



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
13.11.2019 Patentblatt 2019/46

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

(21) Anmeldenummer: **18171365.2**

(22) Anmeldetag: **08.05.2018**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Muhr und Bender KG**
57439 Attendorn (DE)

(72) Erfinder:
• **FELDMANN, Andre**
57462 Olpe (DE)
• **BRÜSER, Christian**
57462 Olpe (DE)
• **EICK, Alexander**
58840 Plettenberg (DE)

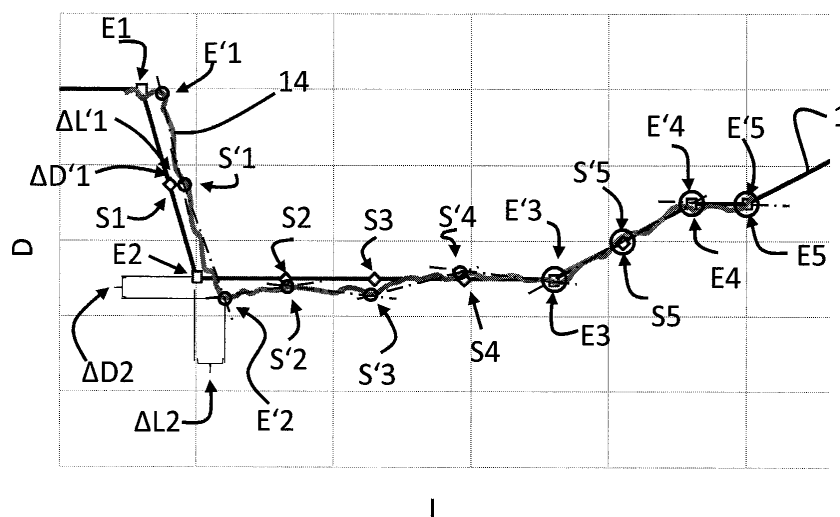
(74) Vertreter: **Neumann Müller Oberwalleney & Partner**
Patentanwälte
Overstolzenstraße 2a
50677 Köln (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR DYNAMISCHEN WALZSPALTREGELUNG BEIM FLEXIBLEN WALZEN VON METALLBÄNDERN**

(57) Verfahren zur dynamischen Walzspaltregelung beim Flexiblen Walzen von metallischem Bandmaterial mit den Schritten: Festlegen eines Soll-Dickenprofils (1) mit definierten Soll-Eckpunkten (E) und zwischen den Soll-Eckpunkten (E) liegenden Profilabschnitten mit unterschiedlicher mittlerer Steigung, auf zumindest einer Teilzahl der zwischen den Soll-Eckpunkten (E) liegenden Profilabschnitten Soll-Zwischenpunkte (S) definiert sind; Flexibles Walzen des Bandmaterials gemäß dem Soll-Dickenprofil (1); Messen eines Ist-Dickenprofils des flexibel gewalzten Bandmaterials; Ermitteln von zu den

Soll-Eckpunkten (E) korrespondierenden Ist-Eckpunkten (E') sowie zu den Soll-Zwischenpunkten (S) korrespondierende Ist-Zwischenpunkte (S'); Ermitteln von Eckpunkt-Vergleichswerten (ΔD , ΔL) aus den Soll-Eckpunkten (E) und den korrespondierenden Ist-Eckpunkten (E') sowie Zwischenpunkt-Vergleichswerte ($\Delta D'$, $\Delta L'$) aus den Soll-Zwischenpunkten (S) mit den korrespondierenden Ist-Zwischenpunkten (S'); Regeln eines Walzspalts in Abhängigkeit der Eckpunkt-Vergleichswerte (ΔD , ΔL) und der Zwischenpunkt-Vergleichswerte ($\Delta D'$, $\Delta L'$).

FIG. 4



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur dynamischen Walzspaltregelung einer Walzvorrichtung zum Flexiblen Walzen von Metallbändern. Beim Flexiblen Walzen werden ein oder mehrere Abschnitte mit variablen Profildickenverläufen aufeinanderfolgend und ggfs. wiederkehrend in ein Bandmaterial gewalzt.

[0002] Aus der Dissertationsschrift "Hauger, Andreas. Flexibles Walzen als kontinuierlicher Fertigungsprozess für Tailor Rolled Blanks. Shaker, 1999" ist ein Verfahren zur dynamischen Walzspaltregelung bekannt, das eine iterative Optimierung der Walzenstelldaten vorsieht. Dabei wird ein wiederkehrendes Soll-Dickenprofil für ein Bandmaterial durch charakteristische Soll-Eckpunkte beschrieben. Bei linearen Profilen, die sich aus Plateaus und Rampen mit jeweils konstanter Steigung zusammensetzen, werden diese Soll-Eckpunkte durch die Schnittpunkte von Plateaus und Rampen definiert. Im Falle eines nicht-linearen Profils, werden die Soll-Eckpunkte durch die lokalen Minima und Maxima des Profils definiert und das Profil einer fiktiven Linearisierung unterzogen. Das mittels erster Walzenstelldaten gewalzte Ist-Dickenprofil eines zu optimierenden Abschnitts eines Bandmaterials wird hinter dem Walzspalt vermes-

[0003] Aus der US2006/0033347 A1 sind Profildickenverläufe für Bandmaterial, das als Rohmaterial für verschiedene Strukturbauteile in automobilen Anwendungen Verwendung findet, bekannt. Die Profildickenverläufe weisen dabei verschiedene Bereiche mit konstanter Dicke auf, die über Bereiche mit veränderlicher Dicke und konstanter Steigung verbunden sind.

[0004] Die Anforderungen der Abnehmer von flexibel gewalztem Bandmaterial, beispielsweise an die Maßhaltigkeit und Kosten, steigen kontinuierlich an. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur dynamischen Walzspaltregelung bereitzustellen, dass eine hohe Maßhaltigkeit des gewalzten Bandmaterials bei hohen Walzgeschwindigkeiten erzielt und kosteneffizient ist.

[0005] Zur Lösung der Aufgabe wird ein Verfahren zur dynamischen Walzspaltregelung beim Flexiblen Walzen von metallischem Bandmaterial vorgeschlagen, mit den Schritten: Festlegen eines Soll-Dickenprofils mit definierten Soll-Eckpunkten und zwischen den Soll-Eckpunkten liegenden Profilabschnitten, wobei jeweils zwei an einem Soll-Eckpunkt anschließende Profilabschnitte unterschiedliche mittlere Steigungen aufweisen; Flexibles Walzen des Bandmaterials gemäß dem Soll-Dickenprofil; Messen eines Ist-Dickenprofils des flexibel gewalzten Bandmaterials und Ermitteln von zu den Soll-Eckpunkten korrespondierenden Ist-Eckpunkten; Vergleichen der

Soll-Eckpunkte mit den korrespondierenden Ist-Eckpunkten und Ermitteln von Eckpunkt-Vergleichswerten aus den Soll-Eckpunkten und den korrespondierenden Ist-Eckpunkten; Regeln eines Walzspalts in Abhängigkeit der Eckpunkt-Vergleichswerte; dadurch gekennzeichnet, dass auf zumindest einer Teilzahl der zwischen Soll-Eckpunkten liegenden Profilabschnitten Soll-Zwischenpunkte definiert werden, und dass aus dem gemessenen Ist-Dickenprofil zu den Soll-Zwischenpunkten korrespondierende Ist-Zwischenpunkte ermittelt werden; und dass die Soll-Zwischenpunkte mit den korrespondierenden Ist-Zwischenpunkten verglichen werden und hieraus jeweils Zwischenpunkt-Vergleichswerte ermittelt werden, und dass das Regeln des Walzspalts zusätzlich in Abhängigkeit der Zwischenpunkt-Vergleichswerte erfolgt.

[0006] Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass Abweichungen des Ist-Dickenprofils von dem Soll-Dickenprofil auch zwischen den Eckpunkten genauer erkannt und ausgeglichen werden können, wobei ein stabiler Regelkreis mit gutem Führungsverhalten erzielt werden kann. Durch die Definition der Zwischenpunkte werden lokale Abweichungen zwischen den Eckpunkten erst feststellbar. Zudem kann der Prozess durch die Einführung von Zwischenpunkten weiterhin stabil betrieben werden, während hingegen eine Auswertung aller Messpunkte des Ist-Profils zu einem überproportionalen Zuwachs des Bedarfs an Rechenleistung führen würde und der Prozess instabil werden kann.

[0007] Die Definition eines Soll-Dickenprofils von Bandmaterial wird anhand der Anforderungen des aus dem Bandmaterial herzustellenden Bauteils abgeleitet und wird in der Regel mehrfach wiederkehrend in Bandmaterial gewalzt. In das Bandmaterial kann ein Soll-Dickenprofil hintereinander wiederkehrend oder eine Sequenz verschiedener Soll-Dickenprofile gewalzt werden. Das Bandmaterial wird in der Regel nachfolgend in Platten mit der Länge der Soll-Dickenprofile getrennt, aus denen durch Umformverfahren die angestrebten Bauteile gefertigt werden können. Das Soll-Dickenprofil wird dabei so definiert, dass eine digitale Weiterverarbeitung ermöglicht wird. Dies kann beispielsweise kontinuierlich an Hand von Gleichungen erfolgen oder durch quasi-kontinuierliche, diskrete Wertepaare von Dickenwert und Längspositionswert.

[0008] Das Soll-Dickenprofil umfasst zumindest einen ersten Profilabschnitt und einen angrenzenden zweiten Profilabschnitt, die unterschiedliche mittlere Steigungen aufweisen. In einer möglichen Ausführungsform kann ein erster Profilabschnitt als Plateau, mit zumindest weitgehend konstanter Dicke, und ein zweiter Profilabschnitt als Rampe definiert sein. Rampen weisen einen variablen Dickenverlauf und einen Steigungsverlauf auf zumindest einer der Oberseite und der Unterseite des Bandes auf. In einer weiteren möglichen Ausführungsform kann der zweite Profilabschnitt eine konstante Steigung aufweisen. Diese Ausführungsform kann auch als lineares Soll-Dickenprofil bezeichnet werden. In einer weiteren

möglichen Ausführungsform kann der zweite Profilabschnitt eine veränderliche Steigung aufweisen und/oder in den ersten Profilabschnitt stetig übergehen. Diese Ausführungsform kann auch als nicht-lineares Soll-Dickenprofil bezeichnet werden.

[0009] Das Soll-Dickenprofil des Bandmaterials wird durch die Soll-Eckpunkte charakterisiert, während die Soll-Zwischenpunkte als zusätzliche Stützstellen zur Optimierung der Walzspaltregelung dienen. Die Soll-Eckpunkte beschreiben dabei die Übergangspunkte von einem ersten Abschnitt in einen zweiten Abschnitt, insbesondere den Übergang von einem Plateau in eine Rampe oder den Übergang einer Rampe mit einem ersten Steigungsverlauf in eine Rampe mit einem zweiten Steigungsverlauf.

[0010] Die Soll-Zwischenpunkte sind auf einem Profilabschnitt des Soll-Dickenprofils jeweils zwischen zwei Soll-Eckpunkten angeordnet. In einer möglichen Ausführungsform kann der Abstand zwischen einem Soll-Eckpunkt und einem Soll-Zwischenpunkt sowie zwischen zwei Soll-Zwischenpunkten mindestens 5 mm in einer Längsrichtung des Bandmaterials betragen. Es hat sich gezeigt, dass bei hohen Walzgeschwindigkeiten der Abstand zwischen den charakteristischen Punkten zumindest 5 mm in Bandlängsrichtung betragen kann, damit ein stabiler Regelkreis abgebildet werden kann. Walzgeschwindigkeiten, die eine kosteneffiziente Serienproduktion von flexibel gewalztem Bandmaterial ermöglichen, liegen im Allgemeinen oberhalb von 20 m/min, wobei die Walzgeschwindigkeiten von der Komplexität des zu walzenden Soll-Dickenprofils abhängen. Bei Abständen kleiner als 5 mm werden kleinste Mess- und Profilabweichungen dem Regelungskreis zurückgeführt. Auf Grund sehr großer zu bewegender Massen von mehreren Tonnen in kürzesten Zeiten kleiner 200 ms kann dies ein Aufschwingen des Gesamtsystems zur Folge haben, was zu erhöhten Abweichungen zwischen dem Soll-Dickenprofil und dem mit den neu ermittelten Walzenanstellendaten hergestellten Ist-Dickenprofil führen würde. In der zuvor genannten Ausführungsform mit einem Mindestabstand von 5 mm können daher Zwischenpunkte nur in Abschnitten mit einer Erstreckung in Längsrichtung von mindestens 10 mm vorgesehen werden. Die maximale Anzahl der Zwischenpunkte auf einem Abschnitt des Soll-Dickenprofils wird analog durch die Erstreckung des Abschnitts in Längsrichtung und den Mindestabstand zweier Punkte begrenzt.

[0011] Die Anzahl der Soll-Zwischenpunkte zwischen zwei Soll-Eckpunkten kann in einer weiteren Ausführungsform kleiner als 20, insbesondere kleiner als 6, insbesondere kleiner als 3, sein, um eine effiziente Ausnutzung der Rechenleistung des Regelungssystems zu gewährleisten. Hierbei soll auch mit umfasst sein, dass einzelne Profilabschnitte des Soll-Dickenprofils keine Zwischenpunkte aufweisen.

[0012] In einer möglichen Ausführungsform können die Soll-Zwischenpunkte auf zumindest einer Teilzahl der zwischen den Soll-Eckpunkten liegenden Profilab-

schnitte gleichmäßig verteilt sein, d.h. der Abstand zwischen den Eckpunkten des Profilabschnitts und den benachbarten Zwischenpunkten sowie zwischen den Zwischenpunkten untereinander ist gleich. Dies hat den Vorteil, dass die Position der Zwischenpunkte durch alleinige Vorgabe der Anzahl der Zwischenpunkte pro Abschnitt automatisiert bestimmt werden kann.

[0013] In einer möglichen Ausführungsform können die Soll-Zwischenpunkte auf zumindest einer Teilzahl der zwischen den Soll-Eckpunkten liegenden Profilabschnitte ungleichmäßig verteilt sein. Dies hat den Vorteil, dass Profilbereiche mit einer hohen Prozessdynamik eine höhere Auflösung erfahren können als Profilbereiche mit einer niedrigeren Prozessdynamik und die Rechenleistung der Regelung effizient genutzt wird. So kann beispielsweise bei längeren Plateauabschnitten der Abstand zwischen den Soll-Eckpunkten und den benachbarten Soll-Zwischenpunkten dem minimalen Abstand entsprechen, um den Übergangsbereich zweier Abschnitte zu beschreiben und der Abstand zwischen den folgenden Soll-Zwischenpunkten jeweils bis zu der Mitte des Abschnitts zunehmen. Hierdurch kann in den hoch aufgelösten Bereichen eine optimierte Maßhaltigkeit des gewalzten Bandmaterials erreicht werden, während hingegen durch die Reduktion der Gesamtzahl der charakteristischen Punkte Rechenleistung eingespart bzw. höhere Walzgeschwindigkeiten erreicht werden können.

[0014] Die Bestimmung der ersten Walzenanstellungsdaten zur Erzielung des Soll-Dickenprofils kann beispielsweise durch das Walzen eines Kalibrierprofils auf einem Anfangsabschnitt oder auf separatem Bandmaterial, durch Prozesssimulation sowie basierend auf Erfahrungswerten erfolgen.

[0015] Nach dem Walzen des Bandmaterials mit den ersten Walzenanstellungsdaten werden Vergleichswerte zwischen den Soll-Eckpunkten bzw. den Soll-Zwischenpunkten und den Ist-Eckpunkten bzw. den Ist-Zwischenpunkten ermittelt. In einer möglichen Ausführungsform kann das Ist-Dickenprofil des Bandmaterials nach dem Flexiblen Walzen mittels eines berührungslosen Dickenmesssystems, auf zumindest einer Messspur in einer Längsrichtung des Bandmaterials, und mittels zumindest einer Bandlängenmesseinheit erfasst werden. Dabei werden die Messwerte an diskreten Messpunkten erfasst. Die Messpunkte können dabei wenige Mikrometer in Längsrichtung voneinander beabstandet sein, sodass der Dickenverlauf quasi-kontinuierlich abgebildet wird. Insbesondere können das Dickenmesssystem und die Bandlängenmesseinheit in einem gemeinsamen System integriert sein. Die Messspur in der die Messung der Dicke vorgenommen wird, kann dabei je nach Anwendungsfall in der Mitte des Bandmaterials angeordnet sein oder von dieser versetzt sein. Es ist auch denkbar, dass das Dickenmesssystem in mehreren Messspuren das Ist-Dickenprofil misst. Dabei kann die Banddicke auf bis zu 20 Messspuren ermittelt werden. Die Messspuren können gleichmäßig voneinander beabstandet sein. Es ist auch denkbar, dass der Abstand der Messspur ungleich-

mäßig ist und beispielsweise von der Mitte in Richtung des Randes des Bandmaterials zunimmt. In einer weiteren Ausführungsform kann die zumindest eine Bandlängenmessenheit in äquidistanten Abständen Triggersignale generieren, durch die jeweils eine Messung zumindest eines Dickenwertes durch das Dickenmesssystem ausgelöst wird. Auf die so ermittelten Dickenwerte kann nachfolgend ein Filter zur gleitenden Mittwertbildung angewendet werden, um Messausreißer zu eliminieren.

[0016] Berührungslose Dickenmesssysteme können die Dicke des Bandmaterials quasi-kontinuierlich messen, d.h. an diskreten Punkten, die mit wenigen Mikrometern beabstandet sind, wobei um den jeweiligen Messpunkt ein Messfleck abgetastet wird. Der Messfleck einer Messmethode ist der Bereich auf der Oberfläche des zu untersuchenden Objekts, der für die Ermittlung des Messwertes an einem Messpunkt berücksichtigt wird. Je kleiner der Messfleck, desto hochauflösender ist die Messmethode. In einer möglichen Ausführungsform kann der Messfleck des berührungslosen Dickenmesssystems kleiner als 10,0 mm, insbesondere kleiner als 1,0 mm, insbesondere kleiner als 0,1 mm, insbesondere kleiner als 0,06 mm, sein. Insbesondere erfüllen laserbasierte Dickenmesssysteme diese Anforderung an die Messfleckgröße und können daher in einer Ausgestaltung des Verfahrens verwendet werden. Laserbasierte Dickenmesssysteme weisen eine um circa den Faktor 10 kleinere Messfleckausdehnung auf als beispielsweise radiometrische Messverfahren. Durch die so erzielten kleineren Messfehler können in Kombination mit den Zwischenpunkten höhere Walzgeschwindigkeiten bei hoher Maßhaltigkeit realisiert werden.

[0017] In einer möglichen Ausführungsform kann die zumindest eine Bandlängenmessenheit eine Genauigkeit von zumindest 0,1 % vom Messwert, insbesondere zumindest 0,05%, aufweisen. Dies hat den Vorteil, dass die Dickenmesswerte exakter der realen Längsposition zugeordnet werden können und damit die Ermittlung der Ist-Eckpunkte und der Ist-Zwischenpunkte in Längsrichtung mit höherer Genauigkeit erfolgen kann.

Die Ermittlung von Ist-Eckpunkten und Ist-Zwischenpunkten an Hand des gemessenen Ist-Dickenprofils kann mit Methoden der Mustererkennung, insbesondere der Profilerkennung, erfolgen. Hierzu gibt es eine Vielzahl an mathematischen Verfahren, auf die an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden soll. Stattdessen soll beispielhaft an dieser Stelle auf das Kapitel 7 der zuvor genannten Dissertationsschrift Hauger verwiesen werden. Die so ermittelten Ist-Eckpunkte werden mit den korrespondierenden Soll-Eckpunkten und die Ist-Zwischenpunkte werden mit den korrespondierenden Soll-Zwischenpunkten verglichen und Eckpunkt-Vergleichswerte bzw. Zwischenpunkt-Vergleichswerte ermittelt.

[0018] Das Regeln des Walzspalts erfolgt in Abhängigkeit der ersten Walzenanstellungsdaten und den Eckpunkt-Vergleichswerte bzw. Zwischenpunkt-Vergleichswerten. Hierzu kann eine Neuberechnung der Walzenanstellungsdaten in Abhängigkeit der ersten Walzenan-

stellungsdaten und den Eckpunkt-Vergleichswerte bzw. Zwischenpunkt-Vergleichswerten entweder durch formelmäßige Zusammenhänge oder an Hand von Erfahrungswerten aus einer Datenbank erfolgen. In einer möglichen Ausführungsform kann eine einlaufende Banddicke vor dem Walzspalt gemessen werden und die Regelung des Walzspalts zusätzlich in Abhängigkeit der einlaufenden Banddicke vor dem Walzspalt erfolgen. In einer weiteren Ausführungsform kann die Regelung des Walzspalts in einem Bereich zwischen einem Soll-Eckpunkt und einem benachbarten Soll-Zwischenpunkt über eine Interpolation der jeweils zugehörigen Eckpunkt-Vergleichswerte und Zwischenpunkt-Vergleichswerte erfolgen, oder in einem Bereich zwischen zwei benachbarten Soll-Eckpunkten über eine Interpolation der jeweils zugehörigen Eckpunkt-Vergleichswerte erfolgen, oder in einem Bereich zwischen zwei benachbarten Soll-Zwischenpunkten über eine Interpolation der jeweils zugehörigen Zwischenpunkt-Vergleichswerte erfolgen.

[0019] Es können Neuberechnete Walzenanstellungsdaten entweder für einen Abschnitt vollständig ermittelt und erst zu Beginn des nächsten wiederkehrenden Abschnitts angewendet werden. Oder die Neuberechneten Walzenanstellungsdaten können durchlaufend ermittelt und in dem Prozess direkt angewendet werden. Je nachdem ob in das Bandmaterial ein Soll-Dickenprofil hintereinander widerkehrend oder eine Sequenz verschiedener Soll-Dickenprofile gewalzt wird, muss hierzu die Totzeit auf Grund der Abstände zwischen dem Dickenmesssystem und dem Walzspalt berücksichtigt werden. Die ermittelten Vergleichs- und Korrekturwerte des beschriebenen Verfahrens können darüber hinaus der Steuerung weiterer Prozessparameter des Flexiblen Walzen, beispielsweise der Regelung der Bandzüge, zugeführt werden.

[0020] Im den nachfolgenden Figurendarstellungen werden bevorzugte Ausführungsformen erläutert. Dabei zeigt

- 40 Figur 1 ein erfindungsgemäßes Verfahren in der Darstellung eines Flussdiagramms;
- Figur 2 einen Ausschnitt eines Soll-Dickenprofil für flexibel gewalztes Bandmaterial mit Soll-Eckpunkten und Soll-Zwischenpunkten;
- 45 Figur 3 ein gemessenes Ist-Dickenprofil in Relation zu dem Soll-Dickenprofil aus Figur 2;
- 50 Figur 4 das Ist-Dickenprofil aus Figur 3 nach der Ermittlung von Ist-Eckpunkten und Ist-Zwischenpunkten und die resultierenden Abweichungen vom Soll-Dickenprofil;
- 55 Figur 5 das Ist-Dickenprofil aus Figur 3 nach der Ermittlung von Ist-Eckpunkten und die resultierenden Abweichungen vom Soll-Dickenprofil ohne Zwischenpunktbetrachtung;

Figur 6 schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens aus Figur 1; und

Figur 7 schematisch die Messeinrichtung des Prozessschritts V50 des Verfahrens aus Figur 1.

[0021] In Figur 1 wird ein erfindungsgemäßer Prozess zur Walzspaltregelung beim Flexiblen Walzen von Bandmaterial 11 schematisch an Hand eines Flussdiagramms dargestellt. In Figur 6 ist schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens dargestellt. Die Figuren 1 bis 6 werden im Folgenden gemeinsam beschrieben.

[0022] In einem ersten Prozessschritt V10 wird ein Soll-Dickenprofil 1 definiert. Als Grundlage hierzu dienen die Anforderungen des Produkts, für das das flexibel gewalzte Bandmaterial 11 als Vormaterial dienen soll. Das Soll-Dickenprofil 1 kann entweder abschnittsweise an Hand von Formeln oder durch eine Matrix mit diskreten Wertepaaren aus den Parametern Dickenwert D und Längspositionswert L gebildet werden. Insbesondere wird das Soll-Dickenprofil 1 so definiert, dass es digital weiterverarbeitet werden kann. Dies kann entweder in einer separaten Rechneinheit 8, beispielsweise einer CAD-Workstation oder direkt in einer Prozesssteuereinheit 9 erfolgen.

[0023] Ein Soll-Dickenprofil 1 umfasst zumindest einen ersten Profilabschnitt 2', 2" und einen angrenzenden zweiten Profilabschnitt 3', 3", die unterschiedliche mittlere Steigungen haben. Die mittlere Steigung wird durch die Verbindungslinie zwischen den Eckpunkten eines Profilabschnitts definiert. Der erste Profilabschnitt 2', 2" ist vorliegend in Form einer Rampe mit einem variablen Dickenwert D und der zweite Profilabschnitt in Form eines Plateaus mit konstantem Dickenwert D gestaltet. Die Rampen 2', 2" können linear ausgeführt sein und eine konstante Steigung aufweisen oder nicht-linear ausgeführt sein und eine variable Steigung aufweisen.

[0024] Der Übergang von einem Plateauabschnitt 3', 3" in einen Rampenabschnitt 2', 2" und umgekehrt wird durch einen Soll-Eckpunkt E beschrieben. Die Soll-Eckpunkte E charakterisieren das Soll-Dickenprofil 1. In Figur 2 ist beispielhaft ein Ausschnitt eines Soll-Dickenprofils 1 mit den zugehörigen Eckpunkten E1 bis E5 (Quadrate) für flexibel zu walzendes Bandmaterial 11 dargestellt. Die erste Rampe 2' zwischen den Eckpunkten E1 und E2 weist eine negative Steigung auf, sodass in diesem Bereich eine Dickenverringerung des Bandmaterials 11 vorzufinden ist. Anschließend folgt ein erstes Plateau 3' zwischen den Eckpunkten E2 und E3. Eine zweite Rampe 2" mit positiver Steigung und einhergehender Dickenvergrößerung wird durch den Abschnitt zwischen den Eckpunkten E3 und E4 gebildet. Der Ausschnitt des Soll-Dickenprofils 1 schließt mit einem zweiten Plateau 3" zwischen den Eckpunkten E4 und E5 ab. Dem Soll-Dickenprofil 1 wurden zudem die Soll-Zwischenpunkte S1 bis S5 (Rauten) zugewiesen. Soll-Zwischenpunkte S dienen als Stützpunkte zur Optimierung

der Walzspaltregelung gemäß dem Soll-Dickenprofil 1. Der ersten und zweiten Rampe 2', 2" ist jeweils mittig ein Zwischenpunkt S1 bzw. S5 zugeordnet. Der Soll-Zwischenpunkt S1 ist genau mit einem Mindestabstand $\Delta L_{\min}$ von seinen zugehörigen Soll-Eckpunkten E1 und E2 beabstandet. Der Mindestabstand $\Delta L_{\min}$ zwischen einem Soll-Eckpunkt E und einem Soll-Zwischenpunkt S oder zwei Soll-Zwischenpunkten S führt dazu, dass die Regelung des Walzspalts stabil ausgeführt werden kann. Abstände unterhalb des Mindestabstandes $\Delta L_{\min}$ können zum Aufschwingen der Regelung und zu signifikante Abweichungen in dem zu fertigenden Bandmaterial 11 führen. Für eine Walzstraße gemäß der vorliegenden Offenbarung kann der Mindestabstandes $\Delta L_{\min}$ zumindest 5 mm betragen. Auf Profilabschnitten die kleiner als der zweifache Mindestabstandes $\Delta L_{\min}$ sind, wie beispielsweise das zweite Plateau 3", können somit keine Soll-Zwischenpunkte S definiert werden. Durch den Mindestabstand $\Delta L_{\min}$ wird einem Soll-Dickenprofil 1 mit einer gegebenen Länge eine obere Schranke für die Anzahl der Soll-Zwischenpunkte S zugewiesen. Dadurch kann die für den weiteren Prozess notwendige Rechenleistung der Prozesssteuereinheit 9 effizient begrenzt werden. Um die zur Verfügung stehende Rechenleistung einer Prozesssteuereinheit 9 einer vorhandenen Walzspalteinstellung effizient auszunutzen, ist es auch denkbar, dass die Anzahl der Soll-Zwischenpunkte S auf den Plateaus 3', 3" und Rampen 2', 2" jeweils auf eine maximale Anzahl begrenzt wird und insbesondere kleiner 20 ist.

[0025] Dem ersten Plateau 3' sind die drei Zwischenpunkte S2 bis S4 gleichmäßig verteilt zugeordnet. Je nach Länge des Abschnittes wäre es auch denkbar, dass die Zwischenpunkte ungleichmäßig verteilt sind. Beispielsweise könnten die Soll-Zwischenpunkte S2 und S4 unter Berücksichtigung des Mindestabstandes $\Delta L_{\min}$ jeweils näher an den nächstgelegenen Soll-Eckpunkt E2 bzw. E3 positioniert werden und der Soll-Zwischenpunkt S3 in der Mitte des Abschnitts verbleiben. Dadurch könnte, bei gleichbleibender Anzahl von Soll-Eckpunkten E und Soll-Zwischenpunkten S, der Übergangsbereich zwischen der ersten Rampe 2' und dem ersten Plateau 3' bzw. dem ersten Plateau 3' und der zweiten Rampe 2" genauer aufgelöst werden.

[0026] Erfolgt die Definition des Soll-Dickenprofils 1 in einer separaten Rechneinheit 8, so wird das Soll-Dickenprofil 1 in einem weiteren Prozessschritt V11 an die Prozesssteuereinheit 9 übertragen. In der Prozesssteuereinheit 9 wird darauffolgend in einem Prozessschritt V20 aus dem Soll-Dickenprofil 1 ein erster Satz Walzenanstellungsdaten ermittelt. Dies kann entweder auf Basis von Erfahrungswerten aus Datenbanken oder durch Simulation erfolgen. Es ist auch denkbar, dass die Bestimmung der ersten Walzenanstellungsdaten in einer separaten Rechneinheit 8 erfolgt und die ersten Walzenanstellungsdaten zusammen mit dem Soll-Dickenprofil 1 an die Prozesssteuereinheit 9 übertragen werden.

[0027] Die Prozesssteuereinheit 9 prüft in einem

Schritt VE1, ob das Ende des einlaufenden Bandmaterials 11 erreicht ist. Bei Erreichen des Endes des einlaufenden Bandmaterials 11 wird der Prozess unterbrochen. Ist das Ende des einlaufenden Bandmaterials 11 noch nicht erreicht, kann in einem optionalen Prozessschritt V30 das Dickenprofil des einlaufenden Bandmaterials 11 gemessen werden. Durch den optionalen Prozessschritt V30 wird eine Matrix mit den Wertepaaren aus den Parametern Dickenwert D des einlaufenden Bandmaterials 11 und einem Längspositionswert L, unter Berücksichtigung des Abstandes L_{V30} zum Walzspalt 12, gebildet. Das einlaufende Bandmaterial 11 weist im Regelfall einen konstanten Nenn-Dickendickenwert DN auf und der gemessene Dickenwert weist nur geringe Abweichungen von dem Nenn-Dickendickenwert DN auf. Es ist aber auch denkbar, dass Bandmaterial 11 mit einem variablen Dickenprofil einläuft, beispielsweise, wenn große Dickensprünge mit mehreren Walzhüben erreicht werden sollen. Das Vermessen der Dicke des einlaufenden Bandmaterials 11 kann durch eine Kombination aus einem Dickenmesssystem 6 und einer Längenmesseinrichtung 17 erfolgen. Diese können analog zu den Messsystemen 7, 18 des Prozessschritts V50 ausgeführt sein, sodass an dieser Stelle auf die Ausführungen zu dem Prozessschritt V50 verwiesen wird.

[0028] Das einlaufende Bandmaterial 11 wird in einem Prozessschritt V40 entsprechend der ersten Walzenanstellungsdaten gewalzt. Dazu wird das einlaufende Bandmaterial 11 durch einen Walzspalt 12 geführt, der zwischen einer ersten Arbeitswalze 4' und einer zweiten Arbeitswalze 4'' gebildet wird. Insbesondere kann ein Quarto-Walzgerüst vorgesehen sein, um kleine Durchmesser der Arbeitswalzen 4', 4'' zu realisieren, wobei die Arbeitswalzen 4', 4'' jeweils durch eine Stützwalze 5', 5'' abgestützt werden. Der Walzspalt 12 zwischen den beiden Arbeitswalzen 4', 4'' wird durch eine Anstellvorrichtung 13 eingestellt, die in Figur 6 nur schematisch dargestellt ist. Die Anstellvorrichtung 13 bewegt zumindest eine der beiden Arbeitswalzen 4', 4'' dabei vertikal in eine Soll-Anstellposition. Die Ansteuerung der Anstellvorrichtung 13 kann insbesondere hydraulisch erfolgen und die Soll-Anstellposition über Ventile geregelt werden. Es ist aber alternativ auch eine elektro-mechanische Ausführungsform der Anstellvorrichtung 13 denkbar. Die Prozesssteuereinheit 9 führt dabei einem Regler die Walzenanstellungsdaten zu, die der Regler zu einer Stellgröße für die Ventile wandelt und den Ventilen wiederum zuführt. Der Regler kann dabei fest verdrahtet sein oder durch die Prozesssteuereinheit 9 simuliert werden, wobei die Stellgröße über Leistungselektronik den Ventilen zugeführt wird.

[0029] Nach dem das einlaufende Bandmaterial 11 gewalzt wurde, wird das so erzeugte Ist-Dickenprofil 14 des auslaufenden Bandmaterials 11' in einem Prozessschritt V50 hinter dem Walzspalt vermessen. Analog zu dem Prozessschritt V30 wird eine Matrix mit den Wertepaaren aus den Parametern Banddickenwert D des gewalzten Bandmaterials 11' und dem zugehörigen Längsposi-

tionsswert L, unter Berücksichtigung des Abstandes L_{V50} zum Walzspalt 12, gebildet. In Figur 3 ist ein Ist-Dickenprofil 14 dargestellt. Das Vermessen kann durch eine Kombination aus einem Dickenmesssystem 7 und einer Längenmesseinrichtung 18 erfolgen. Als Dickenmesssystem 7 kann insbesondere ein nicht-taktiler, beispielsweise laserbasiertes, Dickenmesssystem verwendet werden. Es ist aber auch denkbar über taktile Dickenmesssysteme die Dicke des Bandmaterials 11' zu erfassen. Das gewalzte Bandmaterial 11' wird von dem Dickenmesssystem 7 an Messstellen, die nur wenige Mikrometer voneinander beabstandet sind, vermessen, sodass das Ist-Dickenprofil 14 quasi-kontinuierlich abgebildet wird. Als Längenmesseinrichtungen 18 kann ebenfalls eine nicht-taktile, insbesondere laserbasierte, Messeinrichtung verwendet werden. Auch hier ist es allerdings denkbar, taktile Messeinrichtungen zu verwenden. Wie in Figur 3 für einen diskreten Messpunkt 15 dargestellt, wird die Messgenauigkeit für die Position eines Messpunktes 15 durch eine Fläche beschrieben, die durch die Messgenauigkeit des Dickenmesssystems ΔDW und der Messgenauigkeit der Längenmesseinrichtung ΔLPW determiniert ist. Um eine exakte Erfassung der Position des Messpunktes 15 zu gewährleisten, ist daher eine Optimierung einer der beiden Genauigkeiten nicht ausreichend und es müssen beide Genauigkeiten ΔDW , ΔLPW optimiert werden. Die Längenmesseinrichtung 18 kann daher eine Genauigkeit ΔLPW von zumindest 0,1% vom Messwert, insbesondere zumindest 0,05%, aufweisen. Der Messfleck des Dickenmesssystems 7 kann zudem kleiner als 10,0 mm, insbesondere kleiner als 1,0 mm, insbesondere kleiner als 0,1 mm, insbesondere kleiner als 0,06 mm, sein.

[0030] In Figur 7 sind die resultierenden Vorteile eines möglichst kleinen Messflecks 16, 16' schematisch dargestellt. Auf der linken Seite der Abbildung ist ein erstes Dickenmesssystem 6 mit einer Messfleckausdehnung DM gezeigt, dass an zwei verschiedenen Messpositionen P1 und P2 ein Soll-Dickenprofil 1 mit einem Plateaub Abschnitt und einer Rampe abtastet. An der Messposition P1 befindet sich der Messfleck 16 ausschließlich auf dem Plateaub Abschnitt des Soll-Dickenprofils 1 und erfasst ausschließlich Dickenwerte D_0 , die auch den Soll-Dickenwerten des Plateaus entsprechen. An der Messposition P2 befindet sich der Messfleck 16 genau an einem Soll-Eckpunkt. Auf Grund der Ausdehnung des Messflecks 16 tastet eine Hälfte des Messflecks 16 den Plateaub Abschnitt mit Dickenwerten D_0 und die andere Hälfte die Rampe mit Dickenwerten zwischen D_0 und D_u ab. Bei linearer Mittelung der durch den Messfleck erfassten Dickenwerte ergibt sich somit ein gemessener Dickenwert zwischen den Werten D_0 und D_u . Da der Dickenwert des Soll-Eckpunktes exakt D_0 ist, ergibt sich auf Grund der Ausdehnung des Messflecks 16 eine erste Messabweichung.

[0031] Auf der rechten Seite der Abbildung ist ein zweites Dickenmesssystem 6' mit einer Messfleckausdehnung DM' gezeigt, dass das Soll-Dickenprofil 1 wie zuvor

an den gleichen Messpositionen P1 und P2 abtastet. An der Messposition P1 befindet sich der Messfleck 16' ausschließlich auf dem Plateauabschnitt des Soll-Dickenprofils 1 und erfasst ausschließlich Dickenwerte D_0 , die auch den Soll-Dickenwerten des Plateaus entsprechen. An der Messposition P2 befindet sich der Messfleck 16' genau an einem Soll-Eckpunkt. Auf Grund der Ausdehnung des Messflecks 16' tastet eine Hälfte des Messflecks 16' den Plateauabschnitt mit Dickenwerten D_0 und die andere Hälfte die Rampe mit Dickenwerten zwischen D_0 und D_u ab. Bei linearer Mittelung der durch den Messfleck erfassten Dickenwerte ergibt sich somit ein gemessener Dickenwert zwischen den Werten D_0 und D_u . Da der Dickenwert des Soll-Eckpunktes exakt D_0 ist, ergibt sich auf Grund der Ausdehnung des Messflecks 16' eine zweite Messabweichung, wobei die zweite Messabweichung des zweiten Dickenmesssystems 6' kleiner ist als die erste Messabweichung des ersten Dickenmesssystems 6. In der Gegenüberstellung wird deutlich, dass der Vorteil von Dickenmesssystemen mit kleiner Messfleckausdehnung DM in der Erfassung von Messpunkten liegt, deren angrenzende Bereiche eine unterschiedliche Steigung aufweisen. Dies sind insbesondere Eckpunkte und Zwischenpunkte auf nicht linearen Rampen. Es bieten sich daher laserbasierte Dickenmesssysteme an, da deren Messfleck 16', 16" einen Ausdehnung DM aufweist, der um circa den Faktor 10 kleiner ist als beispielsweise radiometrische Messverfahren.

[0032] Das durch den Prozessschritt V50 aufgenommenen Ist-Dickenprofil 14 wird einem weiteren Prozessschritt V60 unterzogen, bei dem über Verfahren der Mustererkennung Ist-Eckpunkte E' und Ist-Zwischenpunkte S' aus dem Ist-Dickenprofil 14 abgeleitet und den jeweiligen zugehörigen Ist-Eckpunkten E und Ist-Zwischenpunkten S zugeordnet werden. In Figur 4 werden die aus dem Prozessschritt V60 resultierenden Ist-Eckpunkte E' und Ist-Zwischenpunkte S' für das Ist-Dickenprofil 14 aus Figur 3 als Kreise dargestellt. Verfahren zur Mustererkennung können beispielsweise auf Linearer Regression, Fuzzy-Logik und Abweichungsoptimierung basieren. Je nach verwendetem Mustererkennungsverfahren kann die Einführung von Randbedingungen notwendig werden, beispielsweise die Definition einer minimalen und einer maximalen Steigung.

[0033] In einem weiteren Prozessschritt V70 werden jeweils die Wertepaare aus Dickenwert D und Längspositionswert L der Soll-Eckpunkte E und Soll-Zwischenpunkte S mit denen der zugehörigen Ist-Eckpunkte E' und Ist-Zwischenpunkte S' verglichen und ggfs. die Vergleichswerte bzw. Abweichungen der jeweiligen Wertepaare in Richtung der Längsposition ΔL und in Dickenrichtung ΔD bestimmt. In Figur 4 wird dies beispielhaft an Hand des Soll-Eckpunktes $E2$ bzw. Ist-Eckpunktes $E'2$ dargestellt. Der Soll-Eckpunkt $E2$ und der Ist-Eckpunktes $E'2$ weisen den Abstand $\Delta L2$ in Richtung der Längsposition und den Abstand $\Delta D2$ in Dickenrichtung auf. Für alle anderen charakteristischen Punkte wird analog verfahren, wie für die Abweichungen $\Delta L'1$ und $\Delta D'1$

skizziert.

[0034] Die Figur 5 zeigt das Soll-Dickenprofil 1 aus Figur 1 und das Ist-Dickenprofil 14 aus Figur 3, wobei die Zwischenpunkte S , S' nicht berücksichtigt wurden. Im Vergleich mit Figur 4 zeigt sich der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens deutlich. In den Bereichen $S1/S'1$, $S2/S'2$ und $S3/S'3$ konnten die Abweichungen des Ist-Dickenprofils 14 vom Soll-Dickenprofil 1 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erheblich genauer bestimmt werden, bei gleichzeitiger effizienter Nutzung der Prozessrechnerleistung.

[0035] In dem Verfahren kann nachfolgend eine zweite Prozessentscheidung VE2 vorgesehen werden, bei der an Hand der ermittelten Vergleichswerte geprüft wird, ob eine Korrektur der Walzenanstellungsdaten erfolgen soll. Bei dieser Überprüfung können zudem die im Verfahrensschritt V30 ermittelten Abweichungen des einlaufenden Bandmaterials 11 von dem Nenn-Dickenwert DN berücksichtigt werden. Dazu kann ein Schwellwert jeweils für die Vergleichswerte des Dickenwertes ΔD , $\Delta D'$ und des Längspositionswertes ΔL , $\Delta L'$ definiert werden. Liegen die Vergleichswerte ΔD , $\Delta D'$ bzw. die Vergleichswerte ΔL , $\Delta L'$ unterhalb des Schwellwertes, werden die Walzenanstellungsdaten für den jeweiligen Punkt nicht geändert. Wird der Schwellwert überschritten, erfolgt eine Neuberechnung der Walzenanstellungsdaten auf Basis der ermittelten Abweichungen aus dem Prozessschritten V70. Auch für die Neuberechnung der Walzenanstellungsdaten können die in Prozessschritt V30 ermittelten Abweichungen des einlaufenden Bandmaterials 11 berücksichtigt werden. Die Neuberechnung der Walzenanstellungsdaten kann über erfahrungsbasierte Korrekturfaktoren erfolgen oder in der Prozesssteuereinheit 9 simuliert werden.

[0036] Die Walzanstellungsdaten können in einer ersten Verfahrensausgestaltung nach der vollständigen Ermittlung der Vergleichswerte ΔD , $\Delta D'$, ΔL , $\Delta L'$ für einen Profilabschnitt Neuberechnet werden und nach dem Abschluss der Neuberechnung zu Beginn des nächsten gleichgestalteten Profilabschnitts für die Regelung des Walzspalts Verwendung finden. Alternativ ist auch denkbar, dass die Ermittlung der Vergleichswerte ΔD , $\Delta D'$, ΔL , $\Delta L'$ punktweise erfolgt und die Walzenanstellungsdaten punktweise neu berechnet werden. Die Neuberechneten Walzenanstellungsdaten können dann umgehend für den laufenden Walzprozess des aktuell zu walzenden Profilabschnitts verwendet werden. Der Prozess wird solange iterativ durchgeführt bis die Verfahrensentscheidung VE1 zu einem Stopp des Walzprozess auf Grund des Erreichens des Endes des einlaufenden Bandmaterials 11 führt.

Bezugszeichenliste

[0037]

1	Soll-Dickenprofil
2', 2"	Rampe

3', 3"	Plateau	
4', 4"	Arbeitswalze	
5', 5"	Stützwalze	
6	Dicken-Messsystem	
7	Dicken-Messsystem	5
8	Rechnereinheit	
9	Prozesssteuereinheit	
11; 11'	Bandmaterial	
12	Walzspalt	
13	Anstellvorrichtung	10
14	Ist-Dickenprofil	
15	Messpunkt	
16', 16"	Messfleck	
17	Bandlängenmesseinheit	
18	Bandlängenmesseinheit	15
D	Dickenwert	
DM	Messfleckausdehnung	
DN	Nenn-Dickenwert	
Do	Oberer Nenn-Dickenwert	20
Du', Du'''	Unterer Nenn-Dickenwert	
E	Soll-Eckpunkt	
E'	Ist-Eckpunkt	
L	Längspositionswert	
Lv30	Abstand Messsystem 6 zu Walzspalt	25
P	Messposition	
Lv50	Abstand Messsystem 7 zu Walzspalt	
S	Soll-Zwischenpunkt	
S'	Ist-Zwischenpunkt	30
$\Delta L_{\min}$	Mindestabstand	
ΔLPW	Messgenauigkeit Längenpositionswert	
ΔDW	Messgenauigkeit Dickenwert	
$\Delta D, \Delta D'$	Abweichung in Dickenrichtung	35
$\Delta L, \Delta L'$	Abweichung in Längspositionsrichtung	

Patentansprüche

1. Verfahren zur dynamischen Walzspaltregelung beim Flexiblen Walzen von metallischem Bandmaterial mit den Schritten:
 - Festlegen (V10) eines Soll-Dickenprofils (1) mit definierten Soll-Eckpunkten (E) und zwischen den Soll-Eckpunkten (E) liegenden Profilabschnitten (2', 2", 3', 3"), wobei jeweils zwei an einem Soll-Eckpunkt (E) anschließende Profilabschnitte (2', 2", 3', 3") unterschiedliche mittlere Steigungen aufweisen;
 - Flexibles Walzen (V40) des Bandmaterials (11) gemäß dem Soll-Dickenprofil (1);
 - Messen (V50) eines Ist-Dickenprofils (14) des flexibel gewalzten Bandmaterials (11') und Ermitteln (V60) von zu den Soll-Eckpunkten (E) korrespondierenden Ist-Eckpunkten (E');
 - Vergleichen der Soll-Eckpunkte (E) mit den korrespondierenden Ist-Eckpunkten (E') und Ermitteln (V70) von Eckpunkt-Vergleichswerten (ΔD , ΔL) aus den Soll-Eckpunkten (E) und den korrespondierenden Ist-Eckpunkten (E');

teln (V70) von Eckpunkt-Vergleichswerten (ΔD , ΔL) aus den Soll-Eckpunkten (E) und den korrespondierenden Ist-Eckpunkten (E');

Regeln (V80) eines Walzspalts (12) in Abhängigkeit der Eckpunkt-Vergleichswerte (ΔD , ΔL);

dadurch gekennzeichnet,

dass auf zumindest einer Teilzahl der zwischen den Soll-Eckpunkten (E) liegenden Profilabschnitte (2', 2", 3', 3") Soll-Zwischenpunkte (S) definiert werden, und

dass aus dem gemessenen Ist-Dickenprofil (14) zu den Soll-Zwischenpunkten (S) korrespondierende Ist-Zwischenpunkte (S') ermittelt (V60) werden; und

dass die Soll-Zwischenpunkte (S) mit den korrespondierenden Ist-Zwischenpunkten (S') verglichen werden und hieraus jeweils Zwischenpunkt-Vergleichswerte ($\Delta D'$, $\Delta L'$) ermittelt (V70) werden, und

dass das Regeln des Walzspalts (V80) zusätzlich in Abhängigkeit der Zwischenpunkt-Vergleichswerte ($\Delta D'$, $\Delta L'$) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Ist-Dickenprofil (14) des Bandmaterials (11') nach dem Flexiblen Walzen (V40) mittels eines berührungslosen Dickenmesssystems (7), auf zumindest einer Messspur in einer Längsrichtung des Bandmaterials (11'), und mittels zumindest einer Bandlängenmesseinheit (18) erfasst wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,

dadurch gekennzeichnet,

dass die zumindest eine Bandlängenmesseinheit (18) in äquidistanten Abständen Triggersignale generiert, durch die jeweils eine Messung zumindest eines Dickenwertes (D) durch das Dickenmesssystem (7) ausgelöst wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Messfleck (16, 16') des berührungslosen Dickenmesssystems (7) kleiner als 10,0 mm, insbesondere kleiner als 1,0 mm, insbesondere kleiner als 0,1 mm, insbesondere kleiner als 0,06 mm, ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

dass die zumindest eine Bandlängenmesseinheit (18) eine Genauigkeit von zumindest 0,1% vom Messwert, insbesondere zumindest 0,05% vom Messwert, aufweist.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

dadurch gekennzeichnet,

dass ein Abstand ($\Delta L_{\min}$) zwischen einem Soll-Eckpunkt (E) und einem Soll-Zwischenpunkt (S) so-

wie zwischen zwei Soll-Zwischenpunkten (S) mindestens 5 mm in Längsrichtung des Bandmaterials (11, 11') beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass eine einlaufende Banddicke vor dem Walzspalt (12) gemessen wird, und dass die Regelung des Walzspalts (V80) zusätzlich in Abhängigkeit der einlaufenden Banddicke vor dem Walzspalt (12) erfolgt. 5 10
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Regelung des Walzspalts (V80) in einem Bereich zwischen einem Soll-Eckpunkt (E) und einem benachbarten Soll-Zwischenpunkt (S) über eine Interpolation der jeweils zugehörigen Eckpunkt-Vergleichswerte (ΔD , ΔL) und Zwischenpunkt-Vergleichswerte ($\Delta D'$, $\Delta L'$) erfolgt, oder in einem Bereich zwischen zwei benachbarten Soll-Eckpunkten (E) über eine Interpolation der jeweils zugehörigen Eckpunkt-Vergleichswerte (ΔD , ΔL) erfolgt, oder in einem Bereich zwischen zwei benachbarten Soll-Zwischenpunkten (S) über eine Interpolation der jeweils zugehörigen Zwischenpunkt-Vergleichswerte ($\Delta D'$, $\Delta L'$) erfolgt. 15 20 25
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Anzahl der Soll-Zwischenpunkte (S) zwischen zwei Soll-Eckpunkten (E) kleiner als 20, insbesondere kleiner als 6, insbesondere kleiner als 3, ist. 30
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass ein erster Profilabschnitt als Plateau (3', 3''), mit zumindest weitgehend konstanter Dicke, und ein zweiter Profilabschnitt (2', 2'') als Rampe, mit einer variablen Dicke, definiert ist. 35 40
11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zweite Profilabschnitt (2', 2'') eine konstante Steigung aufweist. 45
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zweite Profilabschnitt (2', 2'') eine veränderliche Steigung aufweist und/oder in den ersten Profilabschnitt (3', 3'') stetig übergeht. 50
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Soll-Zwischenpunkte (S) auf zumindest einer Teilzahl der zwischen den Soll-Eckpunkten (E) liegenden Profilabschnitte (2', 2'', 3', 3'') gleichmäßig verteilt sind. 55

14. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Soll-Zwischenpunkte (S) auf zumindest einer Teilzahl der zwischen den Soll-Eckpunkten (E) liegenden Profilabschnitte (2', 2'', 3', 3'') ungleichmäßig verteilt sind.

FIG. 1

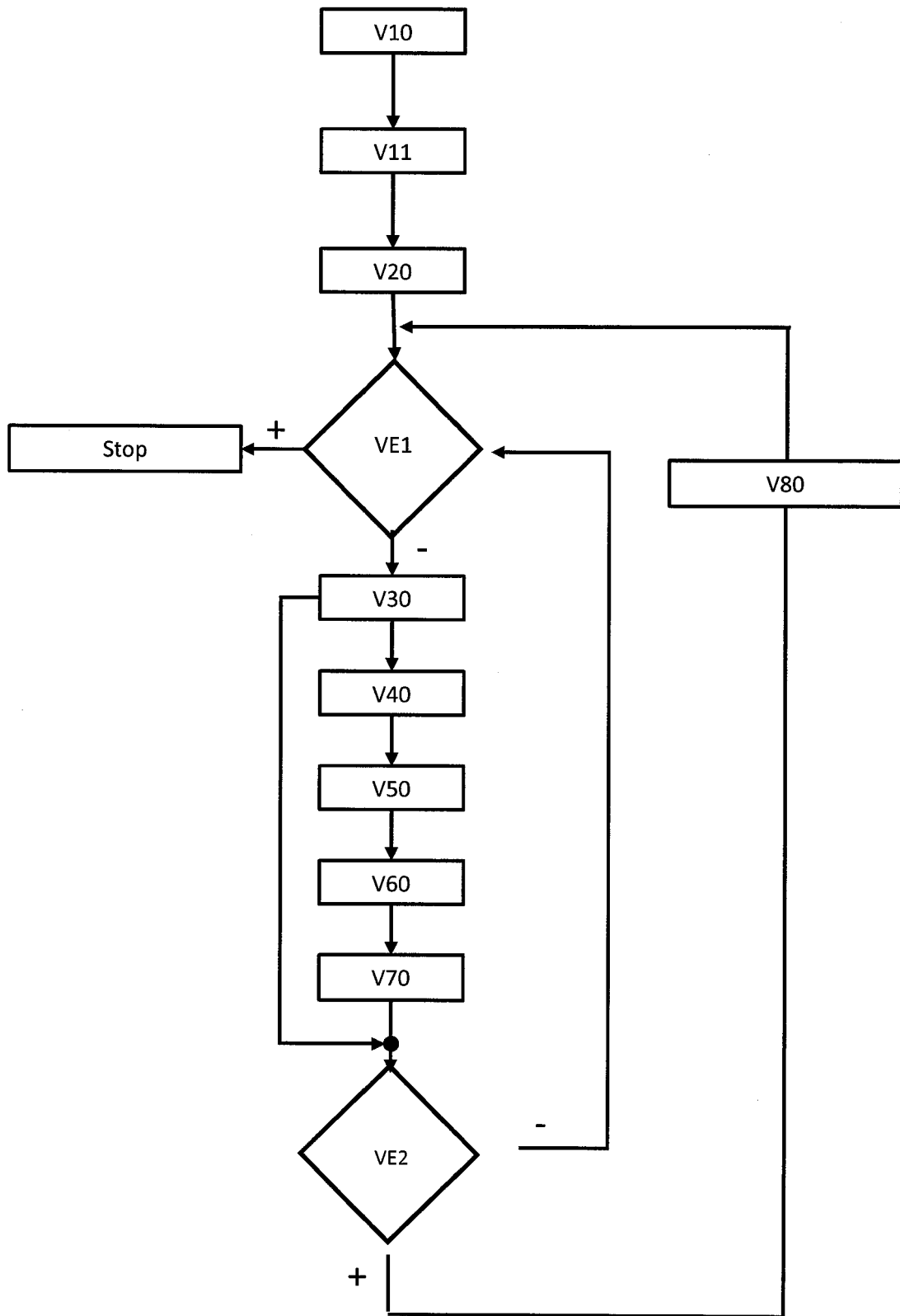


FIG. 2

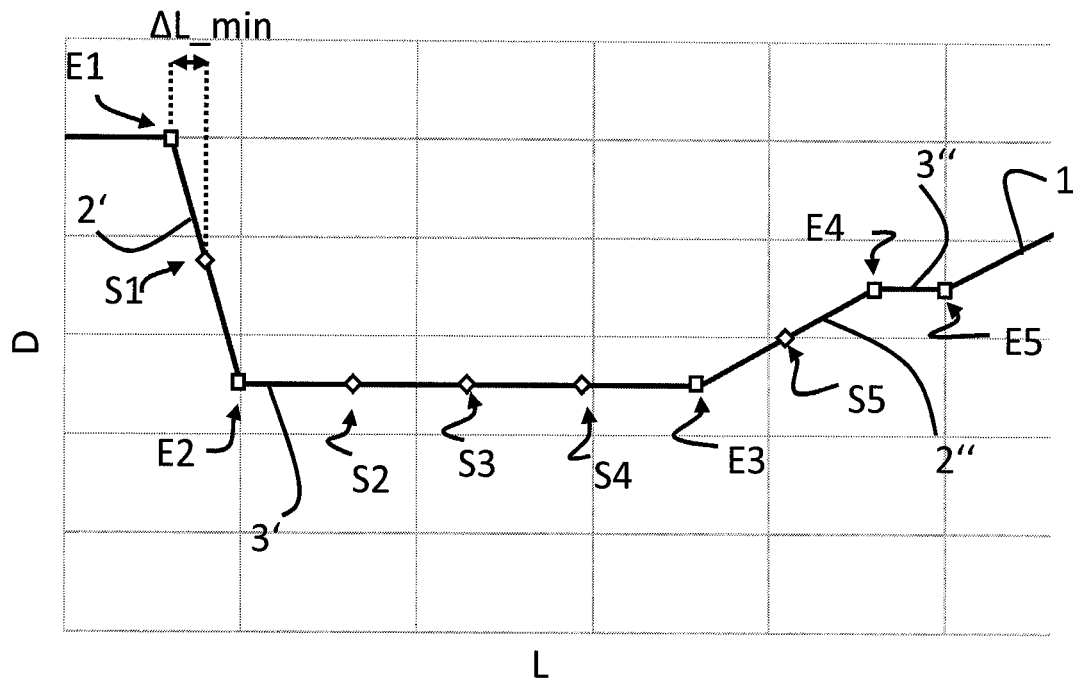


FIG. 3

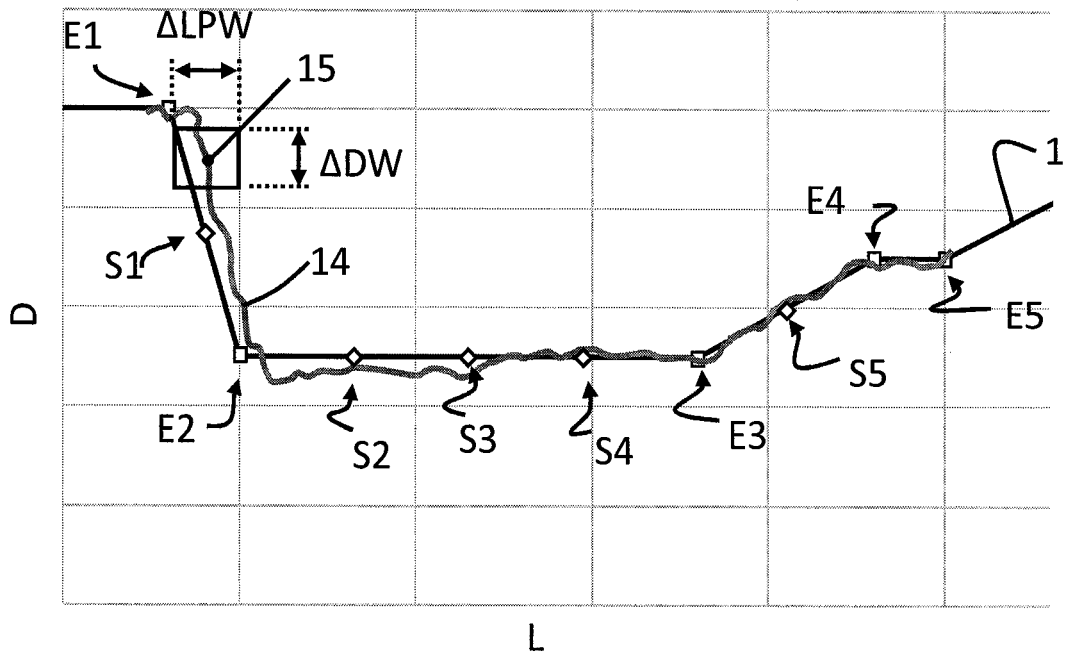


FIG. 4

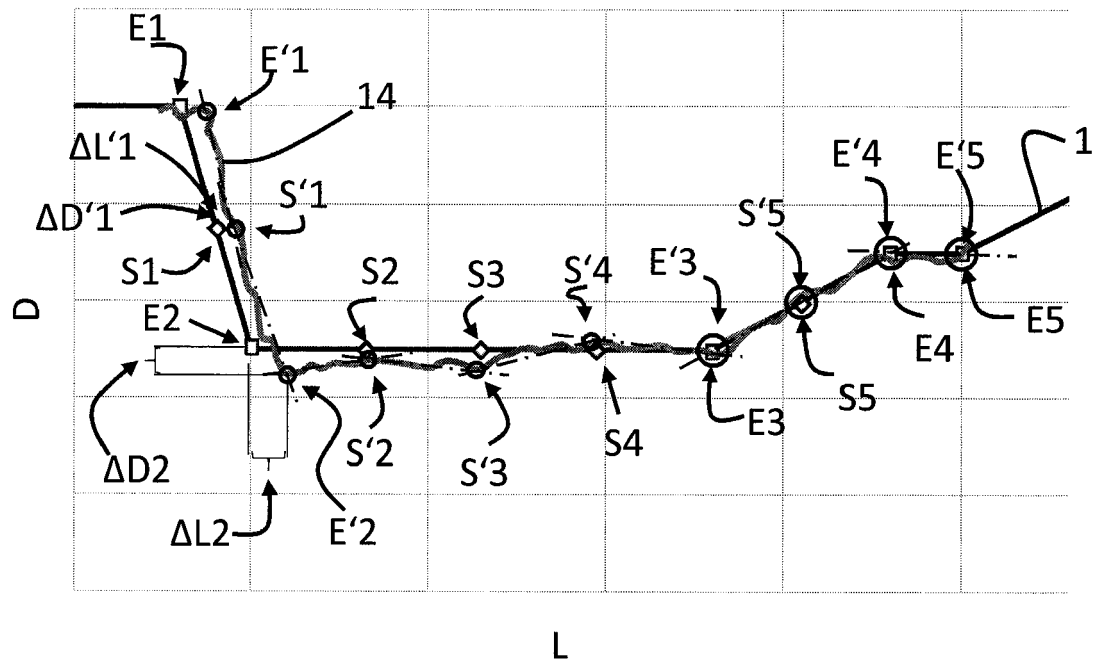


FIG. 5

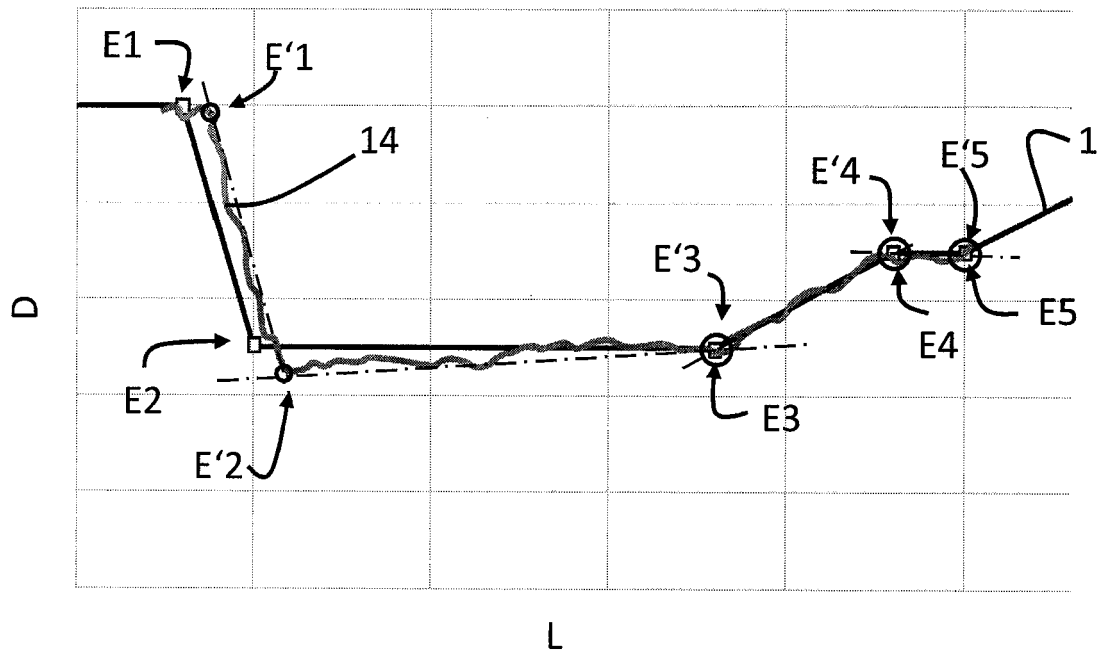


FIG. 6

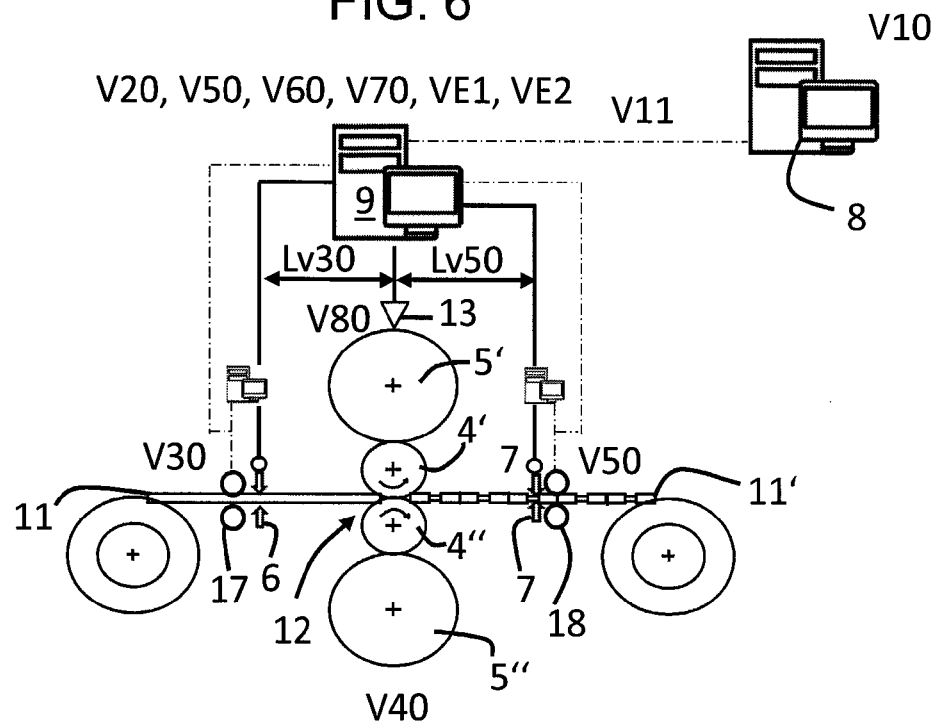
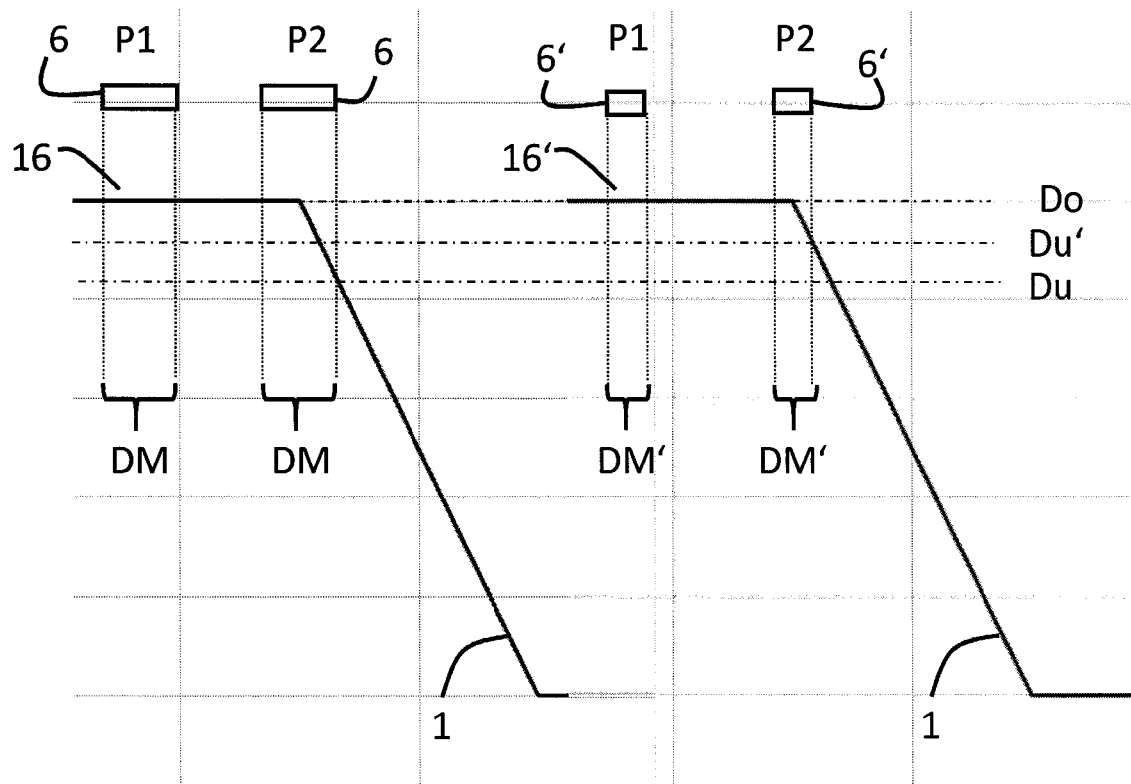


FIG. 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 18 17 1365

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	SCHWARZ N ET AL: "FLEXIBEL GEWALZTE BLECH FUER BELASTUNGSANGEPASSTE WERKSTUECKE", WERKSTATT + BETRIEB, CARL HANSER VERLAG, MÜNCHEN DE, Bd. 131, Nr. 5, 1. Mai 1998 (1998-05-01), Seiten 424-427, XP000776752, ISSN: 0043-2792 * Abbildung 1 *	1-14	INV. B21B37/26
A	WO 2007/104616 A1 (SIEMENS AG [DE]; KOH EDMUND [SG]; KRAUTWURST DIRK [DE]; SCHMIDT BIRGER) 20. September 2007 (2007-09-20) * Ansprüche 1-17; Abbildungen 1-15 *	1-14	
A	JP S56 114511 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP; NIPPON STEEL CORP) 9. September 1981 (1981-09-09) * Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 16. Oktober 2018	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 03.82 (P04C03)

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

EP 18 17 1365

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.

16-10-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 2007104616 A1	20-09-2007	CN 101400457 A	01-04-2009
			DE 102006011939 A1	27-09-2007
			EP 1993749 A1	26-11-2008
			KR 20080102308 A	24-11-2008
			RU 2008140733 A	20-04-2010
			UA 96286 C2	25-10-2011
			US 2009306810 A1	10-12-2009
20			WO 2007104616 A1	20-09-2007

	JP S56114511 A	09-09-1981	KEINE	

25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

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 Patentedokumente

- US 20060033347 A1 [0003]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **HAUGER ; ANDREAS.** Flexibles Walzen als kontinuierlicher Fertigungsprozess für Tailor Rolled Blanks. Shaker, 1999 [0002]