges beim Walzvorgang zwischen den Über-

gansstellen 12 und 13 auf  $8 \sigma_1^*$  MPa an, bevor die Spannung 22 nach der Übergangsstelle 14 wieder abfällt.

**[0030]** Die Erfindung lässt sich wie folgt zusammenfassen: Eine Erhöhung der Walzkraft  $W$  (Figur 1a) wird wirksam verhindert, indem der Formänderungs- und Spannungszustand im Walzspalt 3 (Figur 1a) durch die auf das Metallband 4 (Figur 1a) aufgebrachten Bandzüge  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  verändert wird. Üblicherweise erhöht sich durch eine Reduzierung des Walzspaltes die Vertikalspannung, woraus sich eine höhere Walzkraft  $W$  (Figur 1a) ergibt. Mit der Anpassung der Bandzüge  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  wird hingegen erreicht, dass zur Erreichung von Fließbedingungen im Walzspalt 3 (Figur 1a) eine geringere resultierende Vertikalspannung erforderlich ist.

**[0031]** Die Steuerung der Bandzüge  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  erfolgt über die Veränderung der Haspeldrehzahlen, wobei zur gezielten Steuerung der Bandzüge  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  der Coildurchmesser berücksichtigt werden muss, damit durch die Veränderung der Haspeldrehzahlen ein gewünschter Haspelmoment erreicht wird, der auf die Bandzüge  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  wirkt. Mit der Steuerung der Bandzüge  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  wird so die Fließbedingung im Walzspalt 3 (Figur 1a) gezielt erreicht und erhalten, ohne dass die Vertikalspannungen und damit die Walzkraft  $W$  (Figur 1a) wesentlich verändert werden.

**[0032]** Natürlich ist das beschriebene Ausführungsbeispiel der Erfindung noch in vielfältiger Hinsicht abzuändern, ohne den Grundgedanken zu verlassen.

Bezugszeichenliste:

**[0033]**

- 1 Obere Arbeitswalze (Oberwalze)
- 2 Untere Arbeitswalze (Unterwalze)
- 3 Walzspalt
- 4 Metallband
- 5 Ablaufhaspelvorrichtung
- 6 Aufhaspelvorrichtung
- 7 Längsrichtung
- 8 Bandbreite
- 9 Steuerung
- 10 Bandzugmessrolle
- 11 Profilkontur
- 12 Übergangsstelle12
- 13 Übergangsstelle13
- 14 Übergangsstelle14
- 15 Übergangsstelle15
- 16 Ebene16
- 17 Steigung17
- 18 Ebene 18
- 19 Steigung 19
- 20 Ebene 20
- 21 Walzkraftverlauf
- 22 Spannungsverlauf
- 23 Stützwalzen

W Walzkraft in kN

- $W_0$  Ausgangswert für Walzkraft
- $h$  Profilhöhe in mm
- $H_0$  Einlaufdicke des Metallbandes
- $l$  gewalzte Profillänge in mm
- 5  $L$  Wert für gesamte Profillänge
- $t$  Zeit in s
- $T$  Zeitintervall
- $\sigma_0$  Rückwärtsbandzug in MPa
- $\sigma_0^*$  Ausgangswert für Rückwärtsbandzug
- 10  $\sigma_1$  Vorwärtsbandzug in MPa
- $\sigma_1^*$  Ausgangswert für Vorwärtsbandzug

**Patentansprüche**

- 15 1. Verfahren zum Stufenwalzen eines Metallbandes (4), wobei das Metallband (4) von einer Ablaufhaspelvorrichtung (5) abgewickelt und von einer Aufhaspelvorrichtung (5) aufgewickelt wird,  
20 wobei das Metallband (4) während des Walzprozesses durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen (1,2) gebildeten Walzspalt (3) geführt wird und der Walzspalt (3) während des Walzprozesses gezielt verändert wird,  
25 wobei hierdurch eine Banddicke des Metallbandes (4) stufenweise in Längsrichtung (7) während des Walzprozesses verändert wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein auf das Metallband (4) aufgebrachter Bandzug gezielt so gesteuert wird, dass die von den Arbeitswalzen (1, 2) auf das Metallband (4) aufgebrachte Walzkraft ( $W$ ) während des Walzprozesses konstant oder annähernd konstant ist.  
30
- 35 2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die annähernd konstante Walzkraft ( $W$ ) sich während des Walzprozesses nur insoweit ändert, als dass während des Walzprozesses die elastische Verformung der Arbeitswalzen (1,2) konstant oder annähernd konstant ist.  
40
- 45 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein von der Aufhaspelvorrichtung (6) aufgebrachter Vorwärtsbandzug ( $\sigma_1$ ) und/oder ein von der Ablaufhaspelvorrichtung (5) aufgebrachter Rückwärtsbandzug ( $\sigma_0$ ) während des Walzprozesses gesteuert wird.  
50
- 55 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** durch eine gezielte Bandzugsteuerung und gezielte Steuerung der Drehzahl und Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen (1,2) die Geometrie von Übergängen, insbesondere deren Steigung und die

Radien von Übergangsstellen (12,13,14,15), zwischen der stufenweise veränderten Banddicke des Metallbandes (4) beeinflusst wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Reduzierung der Banddicke der Walzspalt (3) verkleinert und der Vorwärtsbandzug ( $\sigma_1$ ) und der Rückwärtsbandzug ( $\sigma_0$ ) erhöht werden. 5 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Erhöhung der Banddicke der Walzspalt (3) vergrößert und der Vorwärtsbandzug ( $\sigma_1$ ) und der Rückwärtsbandzug ( $\sigma_0$ ) abgesenkt werden. 15
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen (1,2) und/oder die Drehzahl der Arbeitswalzen (1,2), der Ablaufhaspelvorrichtung (5) und/oder der Aufhaspelvorrichtung (6) nach vorberechneten Geschwindigkeitsdaten gesteuert werden. 20 25
8. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend zumindest zwei Arbeitswalzen (1, 2), die einen Walzspalt (3) bilden, eine Ablaufhaspelvorrichtung (5), eine Aufhaspelvorrichtung (6) und Stell- und Steuermittel (9), mittels welcher die Anstellung der Arbeitswalzen (1, 2), die Drehzahl der Arbeitswalzen (1, 2) und die Drehzahl der Ablaufhaspelvorrichtung (5) und/oder der Aufhaspelvorrichtung (6) einstellbar und/oder steuerbar sind. 30 35

#### Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ. 40

1. Verfahren zum Stufenwalzen eines Metallbandes (4), wobei das Metallband (4) von einer Ablaufhaspelvorrichtung (5) abgewickelt und von einer Aufhaspelvorrichtung (5) aufgewickelt wird, wobei das Metallband (4) während des Walzprozesses durch einen zwischen zwei Arbeitswalzen (1,2) gebildeten Walzspalt (3) geführt wird und der Walzspalt (3) während des Walzprozesses gezielt verändert wird, wobei hierdurch eine Banddicke des Metallbandes (4) stufenweise in Längsrichtung (7) während des Walzprozesses verändert wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein auf das Metallband (4) aufgebrachter Bandzug gezielt so gesteuert wird, dass die von den Arbeitswalzen (1, 2) auf das Metallband (4) aufge- 45 50

brachte Walzkraft (W) während des Walzprozesses konstant ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die annähernd konstante Walzkraft (W) sich während des Walzprozesses nur insoweit ändert, als dass während des Walzprozesses die elastische Verformung der Arbeitswalzen (1,2) konstant oder annähernd konstant ist.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** ein von der Aufhaspelvorrichtung (6) aufgebrachter Vorwärtsbandzug ( $\alpha_1$ ) und/oder ein von der Ablaufhaspelvorrichtung (5) aufgebrachter Rückwärtsbandzug ( $\sigma_0$ ) während des Walzprozesses gesteuert wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** durch eine gezielte Bandzugsteuerung und gezielte Steuerung der Drehzahl und Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen (1,2) die Geometrie von Übergängen, insbesondere deren Steigung und die Radien von Übergangsstellen (12,13, 14,15), zwischen der stufenweise veränderten Banddicke des Metallbandes (4) beeinflusst wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Reduzierung der Banddicke der Walzspalt (3) verkleinert und der Vorwärtsbandzug ( $\sigma_1$ ) und der Rückwärtsbandzug ( $\sigma_0$ ) erhöht werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 3 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** zur Erhöhung der Banddicke der Walzspalt (3) vergrößert und der Vorwärtsbandzug ( $\sigma_1$ ) und der Rückwärtsbandzug ( $\sigma_0$ ) abgesenkt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
**dass** die Anstellgeschwindigkeit der Arbeitswalzen (1,2) und/oder die Drehzahl der Arbeitswalzen (1,2), der Ablaufhaspelvorrichtung (5) und/oder der Aufhaspelvorrichtung (6) nach vorberechneten Geschwindigkeitsdaten gesteuert werden.
8. Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend zumindest zwei Arbeitswalzen (1, 2), die einen Walzspalt (3) bilden, eine Ablaufhaspelvorrichtung 55



(5), eine Aufhaspelvorrichtung (6) und Stell- und Steuermittel (9), mittels welcher die Anstellung der Arbeitswalzen (1, 2), die Drehzahl der Arbeitswalzen (1, 2) und die Drehzahl der Ablaufhaspelvorrichtung (5) und/oder der Aufhaspelvorrichtung (6) einstellbar und/oder steuerbar sind. 5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

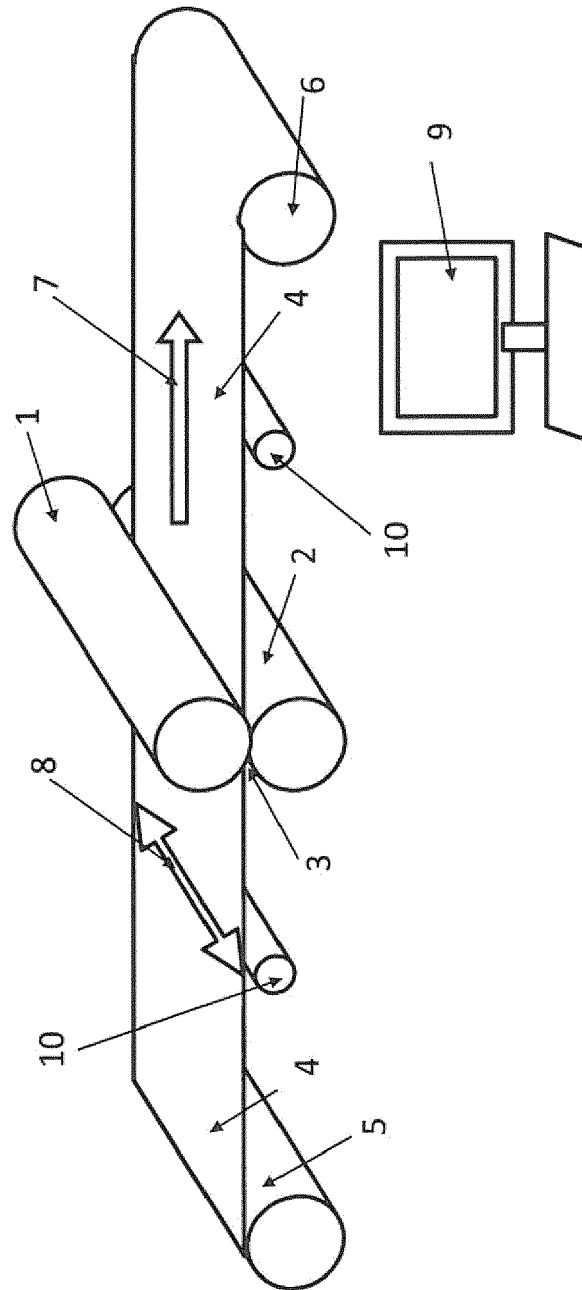


Fig. 1a

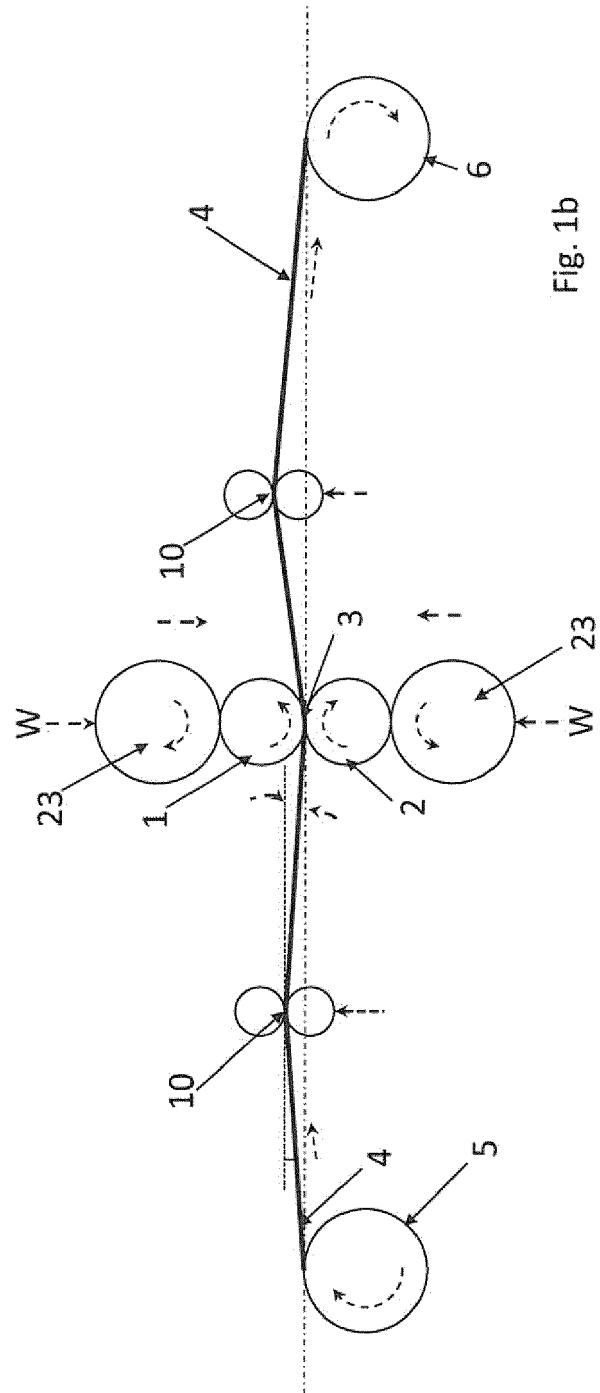


Fig. 1b

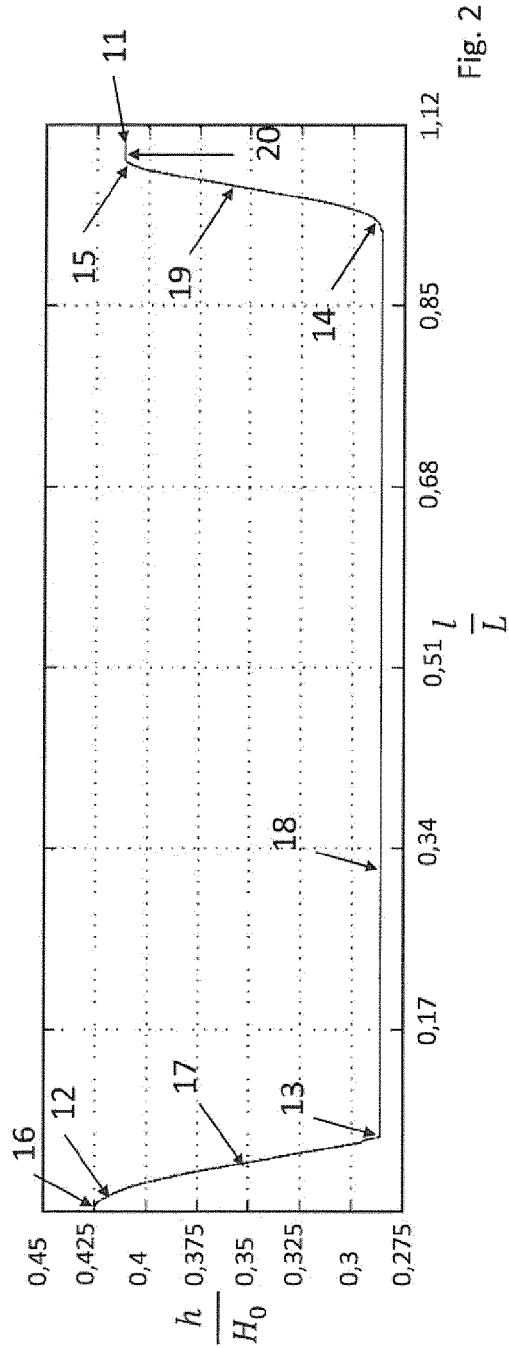


Fig. 2

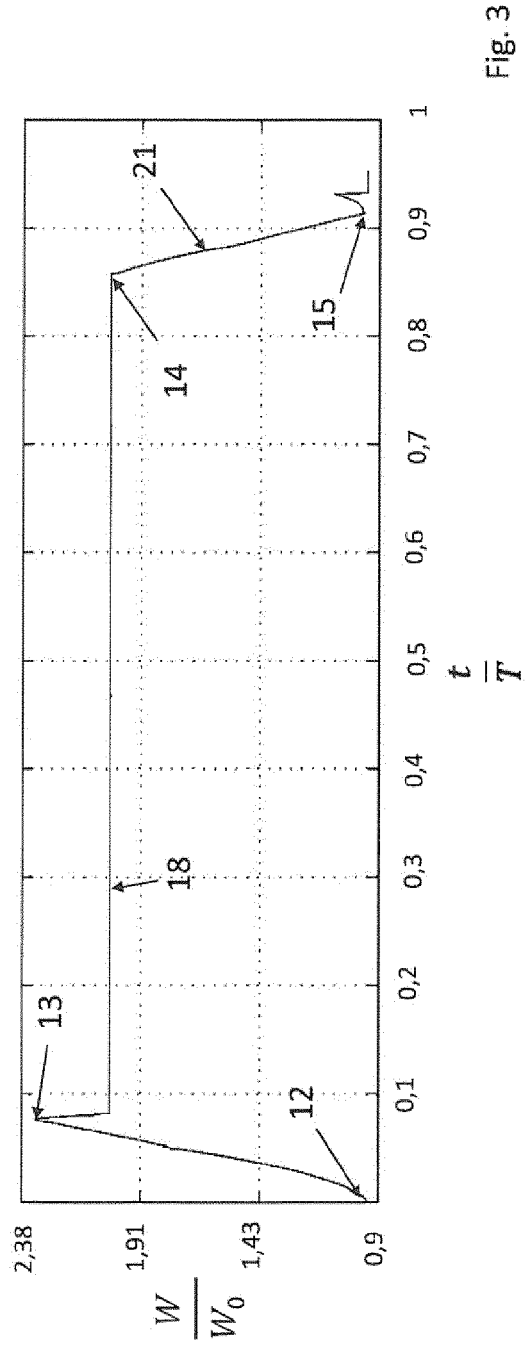


Fig. 3

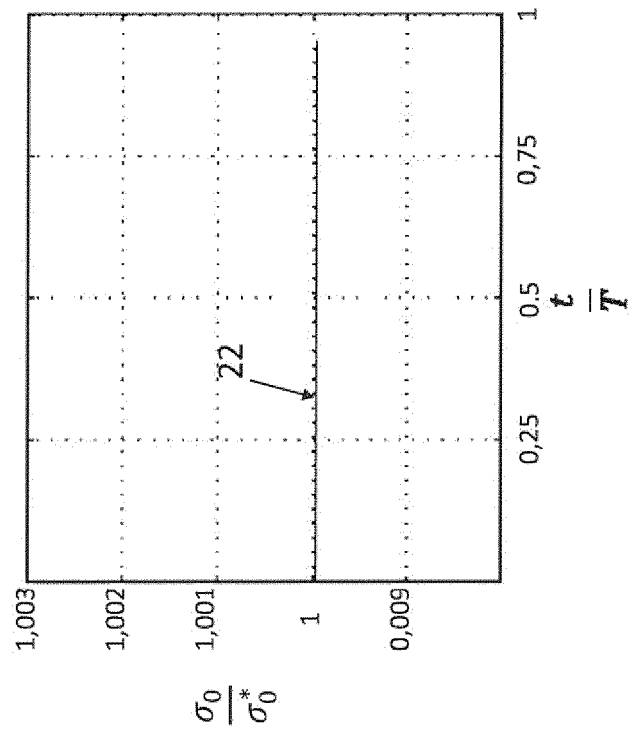


Fig. 4

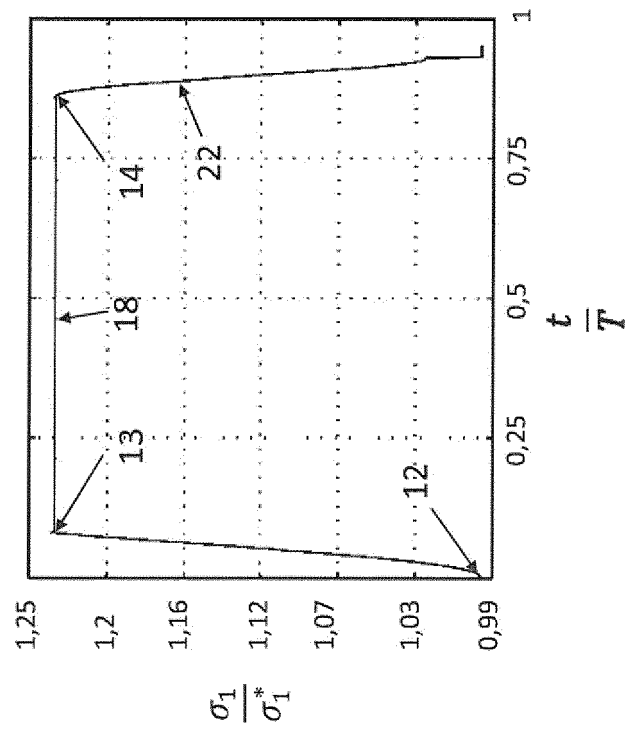


Fig. 5

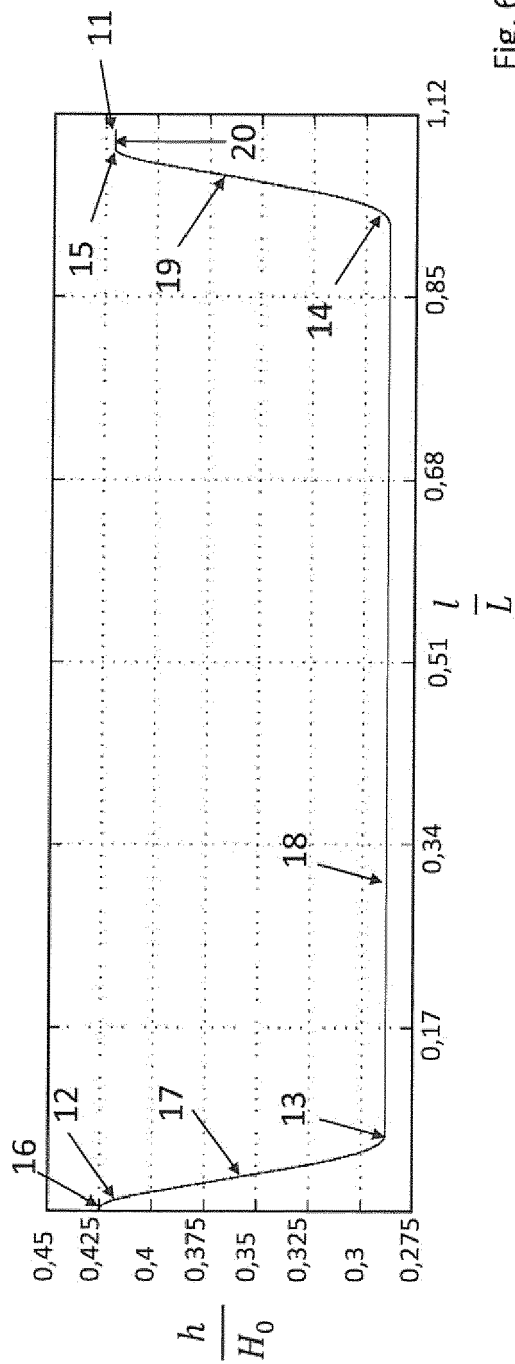


Fig. 6

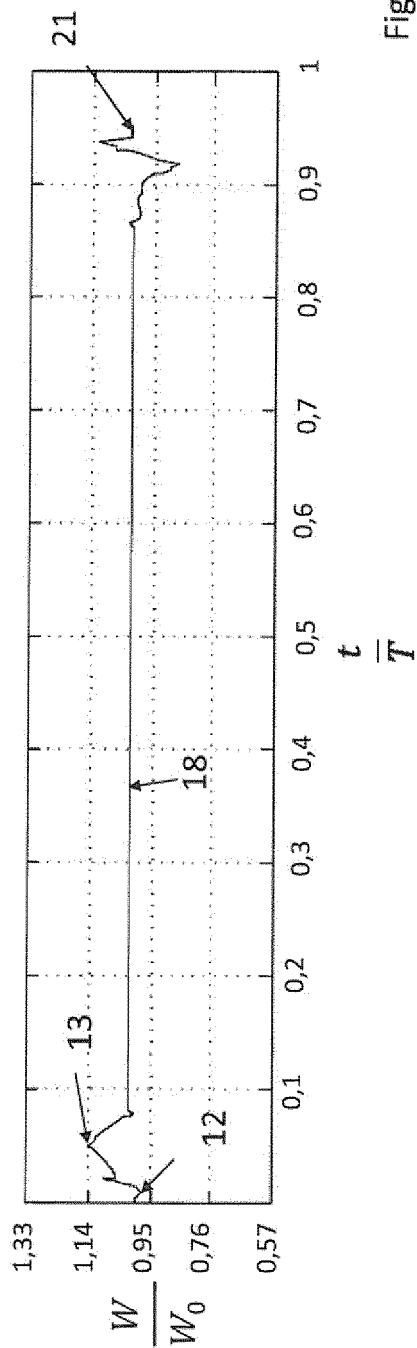


Fig. 7

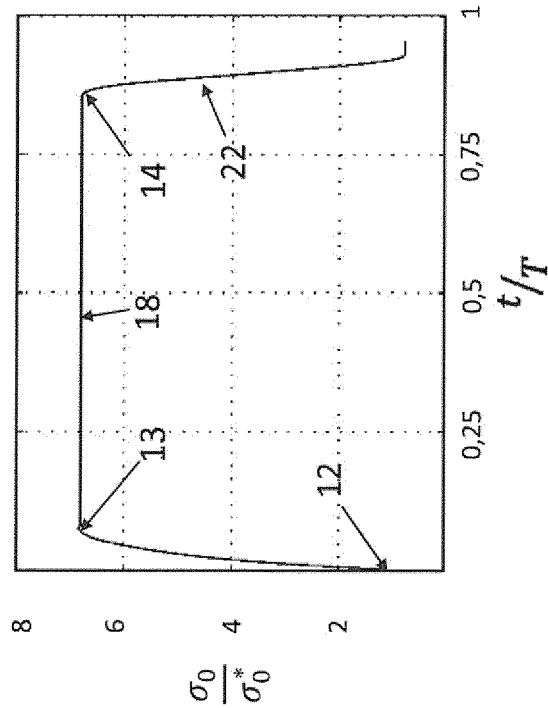


Fig. 8

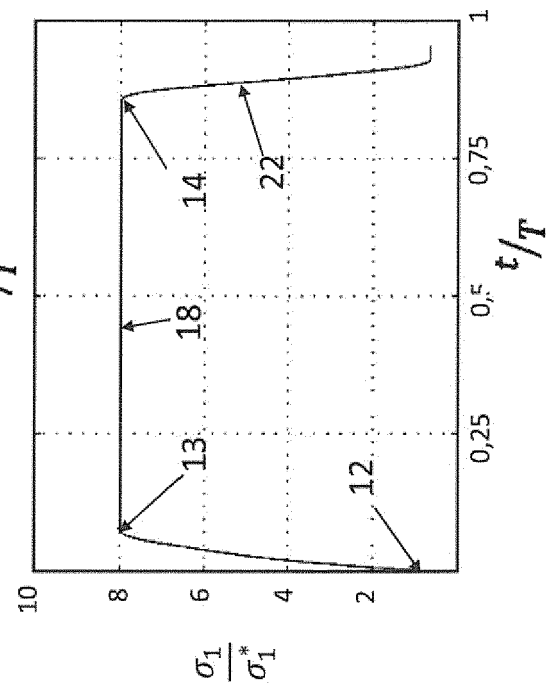


Fig. 9





## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
 EP 15 16 9819

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 1 908 534 A1 (ACHENBACH BUSCHHUETTEN GMBH [DE]) 9. April 2008 (2008-04-09) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-17; Abbildungen 1-2 *	1-8	INV. B21B37/26
A	WO 03/008122 A1 (SMS DEMAG AG [DE]; BROCKES UDO [DE]; JEPSEN OLAF NORMAN [DE]; ZIELENBA) 30. Januar 2003 (2003-01-30) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-5; Abbildungen 1-4 *	1-8	
A	DE 10 2004 041321 A1 (SMS DEMAG AG [DE]) 2. März 2006 (2006-03-02) * Seite 3, Absatz 18; Ansprüche 1-10; Abbildungen 1-2 *	1-8	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 9. September 2015	Prüfer Forciniti, Marco
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 15 16 9819

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

09-09-2015

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1908534 A1	09-04-2008	DE 102006047463 A1 EP 1908534 A1	17-04-2008 09-04-2008
WO 03008122 A1	30-01-2003	AT 288798 T BR 0209768 A CA 2453297 A1 CN 1527750 A CZ 20033418 A3 DE 10133756 A1 EP 1406735 A1 ES 2235086 T3 JP 2005500163 A KR 20040014541 A RU 2293616 C2 TW 587965 B US 2004177666 A1 WO 03008122 A1 ZA 200308881 A	15-02-2005 27-07-2004 30-01-2003 08-09-2004 15-12-2004 30-01-2003 14-04-2004 01-07-2005 06-01-2005 14-02-2004 20-02-2007 21-05-2004 16-09-2004 30-01-2003 20-02-2004
DE 102004041321 A1	02-03-2006	AT 410248 T BR PI0506421 A CA 2548796 A1 CN 101010154 A DE 102004041321 A1 EP 1784266 A1 ES 2311233 T3 JP 4976291 B2 JP 2008510624 A KR 20070042490 A US 2007261456 A1 WO 2006021324 A1 ZA 200601956 A	15-10-2008 26-12-2006 02-03-2006 01-08-2007 02-03-2006 16-05-2007 01-02-2009 18-07-2012 10-04-2008 23-04-2007 15-11-2007 02-03-2006 26-03-2008

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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 1074317 B1 [0004]