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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. März 2011 (24.03.2011)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/032890 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B21D 1/05 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/063284

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. September 2010 (10.09.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 041 852.0
18. September 2009 (18.09.2009) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **BWG BERGWERK- UND WALZWERK-MASCHINENBAU GMBH** [DE/DE]; Mercatorstr. 74-78, 47051 Duisburg (DE).

(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **NOÉ, Andreas** [DE/DE]; Kuhdyk 18, 47647 Kerken (DE).

(74) Anwalt: **VON DEM BORNE, Andreas**; Andrejewski - Honke, Theaterplatz 3, 45127 Essen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

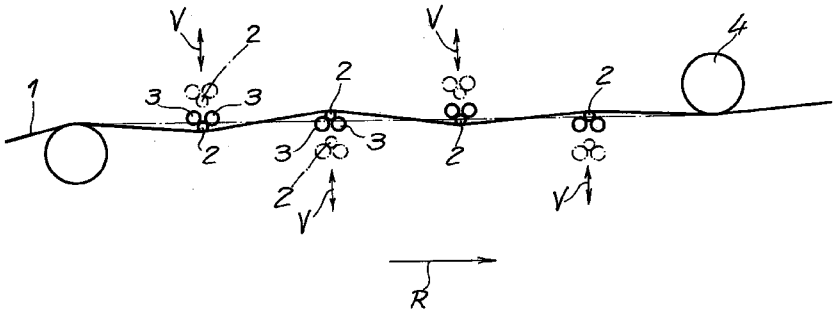
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

(54) **Title**: METHOD AND DEVICE FOR CONTINUOUSLY STRETCH-BEND-LEVELING METAL STRIPS

(54) **Bezeichnung** : VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KONTINUIERLICHEN STRECKBIEGERICHTEN VON METALLBÄNDERN

Fig.1



(57) **Abstract**: The invention relates to a method and a device for continuously stretch-bend-leveling metal strips, wherein a strip under a tensile stress below the elastic limit is alternatingly bent about at least four straightening rollers in the plastic or elastic-plastic region and thereby undergoes plastic stretching. The bending radii of all four straightening rollers are thereby set individually and independently of each other, as the straightening rollers are set up having individually controlled positions.

(57) **Zusammenfassung**: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern, wobei ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band um zumindest vier Richtrollen im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird und dabei eine plastische Streckung erfährt. Dabei werden die Biegeradien an allen vier Richtrollen jeweils einzeln und unabhängig voneinander eingestellt,indem die Richtrollen einzeln positionsgeregelt angestellt werden.

WO 2011/032890 A1

Metallbändern

Beschreibung:

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Streckbiegerichten von Metallbändern, wobei ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze bzw. Streckgrenze stehendes Band um zumindest vier Richtrollen im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird und dabei eine plastische Streckung erfährt. Die plastisch bzw. elastisch-plastisch wirkenden Richtrollen werden auch als Streckrollen bezeichnet. Das Maß, um welches das Band (insgesamt) plastisch gestreckt und folglich gelängt wird, wird als Streckgrad bezeichnet.

Mit einem solchen Streckbiegerichtverfahren lassen sich unplane Metallbänder richten und folglich Unplanheiten beseitigen. Unplanheit meint zum Beispiel Bandwelligkeit und/oder Bandsäbeligkeit, welche sich aufgrund von Längenunterschieden der Bandfasern in der Bandebene ergeben. Unplanheiten meint aber auch Bandkrümmungen in Längs- und/oder Querrichtung, welche durch Biegemomente im Band entstehen, zum Beispiel wenn das Band elastisch-plastisch um Umlenkrollen gebogen wurde oder durch elastisch-plastische Verformungen beim Aufwickeln des Bandes. Längskrümmungen werden auch als Coilset, Querkrümmungen als Crossbow bezeichnet. Im Zuge des Streckbiegerichtens wird das unplane Band unter einer Zugspannung, welche unterhalb der Elastizitätsgrenze R_E bzw. der technischen Elastizitätsgrenze $R_{p0,01}$ des Bandmaterials liegt, um Rollen hinreichend kleinen Durchmessers (wechselseitig) gebogen wird, so dass durch die Überlagerung der Zugspannung mit der Biegung eine elastisch/plastische Verformung im Band erzeugt wird. Das Band wird plastisch gelängt, wobei die Höhe der plastischen Längung als Streckgrad bezeichnet wird. Bei der plastischen Längung werden die ursprünglich kurzen Bandfasern relativ stärker gelängt. Im Idealfall haben

nach dem Richten alle Bandfasern die gleiche Länge, so dass grundsätzlich ein ideal gerichtetes Band frei von Welligkeiten oder Bandsäbel entstehen soll.

Bei den aus der Praxis bekannten Streckbiegerichtverfahren können grundsätzlich durch die wechselseitige Biegung im elastisch-plastischen Bereich nach dem Richten Restbiegemomente im Band verbleiben, die in der Bandbehandlungslinie als Querwölbung sichtbar werden können und bei einer herausgeschnittenen Tafel zu einer plastischen Restkrümmung in Längs- und/oder Querrichtung führen können. Die Restbiegemomente entstehen dann, wenn die einzelnen Biegungen in ihren Intensitäten nicht optimal aufeinander abgestimmt sind. Die Biegeradien hängen ab von den Banddaten (Dicke, Elastizitätsmodul, zyklisches Festigkeitsverhalten, Querkontraktionszahl), der Bandzugspannung, den Rollendurchmessern sowie der Geometrie des Bandlaufes um die Rollen. In erster Näherung kann letztere durch den Umschlingungswinkel des Bandes um die Rollen beschrieben werden. Bei genügend großem Umschlingungswinkel oder ausreichender Zugspannung nimmt das Band den Radius der Rolle an. Dann erreicht die Bandkrümmung ihr Maximum und bleibt bei weiterwachsendem Umschlingungswinkel oder wachsender Zugspannung konstant. In der Regel sind aber die Umschlingungswinkel so eingestellt, dass das Band dem Rollenradius zumindest bei den letzten Rollen im Streckbiegerichtgerüst nicht mehr folgt. Selbst bei einer optimalen Einstellung eines vorgegebenen Streckbiegerichtgerüstes ergeben sich Restbiegemomente durch Schwankungen der Prozessparameter. Denn in der Praxis sind sowohl die Zugspannung und folglich der Streckgrad als auch die Festigkeitswerte und die Banddicke des Bandes grundsätzlich gewissen Schwankungen unterworfen. Die aus der Praxis bekannten Streckbiegerichtverfahren reagieren mehr oder weniger empfindlich auf derartige Schwankungen. Das bedeutet, dass sich bei den herkömmlichen Streckbiegerichtverfahren derartige Schwankungen mehr oder weniger stark auf die verbleibenden oder erzeugten Restkrümmungen

auswirken. Dieses gilt auch bei Streckbiegerichtverfahren, bei welchen das Band um vier Richtrollen elastisch-plastisch verformt wird.

Bei derartigen Streckbiegerichtgerüsten mit vier Richtrollen ist es bekannt, zur Erzielung möglichst guter Richtergebnisse die Geometrie des Streckbiegerichtgerüstes einzustellen. So kennt man zum Beispiel aus der DE 696 08 937 T2 (bzw. EP 0 767 014 B1) ein Streckbiegerichtgerüst mit vier Richtrollen, bei welchem sowohl die oberen Richtrollen als auch die unteren Richtrollen hinsichtlich ihrer Position verändert werden können. Während die unteren Richtrollen über mechanische Spindeltriebe zur Verbesserung des Richtergebnisses mit einer gewissen Genauigkeit angestellt werden können, werden die oberen Richtrollen hydraulisch betätigt. Auf diese Weise soll sich eine gewünschte Überlappung der Rollen einstellen lassen.

Vergleichbares gilt für die aus der DE 695 14 010 T2 (bzw. EP 0 665 069 B1) und der DE 38 85 019 T2 (bzw. EP 0 298 852 B1) bekannten Streckbiegerichtgerüste.

In ähnlicher Weise beschreibt der Fachartikel "Benefits of a new leveller technology for packaging steels: Multi-Roller Tension Leveller" (Emmanuel Dechassey, Irsid, Arcelor group, METEC Congress June 2003) eine Streckbiegerichtvorrichtung mit vier Richtrollen. Dabei sind die Überlappung der ersten Richteinheit (erste und zweite Rolle) und die Überlappung der zweiten Richteinheit (dritte und vierte Rolle) einstellbar.

Auch die DE 691 01 995 T2 (bzw. EP 0 446 130 B1) erwähnt die Möglichkeit, die Position aller vier Richtrollen zu verändern. Dieses dient jedoch in erster Linie dem Wechsel zwischen einer Warteposition und einer Arbeitsposition. Denn bei einem Streckbiegegerüst ist es in der Regel erforderlich, zum Zweck des Durchlaufs einer Verbindungsstelle zwischen zwei Coils bzw. Bändern, das

Gerüst zu öffnen und anschließend wieder zu schließen. Jedenfalls hat sich in der Praxis gezeigt, dass die bekannten Streckbiegegerüste bzw. Streckbiegerichtverfahren verhältnismäßig empfindlich auf Schwankungen der Prozessparameter reagieren, so dass die Restkrümmungen nicht in der gewünschten Weise minimiert werden können.

Grundsätzlich weniger empfindlich auf die Prozessparameter reagieren sogenannte Multiroll-Leveller, die auch als Vielrollen-Richteinrichtungen bezeichnet werden. Beim Vielrollen-Richten wird das Band einer Vielzahl von Biegungen um Rollen mit kleinem Durchmesser unterzogen. Durch die Verwendung vieler Rollen kann das Band mit geringen Restkrümmungen produziert werden. Nachteilig ist dabei die Tatsache, dass die Vielzahl der Rollen mit einem hohen Wartungs- und Ersatzteilaufwand verbunden sind. Außerdem sind die unteren und oberen Rollen jeweils über die Stützrollen bzw. Zwischenwalzen und Stützrollen wie ein 1:1 Getriebe reibschlüssig miteinander verbunden. Da das Band während des Durchlaufens durch das Vielrollengerüst plastisch gelängt wird, erhöht sich auch in gleichem Maße die Bandgeschwindigkeit. Das Band läuft also nur bei einer Rolle synchron, zwischen den anderen Rollen und dem Band tritt ein Schlupf auf. Die Rollen laufen oft in Hochgeschwindigkeits-Bandbehandlungslinie mit hoher Umdrehungszahl. Dieser Schlupf kann die Rollen zu Vibrationen anregen, die auf der Bandoberfläche Rattermarken erzeugen. Dieses ist in der Praxis für eine Vielzahl von Anwendungen nicht akzeptabel. Aus diesen Gründen wurden auch herkömmliche Streckbiegerichtgerüste mit Vielrollen-Richteinheiten kombiniert (vgl. EP 0 665 069 B1 bzw. DE 695 14 010 T2).

Im Übrigen beschreibt die DE 27 50 752 ein Verfahren zum Richten und zur Verbesserung der Qualitätseigenschaften von Metallbändern, insbesondere Elektrobändern, bei dem das zu behandelnde Metallband gegendruckfrei gebogen und einer plastischen Wechselbiegung unterzogen wird. Das Metallband

wird dabei unter Beibehaltung seines plastischen Biegezustandes in Planlage gebogen, wobei die sich an die letzte Biegung anschließenden Umlenkungen des Metallbandes ausschließlich im elastischen oder nahezu elastischen Bereich vorgenommen werden. Bevorzugt sind dabei lediglich zwei gegendruckrollenfreie Biegerollen unter Zwischenschaltung bzw. Nachschaltung einer oder mehrerer Umlenkrollen verwirklicht. Es können auch mehrere Biegerollen vorgesehen werden. Stets kommt es darauf an, dass die letzte Biegung mit einer möglichst hohen plastischen Biegeverformung durchgeführt wird und das Metallband anschließend nur noch elastisch oder überwiegend elastisch gebogen wird.

Ausgehend von dem vorbekannten Stand der Technik liegt der Erfindung das technische Problem zugrunde, ein Streckbiegerichtverfahren zu schaffen, welches bei geringem anlagentechnischen Aufwand optimale Planheitsergebnisse liefert und insbesondere unempfindlich auf Schwankungen der Prozessparameter (Zugspannung, Bandfestigkeit und Banddicke) reagiert. Außerdem soll eine Vorrichtung angegeben werden, welche sich durch einen einfachen und kostengünstigen Aufbau auszeichnet und dennoch die gewünschten Ergebnisse liefert.

Zur Lösung dieser Aufgabe lehrt die Erfindung bei einem gattungsgemäßen Verfahren zum Kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern der Eingangs beschriebenen Art, dass die Biegeradien an allen vier Richtrollen jeweils einzeln und unabhängig voneinander eingestellt werden. Dazu schlägt die Erfindung vor, dass alle vier Biegerollen positionsgeregelt angestellt werden. Sofern das Band um mehr als vier Richtrollen wechselseitig gebogen wird, schlägt die Erfindung vor, dass die Biegeradien zumindest der letzten vier Rollen bezogen auf die Bandlaufrichtung jeweils einzeln und unabhängig voneinander eingestellt werden, indem vorzugsweise zumindest die letzten vier Rollen einzeln positionsgeregelt angestellt werden.

Untersuchungen mittels eines Rechenmodells, welches Spannungen in Längs- und Querrichtung berücksichtigt, als Rechenparameter die Banddicke, den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl, das zyklische Festigkeitsverhalten des Bandes, die Bandzugspannung, die Rollenradien und die Geometrie des Bandlaufes um die Rollen berücksichtigt, haben überraschenderweise ergeben, dass dieses Verfahren hervorragende Restkrümmungsergebnisse liefert und insbesondere verhältnismäßig unempfindlich auf Schwankungen der Prozessparameter reagiert. Von besonderer Bedeutung ist dabei, dass die vier elastisch-plastisch wirkenden Biegungen unabhängig voneinander mit ausreichender Genauigkeit positionsgeregelt einstellbar sind bzw. eingestellt werden. Die Positionen der Richtrollen werden dann mit einer Genauigkeit, sowie Regelgenauigkeit eingestellt, welche einer Genauigkeit bezogen auf die Umschlingungswinkel des Bandes um die Richtrollen von ± 0,05° oder weniger, vorzugsweise ± 0,02° oder weniger entspricht. Die Umschlingungswinkel des Bandes um eine oder mehrere Richtrollen, vorzugsweise um alle Richtrollen können 0,5° bis 60°, vorzugsweise 1° bis 35° betragen. Der (Gesamt-)Streckgrad beträgt zum Beispiel 0,1 % bis 1,5 %, vorzugsweise 0,2 % bis 0,6 %. Die Bandzugspannung liegt vorzugsweise bei 10 % bis 90 %, vorzugsweise bei 30 % bis 60 % der Elastizitätsgrenze des Bandes bzw. des Bandmaterials.

Die Simulationsrechnungen haben gezeigt, dass eine Zwei-Rollen-Konfiguration beim Streckbiegerichten in der Regel nicht zum Ziel führt, da die Längs- und Querbiegemomentenverläufe als Funktion der Bandkrümmungen sich nicht wie beim reinen Biegen negativ spiegelbildlich zueinander verhalten, sondern aufgrund der Zugspannung gegeneinander verschoben sind. Zur Korrektur der an der ersten Rolle erzeugten plastischen Bandkrümmungen in Längs- und Querrichtung reicht daher nur eine weitere Rolle nicht aus, weil damit nur entweder die Längs- oder die Querbiegemomente ins Gleichgewicht gebracht

werden können. Die minimale Anzahl von Rollen zur Erzeugung eines ideal restkrümmungsfreien Bandes bei gegebenen Prozessparametern ist folglich drei. Die Berechnungen haben jedoch ergeben, dass die erzielten Restbiegemomente bzw. die Eliminierung solcher Restbiegemomente bei einem Streckbiegegerüst mit drei Rollen verhältnismäßig empfindlich auf Schwankungen der Prozessparameter reagiert. Gleiches gilt für ein Vier-Rollen-Gerüst, bei dem die einzelnen Rollen nicht mit der erforderlichen Genauigkeit einzeln und unabhängig voneinander anstellbar sind. Abhilfe schafft hier das erfindungsgemäße Verfahren, bei welchem die vier Rollen einzeln und unabhängig voneinander positionsgeregelt angestellt werden.

Ferner schlägt die Erfindung vor, dass der Abstand zwischen zumindest zwei (unmittelbar) hintereinander angeordneten Richtrollen (bezogen auf die Bandlaufrichtung) zumindest 15 % der (maximalen) Bandbreite, zum Beispiel zumindest 30 % der (maximalen) Bandbreite, besonders bevorzugt zumindest 50 % der (maximalen) Bandbreite beträgt. Dabei kann es zweckmäßig sein, wenn die genannten Abstände bei allen vier Richtrollen zwischen zwei jeweils paarweise (unmittelbar) hintereinander angeordneten Richtrollen vorliegen. So können die Abstände zwischen zwei derartigen Richtrollen zum Beispiel zumindest 150 mm, vorzugsweise zumindest 300 mm betragen. Die modellbasierten Untersuchungen haben hier zu dem überraschenden Ergebnis geführt, dass sich auch durch günstige Wahl der Abstände zwischen den elastisch-plastisch wirkenden Richtrollen die prozessbedingten Streckgradunterschiede über die Bandbreite minimieren bzw. aufheben lassen. Es hat sich herausgestellt, dass sich generell größere horizontale Abstände günstig auswirken. Bei gegebener maximaler Baulänge des Streckbiegegerüstes ist es günstig, mindestens einen Abstand zwischen elastisch-plastisch wirkenden Rollen mit mindestens 30 % der maximalen Bandbreite, jedoch mindestens 500 mm auszuführen. Entscheidend ist dabei der Abstand der Richtrollen entlang der Bandlaufrichtung. Dieses entspricht bei einem Streckbiegericht-

gerüst in Horizontalbauweise dem horizontalen Abstand. Grundsätzlich kann aber auch ein Abstand in einer schrägen oder vertikalen Richtung gemeint sein, je nachdem in welcher Richtung das Band geführt wird.

Abhängig vom Anwendungsspektrum der zu richtenden Produkte sind verschiedene Rollenabstände optimal, so dass eine weitere Verbesserung der Richtergebnisse in Bezug auf Welligkeit erreicht werden kann, wenn diese Abstände variabel bzw. verstellbar ausgeführt sind. Folglich ist nach einem weiteren Vorschlag der Erfindung, dem selbstständige Bedeutung zukommt, vorgesehen, dass der Abstand in Bandlaufrichtung zwischen zumindest zwei Richtrollen variabel eingestellt wird bzw. werden kann. Die optimalen Abstände können dann modellbasiert für ein bestimmtes Band vorgegeben werden.

Die Erfindung schlägt ferner vor, dass die Sollwerte für die Position der Richtrollen und/oder die Sollwerte für die Umschlingungswinkel des Bandes um die Richtrollen mit einem Rechenmodell bestimmt werden, welches zumindest Spannungen in Längs- und Querrichtung berücksichtigt, als Rechenparameter die Banddicke, den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl, das zyklische Festigkeitsverhalten des Bandes, die Bandzugspannung, die Rollenradien und die Geometrie des Bandlaufes um die Rollen verarbeitet, für die Sollwerte der Banddicke und der Festigkeit, zum Beispiel der Streckgrenze so berechnet werden, dass die Restlängs- und Restquerkrümmung Null wird oder zumindest vernachlässigbar wird. Im Idealfall werden folglich Bänder mit verschwindend geringen Restkrümmungen erzeugt. Optional besteht jedoch auch die Möglichkeit, die Sollwerte mit dem Rechenmodell mit der Maßgabe zu bestimmen, dass zwar ein verschwindend bzw. vernachlässigbar geringer Restquerkrümmungswert erzielt wird, dass die Restlängskrümmungen jedoch einen definierten Wert annehmen. Dabei geht die Erfindung von der Erkenntnis aus, dass es durchaus Anwendungsfälle gibt, bei denen zwar Restquerkrümmungen vollständig vermieden werden müssen, bei denen jedoch gewisse

Restlängskrümmungen tolerierbar sind, sofern sie ausschließlich in einer bestimmten Richtung vorliegen und folglich ausschließlich ein bestimmtes Vorzeichen aufweisen.

Ferner schlägt die Erfindung optional vor, dass nach bzw. hinter einer oder mehreren Richtrollen, zum Beispiel nach der letzten Richtrolle, besonders bevorzugt nach jeder Richtrolle, die Querwölbung des Bandes über die Bandbreite gemessen wird. Diese gemessenen Querwölbungen können dann in eine Regelung einfließen, welche anhand der Messwerte die Umschlingungswinkel bzw. Rollenpositionen so korrigiert, dass ein Band mit hinreichend kleiner Restlängs- und Restquerkrümmung erzeugt wird.

Die Erfindung umfasst folglich zunächst einmal solche Ausführungsformen, bei welchen die Sollwerte für die Biegeradien und folglich für die Rollenposition und/oder die Umschlingungswinkel, mit Hilfe eines mathematischen Modells bestimmt werden, wobei die Anlage dann mit diesen Werten betrieben wird. Simulationen haben ergeben, dass eine solche Vorgehensweise selbst bei gewissen Schwankungen der Prozessparameter zu hervorragenden Ergebnissen führt. Optional besteht die Möglichkeit, die Sollwerte im Zuge der Inbetriebnahme der Anlage oder gegebenenfalls auch während des Betriebes zu korrigieren, und zwar auf der Grundlage von experimentell erzielten Ergebnissen. Eine solche Korrektur kann "Off-Line" durchgeführt werden. Wie beschrieben besteht jedoch optional auch die Möglichkeit, eine Korrektur "On-Line" unter Berücksichtigung der Messwerte im Sinne einer Steuerung oder Regelung vorzunehmen. Auch diese Regelung kann auf einem Rechenmodell basieren, welches zumindest Spannungen in Längs- und Querrichtungen berücksichtigt, als Rechenparameter die Banddicke, den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl, das zyklische Festigkeitsverhalten des Bandes, die Bandzugspannung, die Rollenradien und die Geometrie des Bandlaufes um die

Rollen verarbeitet, und einer bestimmten Querwölbung eine Bandrestlängs- bzw. -querkrümmung zugeordnet wird.

Die beschriebenen Rechenmodelle können auf einer Finite-Elemente-Methode basieren, welche in der Lage sind, Spannungen und Dehnungen auch über die Bandbreite zu berücksichtigen. Anhand der maximal zu erwartenden oder vor dem Richten gemessenen Bandunplanheit kann der optimale Streckgrad und/oder die optimalen horizontalen Abstände der elastisch-plastisch wirkenden Rollen nach der Finite-Elemente-Methode berechnet werden, welche die minimalen Restunplanheiten, hier insbesondere Welligkeiten und Bandsäbel, ergeben.

Gegenstand der Erfindung ist auch eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern mit einem Verfahren der beschriebenen Art. Eine solche Vorrichtung weist zumindest vier Biegerollen auf, um welche ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird. Ferner weist eine solche Vorrichtung zumindest eine Steuer- und/oder Regelvorrichtung auf. Die Erfindung schlägt vor, dass die Biegeradien an allen vier Richtrollen jeweils einzeln und unabhängig voneinander einstellbar sind. Dazu schlägt die Erfindung bevorzugt vor, dass alle vier Richtrollen mit der Regelvorrichtung verbunden und positionsgeregelt anstellbar sind. Dazu sind die einzelnen Richtrollen jeweils mit einem oder mehreren fein einstellbaren Stellantrieben versehen, vorzugsweise Spindelhubelementen. Der Durchmesser einer oder mehrerer oder vorzugsweise aller vier Richtrollen beträgt zum Beispiel 15 mm bis 150 mm, vorzugsweise 25 mm bis 80 mm. Es wurde bereits erläutert, dass besonders bevorzugt mit verhältnismäßig großen Abständen zwischen den einzelnen Richtrollen gearbeitet wird. Besonders bevorzugt ist die Vorrichtung so ausgebildet, dass diese Abstände einstellbar

sind, indem beispielsweise die Position zumindest einer Richtrolle entlang der Bandlaufrichtung variabel einstellbar ist.

Eine weitere Anforderung an einen Richtprozess ist neben der Restkrümmungsfreiheit die Minimierung von Welligkeit/Bandsäbel. Die vor dem Richten im Band vorhandenen Welligkeiten sind zu beseitigen, und der Richtprozess sollte selbst keinen neuen erzeugen. Beim Streckbiegerichten ergibt sich hier die Problematik, dass das Band an der Rolle sich elastisch-plastisch verformt und dabei plastisch gelängt wird. Mit der plastischen Längsdehnung geht einher eine plastische Reduktion der Bandbreite. Also ist der Bandabschnitt direkt vor der Rolle breiter als der direkt nach der Rolle. Da das Band aber nicht sprunghaft die Breite ändern kann, bilden sich in Folge Schubspannungen in der Bandebene aus, die über die Bandbreite und Bandlänge gesehen variieren. Die Schubspannungen wiederum führen zu einer insgesamt ungleichmäßigen plastischen Bandverformung über die Bandbreite, damit unterschiedlicher plastischer Längsdehnung über die Bandbreite und damit zu durch den Richtprozess hervorgerufenen Welligkeiten. Diese sind in der Regel Mittenwelligkeiten, die mit steigendem Streckgrad stärker werden. Die modellbasierten Untersuchungen haben hier zu dem überraschenden Ergebnis geführt, dass diese prozessbedingten Streckgradunterschiede bei der Bandbreite sich durch günstige Wahl der Abstände zwischen der elastisch-plastisch wirkenden Rollen minimieren bzw. aufheben lassen. Es hat sich herausgestellt, dass sich generell größere horizontale Abstände günstig auswirken. Abhängig vom Anwendungsspektrum der zu richtenden Produkte sind verschiedene Rollenabstände optimal, so dass eine weitere Verbesserung des Richtergebnisses in Bezug auf die Welligkeit erfolgt, wenn mindestens eine Richtrolle horizontal verstellbar ausgeführt ist.

Bei großen horizontalen Abständen der elastisch-plastisch wirkenden Richtrollen werden die Eintauchtiefen der Rollen bei gegebenen Umschlingungs-

winkeln relativ groß. Zum Durchlauf einer Verbindungsstelle von zwei Coils, etwa einer Stanzverbindung oder Schweißnaht, muss in der Regel das Streckbiegegerüst geöffnet werden, das heißt die Rollen werden abgestellt. Wenn die dabei zurückzulegenden Wege groß sind, dauert dieser Vorgang lange. Wenn das Band während dieser Zeit im Falle einer Konti-Linie weiter läuft, werden in Konsequenz die ungerichteten Bandlängen um die Verbindungsstelle groß. Dieses ist grundsätzlich unerwünscht. Die Erfindung schlägt daher in optionaler Weiterbildung vor, dass zumindest einer elastisch-plastisch wirkenden Richtrolle eine benachbarte Umlenkrolle vorgelagert und/oder eine benachbarte Umlenkrolle nachgelagert ist, wobei eine solche benachbarte Umlenkrolle vorzugsweise zumindest den dreifachen Durchmesser, besonders bevorzugt zumindest den zehnfachen Durchmesser der Richtrolle aufweist. Auf diese Weise werden die Anstellwege und somit die ungerichteten Bandabschnitte erheblich verkürzt. Die Umlenkrollen weisen dabei einen so großen Durchmesser auf, dass für zumindest einen Teil des zu richtenden Banddickenspektrums nur eine rein elastische Bandverformung auftritt. Bevorzugt sollten zumindest die letzen beiden Rollen ohne Zwischen-Umlenkrollen ausgeführt werden, um eine möglichst hohe Genauigkeit in der Einstellung des Umschlingungswinkels zu erzielen.

Weiterhin ist es möglich, dass zumindest eine der benachbarten Umlenkrollen eine konkave oder konvexe Rollenkontur aufweist. Ferner kann eine der beiden benachbarte Umlenkrollen oder auch beide benachbarten Umlenkrollen mit einer Rollenverbiegung in horizontaler und/oder vertikaler Richtung ausgerüstet sein. Der ersten elastisch-plastischen wirkenden Richtrolle kann eine mindestens um 120° umschlungene konturvariable Spannrolle oder Umlenkrolle vorgelagert sein. Durch diese Maßnahmen wird erreicht, dass an mindestens einer elastisch-plastisch wirkenden Richtrolle eine bestimmte Zugspannungsverteilung über die Bandbreite eingestellt wird, um die Streckgradverteilung über die Bandbreite so beeinflussen zu können, dass nach dem Richten ein

Band mit möglichst geringer Restwelligkeit vorliegt. Speziell würde eine Erhöhung der Zugspannung an den Bandrändern einer Mittenwelligkeit entgegenwirken.

Im Übrigen können die elastisch-plastisch wirkenden Richtrollen gegen Durchbiegung durch Stützrollen abgestützt sein. Es können zum Beispiel segmentierte Stützrollen verwendet werden. So können die elastisch-plastisch wirkenden Rollen gegen Durchbiegungen durch zwei Reihen segmentierte Stützrollen bzw. zwei Zwischenwalzen und drei Reihen segmentierte Stütztrollen abgestützt sein.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine erfindungsgmäße Vorrichtung zum Streckbiegrichten in einer vereinfachten, schematischen Darstellung,

Fig. 2 den Gegenstand nach Fig. 1 in abgewandelter Ausführungsform,

Fig. 3 berechnete Restlängskrümmungen für ein Metallband, welches mit einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 gerichtet wurde und

Fig. 4 die Restlängskrümmung, welche mit einem herkömmlichen Drei-Rollen-Gerüst mit Einzelanstellung erreicht wird.

In den Figuren ist eine Vorrichtung zum kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern 1 dargestellt. In den Ausführungsbeispielen weist die Vorrichtung vier Richtrollen 2 auf, um welche ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band 1 im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird. Jede der Richtrollen 2 wird dabei in an

sich bekannter Weise von zumindest zwei Stützrollen 3 abgestützt. Das Band 1 steht unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze. Dazu sind nicht dargestellte Spannrollen, zum Beispiel einlaufseitig ein Bremsrollensatz und auslaufseitig ein Zugrollensatz vorgesehen.

Erfindungsgemäß sind die Biegeradien an allen vier Richtrollen jeweils einzeln oder unabhängig voneinander einstellbar. Dazu sind alle vier Richtrollen 2 mit einer nicht dargestellten Regelvorrichtung und mit nicht dargestellten Stellantrieben, zum Beispiel Spindelhubelmenten, positionsgeregelt anstellbar, und zwar in einer zur Bandlaufrichtung R vertikalen Richtung V. Dieses ist in den Figuren durch die strichpunktiert dargestellten Funktionsstellungen der Rollen 2 angedeutet. Die Parameter und insbesondere die Rollenradien und die Bandzugspannung sind dabei so aufeinander abgestimmt, dass das Band an allen vier Richtrollen (noch) nicht dem Rollenradius folgt. Folglich kann durch Regelung der Anstelltiefe und Folglich durch Regelung der Position und der damit verbundenen Einstellung des Umschlingungswinkels der jeweilige Biegeradius variiert werden.

In dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 sind zwischen den vier Richtrollen 2 keine weiteren Rollen angeordnet. Lediglich vor und hinter der gesamten Richtrollenanordnung sind Umlenkrollen 4 vorgesehen.

Demgegenüber zeigt Fig. 2 eine abgewandelte Ausführungsform, bei welcher jeder Richtrolle 2 jeweils eine Umlenkrolle 4a vorgeordnet und eine Umlenkrolle 4b nachgeordnet sind. Auch bei dieser Ausführungsform sind jedoch alle vier Richtrollen 2 in ihrer Position senkrecht zur Bandlaufrichtung R positionsgeregelt variierbar.

Auch wenn die Ausführungsform nach Fig. 1 grundsätzlich zu bevorzugen ist, da sie außer den ein- und auslaufseitigen elastisch wirkenden Passlinerollen

ohne weitere (rein elastisch wirkende) Rollen auskommt, kann optional die Ausführungsform nach Fig. 2 vorteilhaft sein. Auch Kombinationen der beiden Ausführungen sind möglich. Zu den rein elastisch wirkenden Umlenkrollen ist zu bemerken, dass diese nur bei dünnen und/oder höherfesten Bändern rein elastisch wirken, zum Beispiel bei Aluminium im Banddickenbereich unterhalb von einem Millimeter. Darüber haben auch sie eine wenn auch geringe elastisch-plastische Wirkung und können das Richtergebnis in Bezug auf Restkrümmungen beeinflussen. Soll ein Streckbiegerichtgerüst einen größeren Banddickenbereich abdecken, wird besonders bevorzugt auf die Umlenkrollen verzichtet.

Für die Inbetriebnahme einer solchen Anlage werden nun die exakten Sollpositionen aller vier Richtrollen 2 mit Hilfe eines mathematischen Modells bestimmt. Dabei ist es möglich, zunächst die Soll-Umschlingungswinkel mit einem Rechenmodell zu bestimmen, welches zumindest Spannungen in Längs- und Querrichtungen berücksichtigt, als Rechenparameter die Banddicke, den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl, das zyklische Festigkeitsverhalten des Bandes, die Bandzugspannung, die Rollenradien und die Geometrie des Bandlaufes um die Rollen verarbeitet, für die Sollwerte der Banddicke und der Festigkeit, zum Beispiel der Streckgrenze so berechnet werden, dass die Restlängs- und Restquerkrümmungen Null oder nahezu Null werden. Auf diese Weise lassen sich die Positionen der Richtrollen 2 exakt einstellen. Es besteht dann die Möglichkeit, in Abhängigkeit von experimentellen Ergebnissen "Off-Line" eine Korrektur dieser Positionen vorzunehmen.

Von besonderer Bedeutung ist dabei die Tatsache, dass die einmal exakt vorgegebene Einstellung gewährleistet, dass das Restkrümmungsverhalten extrem unempfindlich von Schwankungen der Prozessparameter wie insbesondere der Zugspannung und der Festigkeitswerte und der Banddicke des Bandes sind. Da in der Praxis ein Band eines Coils in der Regel gewissen

Festigkeits- und Dickenschwankungen unterliegt und auch die Zugspannung nicht stets exakt konstant aufrecht erhalten werden kann, waren mit den bislang bekannten Verfahren auch die erzielten Restkrümmungen erheblichen Schwankungen unterworfen. Dieses wird im Rahmen der Erfindung vermieden. Das erfindungsgemäße Verfahren zeigt ein besonders gutmütiges Restkrümmungsverhalten. Dazu wird auf eine vergleichende Betrachtung der Fig. 3 und 4 verwiesen.

Fig. 3 zeigt die Restlängskrümmung k-L (in 1/m) für ein Aluminiumband als Funktion des Streckgrades S (in %), welches mit einer Vorrichtung gemäß Fig. 1 gerichtet wurde. Es handelt sich um berechnete Werte, die mit einem mathematischen Modell erzeugt wurden. Im Ausführungsbeispiel wurde eine Fließgrenze von 250 MPa mit Schwankungen von ± 10 MPa angenommen und eine Banddicke von 0,28 mm mit Schwankungen von ± 0,05 mm. In der Figur sind die für zulässig erachteten Grenzwerte der Restlängskrümmung von ± 0,5 m^{-1} ebenfalls dargestellt. Es ist erkennbar, dass die Restlängskrümmung in dem vorgegebenen Toleranzfenster in einem recht großen Streckgradbereich von 0,31 bis 0,59 % liegen. Bemerkenswert ist darüber hinaus die Tatsache, dass die Restlängskrümmung in einem Streckgradfenster von ± 0,05 % lediglich um ± 0,15 m^{-1} schwankt. Die hier nicht gezeigten Restquerkrümmungen sind stets geringer als die Restlängskrümmungen. Die Restlängskrümmungen liegen außerdem innerhalb eines Streckgradfensters von 0,36 bis 0,52 % definiert im negativen Bereich mit sehr geringen Schwankungen. Durch Anpassung des Umschlingungswinkels an der letzten Rolle lässt sich der Restkrümmungsverlauf im Diagramm nach oben oder unten verschieben. So ist auch eine definierte positive Längsrestkrümmung einstellbar.

Demgegenüber zeigt Fig. 4 eine entsprechende Simulation mit einem Dreirollen-Gerüst, wobei die einzelnen Rollen ebenfalls positionsgeregelt

anstellbar sind. Es ist erkennbar, dass die Restlängskrümmung bei Schwankungen des Streckgrades in einem erheblich größeren Bereich schwankt. Der Grenzwert wird lediglich in einem Bereich für den Streckgrad von 0,33 bis 0,36 % eingehalten. Dieses ist in der Praxis, zum Beispiel in Beschleunigungs- und Verzögerungsphasen, kaum zu gewährleisten.

Bemerkenswert ist insgesamt im Übrigen die Tatsache, dass die beschriebenen Ergebnisse mit verhältnismäßig wenig Richtrollen erreicht werden, so dass sich die Anlage insgesamt durch einfache und kostengünstige Konstruktion auszeichnet.

Wird in einer Variante mit mehr als vier Richtrollen gearbeitet, so sind zumindest die letzten vier Richtrollen erfindungsgemäß einzeln in ihren Umschlingungswinkeln einstellbar, damit ein ähnlich gutmütiges Restkrümmungsverhalten erzielt wird. Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist bei günstig gewählten Umschlingungswinkeln die Restquerkrümmung vom Betrag deutlich kleiner als die Restlängskrümmung. Der Restlängskrümmung einer nach dem Richten herausgeschnittenen Tafel entspricht dann näherungsweise eine in der Streckbiegerichtmaschine unter Bandzug gemessene Querwölbung des Bandes. Daher wird optional vorgeschlagen, zumindest auslaufseitig die Querwölbung zu messen, aus dem Messwert auf die Restlängskrümmung zu schließen und bei Abweichung vom gewünschten Wert die Einstellung der Umschlingungswinkel und damit auch der Positionen zu verändern, bis die der gewünschten Restlängskrümmung entsprechende Querwölbung sich einstellt.

Eine einfache Methode ist, den Umschlingungswinkel in der letzten elastisch-plastisch wirkenden Rolle zu variieren und dadurch den in Fig. 3 gezeigten Restkrümmungsverlauf nach oben oder unten zu verschieben. Hier ist auch ein geschlossener Regelkreis denkbar. Weiterhin kann es dann sinnvoll sein, nach

jeder elastisch-plastischen Biegung die Querwölbung zu messen, um die Einstellung aller Umschlingungswinkel zu optimiere und mit dem Rechenmodell abgleichen zu können. Dazu können entsprechende Messvorrichtungen vorgesehen sein, die mit einer Steuer- und Regeleinrichtung verbunden sind. In den Figuren ist dieses nicht dargestellt. Mit einem Finite-Elemente-Modell kann zum Beispiel theoretisch optimale Querwölbung nach jeder Rolle vorausberechnet werden. Dann können die Rollen so eingestellt werden, dass die gemessenen mit den berechneten möglichst gut übereinstimmen. Dann kann man davon ausgehen, dass der tatsächliche Richtprozess nur gering vom theoretisch berechneten abweicht und mithin auch das Richtergebnis gut übereinstimmt.

Wie bereits erläutert, erfolgt die positionsgeregelte Anstellung der Richtrollen (quer zur Bandlaufrichtung) vorzugsweise mittels fein einstellbarer Spindelhubelemente. Eine solche Feineinstellung arbeitet in der Regel mit einer Einstellgeschwindigkeit von 2 bis 3 mm/sec.. Zum Durchlauf einer Verbindungsstelle von zwei Coils, etwa einer Stanzverbindung oder einer Schweißnaht, ist es gegebenenfalls zweckmäßig, das Streckbiegegerüst zu öffnen, das heißt die Rollen werden abgestellt. Wenn die dabei zurückzulegenden Wege groß sind, dauert dieser Vorgang mit den fein einstellbaren Spindelhubelementen verhältnismäßig lange. Aus diesem Grunde sind bei der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform die vorgelagerten Umlenkrollen 4a und die nachgelagerten Umlenkrollen 4b vorgesehen. Auf diese Weise werden die Anstellwege erheblich verkürzt.

Alternativ oder ergänzend besteht die Möglichkeit, zusätzlich zu der Feineinstellung (über zum Beispiel Spindelhubelemente) eine Schnellanstellung vorzusehen. Diese Möglichkeit empfiehlt sich insbesondere bei der Ausführungsform nach Fig. 1, kann grundsätzlich aber auch bei der Ausführungsform nach Fig. 2 vorgesehen sein. Die Richtrollen sind dann

zusätzlich mit einer Schnellanstellung versehen, zum Beispiel mit hydraulischen oder pneumatischen Zylinderstelltrieben. Dabei kann es zweckmäßig sein, für mehrere Richtrollen eine gemeinsame Schnellanstellung vorzusehen. So kann es beispielsweise bei der Ausführungsform nach Fig. 1 zweckmäßig sein, die erste Richtrolle und die dritte Richtrolle an einem gemeinsamen Oberrahmen anzuordnen, welcher mit einem oder mehreren Zylinderstelltrieben anstellbar ist. Entsprechend können die zweite Richtrolle und die vierte Richtrolle an einem Unterrahmen angeordnet sein, welcher ebenfalls mit einem oder mehreren Zylinderstelltrieben verstellbar ist. Die Schnellanstellung kann zum Beispiel zwischen zwei Endanschlägen zum Auffahren und Zufahren des Streckbiegerichtgerüstes erfolgen. Diese Möglichkeiten sind in den Figuren nicht dargestellt.

1. Verfahren zum kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern,

wobei ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band um zumindest vier Richtrollen im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird und dabei eine plastische Streckung erfährt, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

dass die Biegeradien an allen vier Richtrollen jeweils einzeln und unabhängig voneinander eingestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass alle vier Richtrollen zur Einstellung der Biegeradien positionsgeregelt angestellt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Band um mehr als vier Richtrollen gebogen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Biegeradien zumindest an den letzten vier Richtrollen (bezogen auf die Bandlaufrichtung) jeweils einzeln und unabhängig voneinander eingestellt werden, indem vorzugsweise zumindest die letzten vier Richtrollen einzeln positionsgeregelt angestellt werden.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Positionen der Richtrollen mit einer Genauigkeit, zum Beispiel Regelgenauigkeit eingestellt werden, welche einer Genauigkeit bezogen auf die Umschlingswinkel des Bandes um die Richtrollen von ± 0,05° oder weniger, vorzugsweise ± 0,02° oder weniger entspricht.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Umschlingungswinkel des Bandes um eine oder mehrere, vorzugsweise um alle vier Richtrollen 0,5° bis 60°, vorzugsweise 1° bis 35° betragen.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Streckgrad 0,1 % bis 1,5 %, zum Beispiel 0,2 % bis 0,6 % beträgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Bandzugspannung 10 % bis 90 %, vorzugsweise 30 % bis 60 % der Elastizitätsgrenze des Bandes bzw. des Bandmaterials beträgt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen zumindest zwei (unmittelbar) hintereinander angeordneten Richtrollen bezogen auf die Bandlaufrichtung zumindest 15 % der (maximalen) Bandbreite, vorzugsweise zumindest 30 % der (maximalen) Bandbreite, besonders bevorzugt 50 % der (maximalen) Bandbreite beträgt.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen zwei (unmittelbar) hintereinander angeordneten Richtrollen zumindest 150 mm, vorzugsweise zumindest 300 mm beträgt.

10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen jeweils zwei (unmittelbar) hintereinander angeordneten Richtrollen bei allen vier Richtrollen vorgesehen ist.

11. Verfahren zum kontinuierlichen Streckbiegrichten von Metallbändern, wobei ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band um mehrere Richtrollen im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird und dabei eine plastische Streckung erfährt, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand in Bandlaufrichtung zwischen zumindest zwei Richtrollen variabel eingestellt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwerte für die Positionen der Richtrollen und/oder die Sollwerte für die Umschlingungswinkel des Bandes um die Richtrollen mit einem Rechenmodell bestimmt werden, welches zumindest Spannungen in Längs- und Querrichtungen berücksichtigt, als Rechenparameter die Banddicke, den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl, das zyklische Festigkeitsverhalten des Bandes, die Bandzugspannung, die Rollenradien und/oder die Geometrie des Bandlaufes um die Rollen und/oder die Sollwerte der Banddicke und/oder der Festigkeit, zum Beispiel der Streckgrenze, verarbeitet.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwerte mit dem Rechenmodell mit der Maßgabe bestimmt werden, dass die Restlängskrümmung und die Restquerkrümmung (in etwa) Null wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwerte mit dem Rechenmodell mit der Maßgabe bestimmt werden, dass die Restquerkrümmung (in etwa) Null wird und die Restlängskrümmung einen definierten Wert annimmt.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass nach einer oder mehreren Richtrollen, zum Beispiel nach der letzten Richtrolle, bevorzugt nach jeder Richtrolle, die Querwölbung des Bandes über die Bandbreite gemessen wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung der Position bzw. Umschlingungswinkel unter Berücksichtigung der erhaltenen Messwerte für die Querwölbung erfolgt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelung auf einem Rechenmodell basiert, welches zumindest Spannungen in

Längs- und Querrichtung berücksichtigt, als Rechenparameter die Banddicke, den Elastizitätsmodul, die Querkontraktionszahl, das zyklische Festigkeitsverhalten des Bandes, die Bandzugspannung, die Rollenradien und die Geometrie des Bandlaufes um die Rollen verarbeitet, und einer bestimmten Querwölbung eine Bandrestlängskrümmung bzw. Bandlängsquerkrümmung zugeordnet wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Rechenmodell oder die Rechenmodelle auf der Finite-Elemente-Methode basiert/basieren, wobei vorzugsweise anhand der maximal zu erwartenden oder vor dem Richten gemessen Bandunplanheit der optimale Streckgrad und/oder die optimalen horizontale Abstände der elastisch/plastisch wirkenden Richtrollen nach der Finite-Elemente-Methode berechnet werden, welche die minimalen Restunplanheiten ergeben.

19. Vorrichtung zum kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern (1) nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, mit zumindest vier Richtrollen (2), um welche ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band (1) im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird, und

mit zumindest einer Steuer- und/oder Regelvorrichtung, dadurch gekennzeichnet,

dass die Biegeradien an allen vier Richtrollen (2) jeweils einzeln und unabhängig voneinander einstellbar sind.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass alle vier Richtrollen (2) mit einer Regelvorrichtung verbunden und positionsgeregelt anstellbar sind.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass die Durchmesser einer oder mehrerer und vorzugsweise aller vier Richtrollen (2) 15 mm bis 150 mm, zum Beispiel 25 mm bis 80 mm betragen.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass von den vier Richtrollen (2) zumindest die letzten beiden Richtrollen (2), vorzugsweise die letzten drei Richtrollen (2) unmittelbar hintereinander ohne Zwischenschaltung weiterer Rollen angeordnet sind.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die vier Richtrollen (2) unmittelbar hintereinander ohne Zwischenschaltung weiterer Rollen angeordnet sind.

24. Vorrichtung zum kontinuierlichen Streckbiegerichten von Metallbändern nach einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, mit mehreren Richtrollen (2), um welche ein unter einer Zugspannung unterhalb der Elastizitätsgrenze stehendes Band (1) im plastischen oder elastisch-plastischen Bereich wechselseitig gebogen wird, insbesondere nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand zwischen zumindest zwei Richtrollen (2) in der Bandlaufrichtung (R) variabel einstellbar ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Position zumindest einer Richtrolle (2), vorzugsweise aller Richtrollen (2) entlang der Bandlaufrichtung (R) einstellbar ist.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest einer Richtrolle (2) eine benachbarte Umlenkrolle (4, 4a, 4b) vorgelagert und/oder nachgelagert ist, wobei die Umlenkrolle oder die Umlenkrollen (4, 4a, 4b) vorzugsweise zumindest den dreifachen Durchmesser,

besonders bevorzugt den zumindest zehnfachen Durchmesser der Richtrolle aufweisen.

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgelagerte Umlenkrolle (4, 4a) und/oder die nachgelagerte Umlenkrolle (4, 4b) eine konkave oder konvexe Rollenkontur aufweist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 26 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die vorgelagerte Umlenkrolle (4, 4a) und/oder die nachgelagerte Umlenkrolle (4, 4b) mit einer Rollenverbiegung in horizontaler und/oder vertikaler Richtung ausgerüstet ist.

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der ersten Richtrolle (2) eine Spannrolle oder Umlenkrolle, vorzugsweise eine konturvariable Spannrolle oder Umlenkrolle vorgelagert ist, welche von dem Metallband zum Beispiel um zumindest 120° umschlungen ist.

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Richtrollen (2) mittels Stellantrieben, zum Beispiel Spindelhubelementen, anstellbar sind.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 19 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass einzelne positionsanstellbare Richtrollen (2) oder mehrere jeweils positionsanstellbare Richtrollen (2) gemeinsam zusätzlich mit einer Schnellanstellung versehen sind.

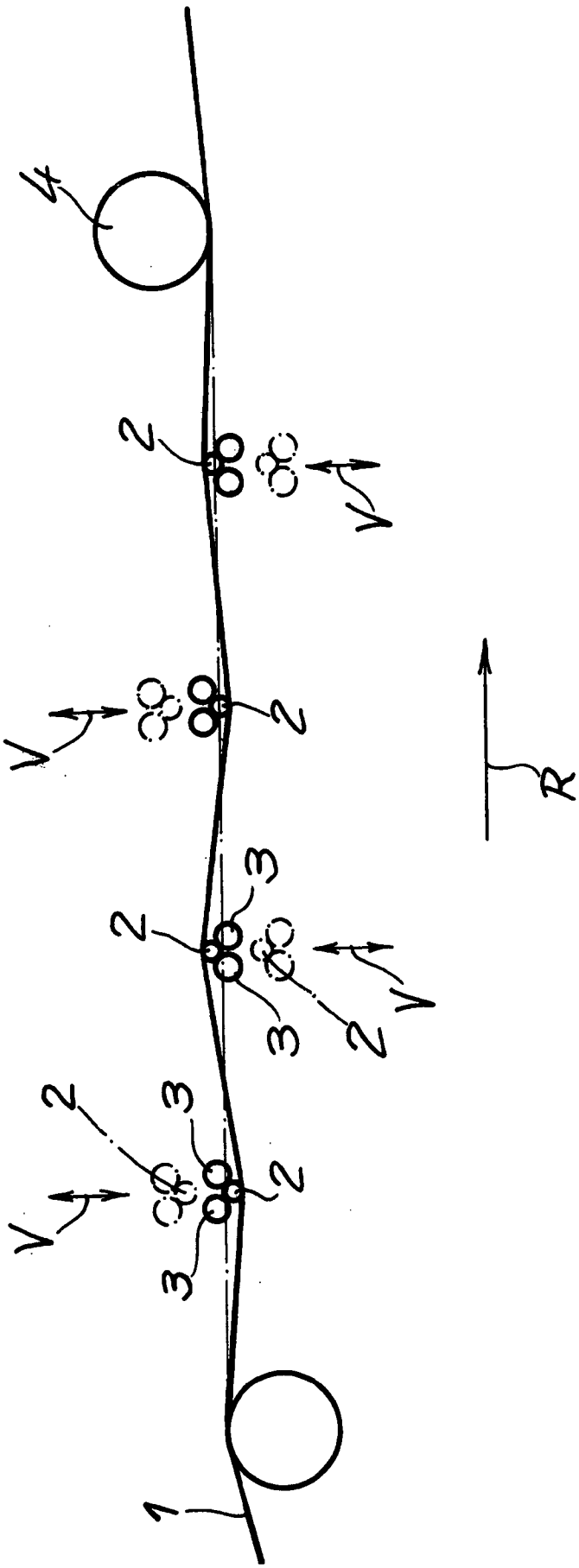


Fig.1

Fig.2

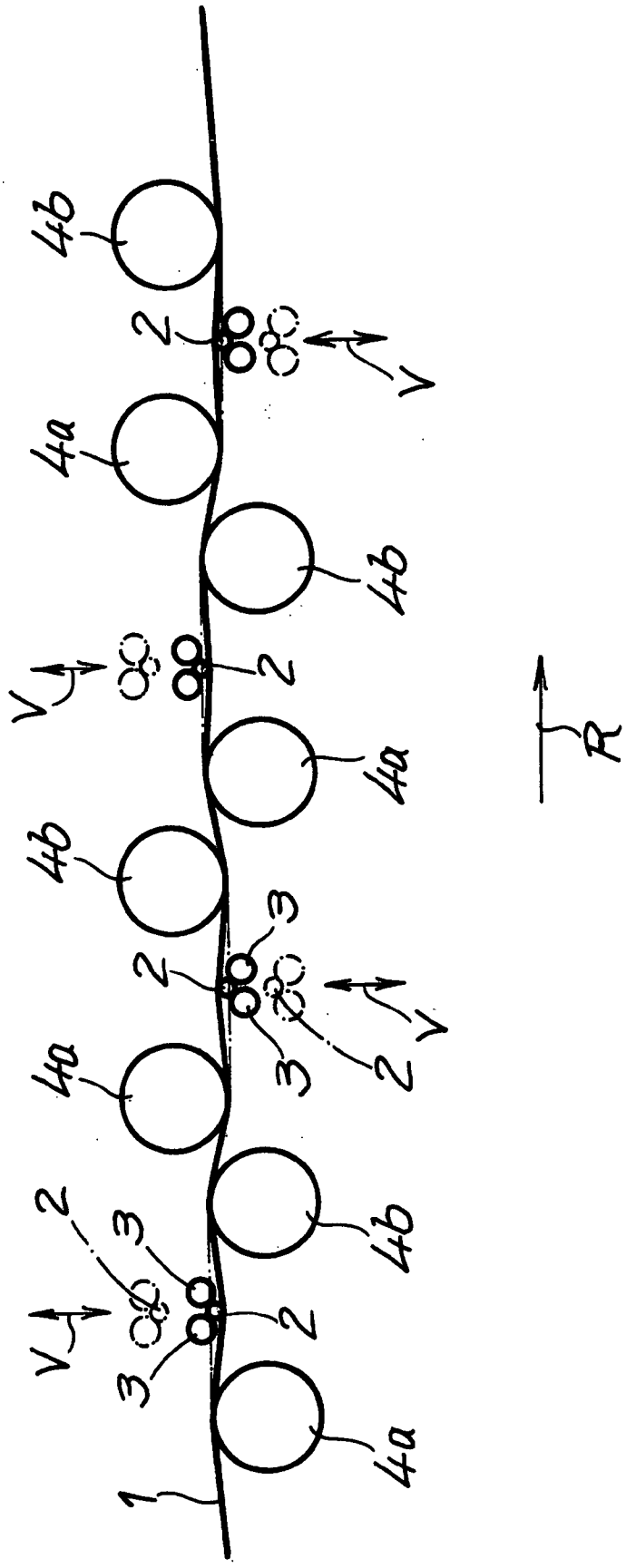


Fig.3

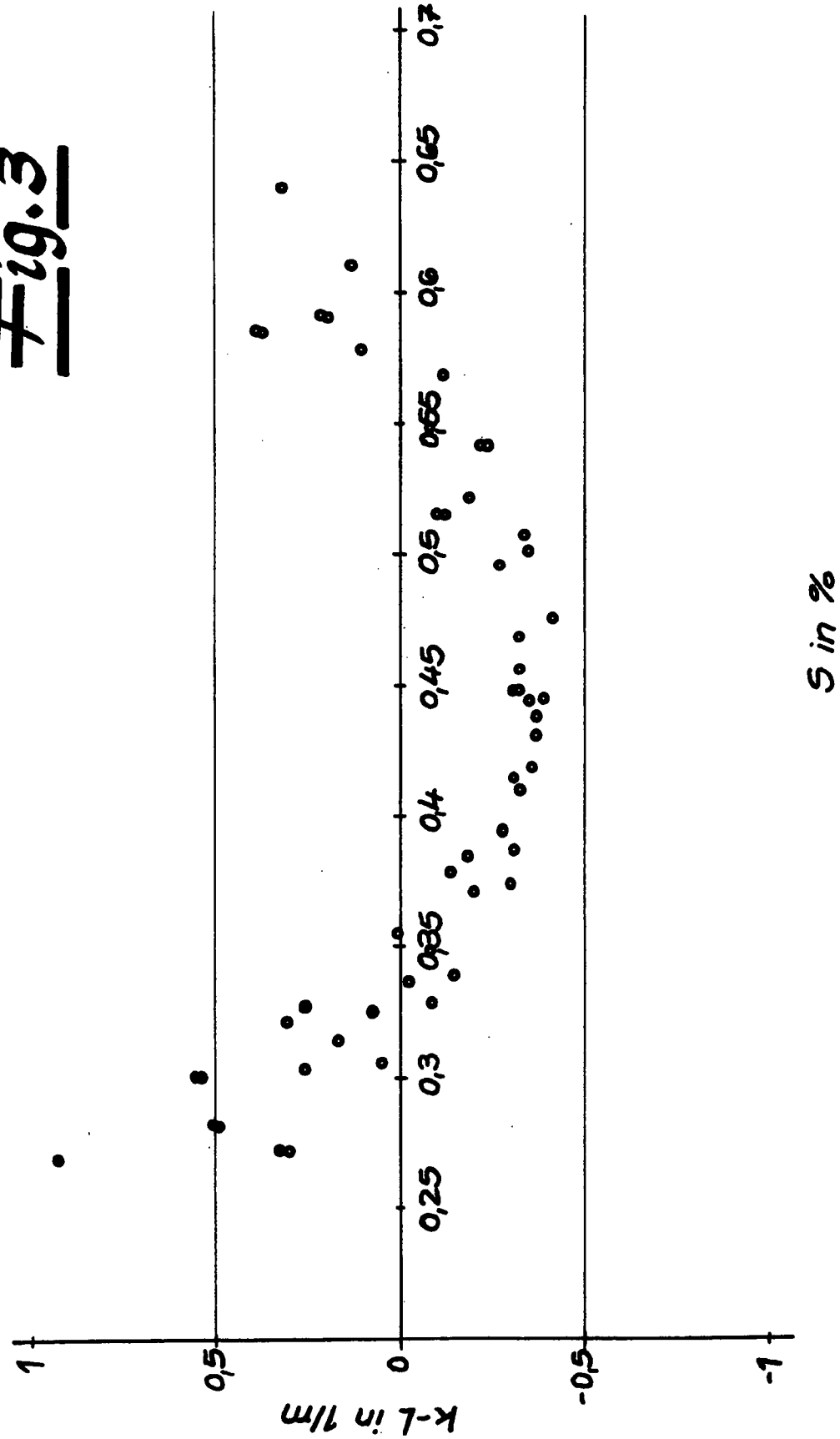
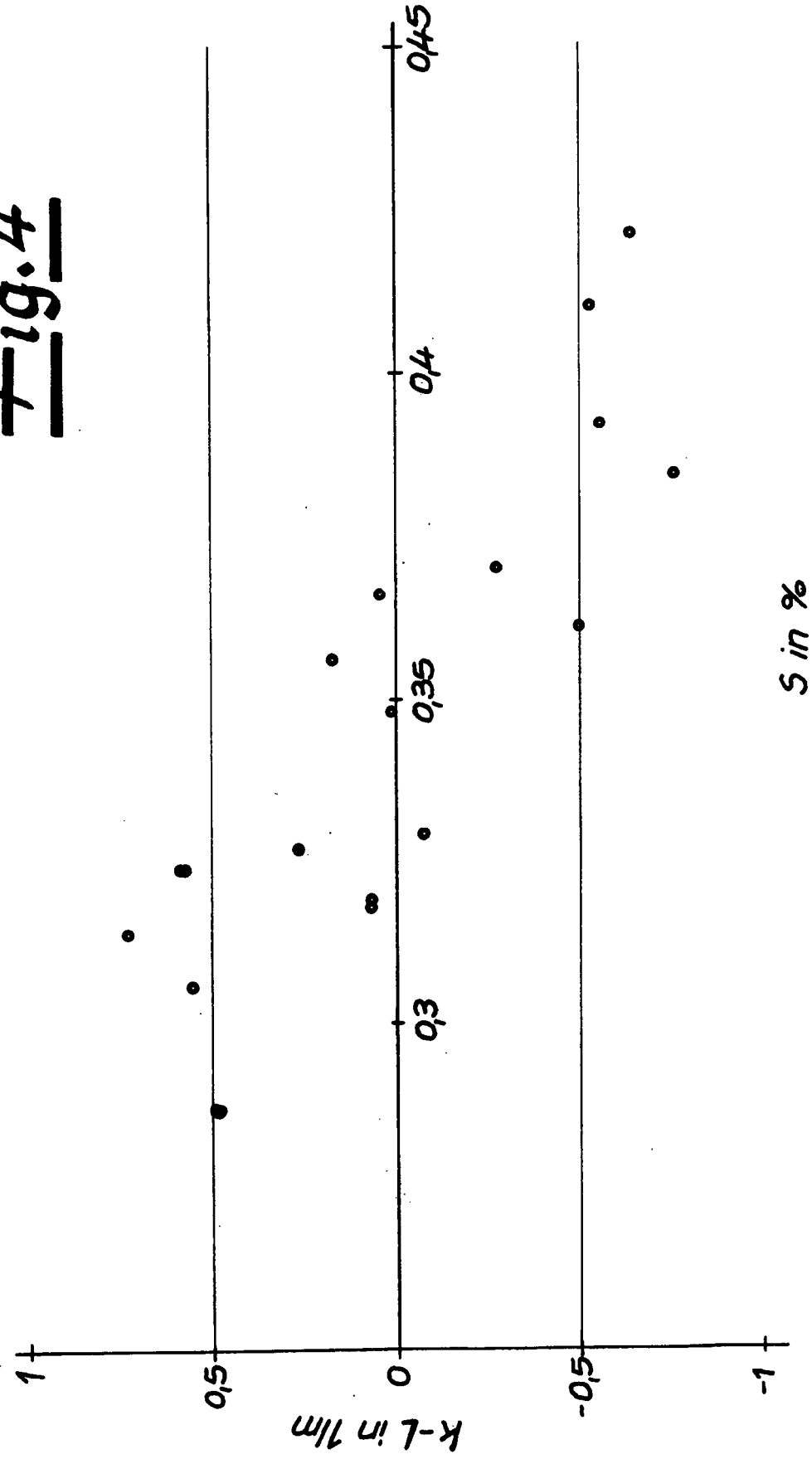


Fig.4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/063284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. B21D1/05
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B21D

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 767 014 A1 (KVAERNER CLECIM [FR] VAI CLECIM [FR]) 9 April 1997 (1997-04-09) cited in the application figures	1-31
X	JP 62 238022 A (NIPPON STEEL CORP) 19 October 1987 (1987-10-19) * abstract; figures	1-31
A	JP 5 177256 A (MIYAMOTO NORIYOSHI) 20 July 1993 (1993-07-20) * abstract; figures	1-31
A	EP 0 665 069 A1 (CLECIM SA [FR] KVAERNER METALS CLECIM [FR]) 2 August 1995 (1995-08-02) cited in the application	1-31

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

"E" earlier document but published on or after the international filing date

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 January 2011	21/01/2011

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Knecht, Frank

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/063284

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 298 852 A2 (CLECIM SA [FR]) 11 January 1989 (1989-01-11) cited in the application	1-31
A	EP 0 446 130 A1 (CLECIM SA [FR]) 11 September 1991 (1991-09-11) cited in the application	1-31
A	DE 27 50 752 A1 (BWG BERGWERK WALZWERK) 17 May 1979 (1979-05-17) cited in the application	1-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2010/063284

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0767014 A1	09-04-1997	DE 69608937 D1	27-07-2000
		DE 69608937 T2	01-03-2001
		DE 767014 T1	25-09-1997
		FR 2739578 A1	11-04-1997
		US 5758534 A	02-06-1998
JP 62238022 A	19-10-1987	JP 3012970 B	21-02-1991
JP 5177256 A	20-07-1993	NONE	
EP 0665069 A1	02-08-1995	DE 69514010 D1	27-01-2000
		DE 69514010 T2	08-06-2000
		FR 2715592 A1	04-08-1995
		JP 8033919 A	06-02-1996
		US 5666836 A	16-09-1997
EP 0298852 A2	11-01-1989	CS 8804887 A2	13-12-1990
		DE 3885019 D1	25-11-1993
		DE 3885019 T2	11-05-1994
		FR 2617744 A1	13-01-1989
		JP 1027718 A	30-01-1989
		JP 2650141 B2	03-09-1997
		US 4898013 A	06-02-1990
EP 0446130 A1	11-09-1991	AT 105746 T	15-06-1994
		DE 69101995 D1	23-06-1994
		DE 69101995 T2	22-12-1994
		FR 2659254 A1	13-09-1991
		JP 3105559 B2	06-11-2000
		JP 4224018 A	13-08-1992
		US 5127249 A	07-07-1992
DE 2750752 A1	17-05-1979	AT 361271 B	25-02-1981
		BE 871751 A1	01-03-1979
		FR 2408658 A1	08-06-1979
		GB 2007556 A	23-05-1979
		IT 1100083 B	28-09-1985
		JP 54072753 A	11-06-1979

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/063284

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B21D1/05
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B21D

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

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 767 014 A1 (KVAERNER CLECIM [FR] VAI CLECIM [FR]) 9. April 1997 (1997-04-09) in der Anmeldung erwähnt Abbildungen	1-31
X	JP 62 238022 A (NIPPON STEEL CORP) 19. Oktober 1987 (1987-10-19) * Zusammenfassung; Abbildungen	1-31
A	JP 5 177256 A (MIYAMOTO NORIYOSHI) 20. Juli 1993 (1993-07-20) * Zusammenfassung; Abbildungen	1-31
A	EP 0 665 069 A1 (CLECIM SA [FR] KVAERNER METALS CLECIM [FR]) 2. August 1995 (1995-08-02) in der Anmeldung erwähnt	1-31

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
12. Januar 2011	21/01/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Fax: (+31–70) 340–3016	Knecht, Frank

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/063284

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 298 852 A2 (CLECIM SA [FR]) 11. Januar 1989 (1989-01-11) in der Anmeldung erwähnt -----	1-31
A	EP 0 446 130 A1 (CLECIM SA [FR]) 11. September 1991 (1991-09-11) in der Anmeldung erwähnt -----	1-31
A	DE 27 50 752 A1 (BWG BERGWERK WALZWERK) 17. Mai 1979 (1979-05-17) in der Anmeldung erwähnt -----	1-31

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2010/063284

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 0767014	A1	09-04-1997	DE	69608937 D1	27-07-2000
			DE	69608937 T2	01-03-2001
			DE	767014 T1	25-09-1997
			FR	2739578 A1	11-04-1997
			US	5758534 A	02-06-1998
JP 62238022	A	19-10-1987	JP	3012970 B	21-02-1991
JP 5177256	A	20-07-1993	KEINE		
EP 0665069	A1	02-08-1995	DE	69514010 D1	27-01-2000
			DE	69514010 T2	08-06-2000
			FR	2715592 A1	04-08-1995
			JP	8033919 A	06-02-1996
			US	5666836 A	16-09-1997
EP 0298852	A2	11-01-1989	CS	8804887 A2	13-12-1990
			DE	3885019 D1	25-11-1993
			DE	3885019 T2	11-05-1994
			FR	2617744 A1	13-01-1989
			JP	1027718 A	30-01-1989
			JP	2650141 B2	03-09-1997
			US	4898013 A	06-02-1990
EP 0446130	A1	11-09-1991	AT	105746 T	15-06-1994
			DE	69101995 D1	23-06-1994
			DE	69101995 T2	22-12-1994
			FR	2659254 A1	13-09-1991
			JP	3105559 B2	06-11-2000
			JP	4224018 A	13-08-1992
			US	5127249 A	07-07-1992
DE 2750752	A1	17-05-1979	AT	361271 B	25-02-1981
			BE	871751 A1	01-03-1979
			FR	2408658 A1	08-06-1979
			GB	2007556 A	23-05-1979
			IT	1100083 B	28-09-1985
			JP	54072753 A	11-06-1979