

(19)



(11)

EP 3 271 092 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.06.2019 Patentblatt 2019/25

(51) Int Cl.:
B21B 37/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16709931.6**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/055525

(22) Anmeldetag: **15.03.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/146621 (22.09.2016 Gazette 2016/38)

(54) VERFAHREN ZUM HERSTELLEN VON METALLBÄNDERN

METHOD FOR PRODUCING METAL STRIPS

PROCÉDÉ DE FABRICATION DE BANDES MÉTALLIQUES

(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

- **BAUMGÄRTEL, Uwe**
57271 Hilchenbach (DE)
- **WACHSMANN, Ralf**
57076 Siegen (DE)

(30) Priorität: **16.03.2015 DE 102015204700**

(74) Vertreter: **Klüppel, Walter**
Hemmerich & Kollegen
Patentanwälte
Hammerstraße 2
57072 Siegen (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.01.2018 Patentblatt 2018/04

(73) Patentinhaber: **SMS group GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 481 742 EP-B1- 0 618 020
DE-A1- 19 851 554

(72) Erfinder:
• **SEIDEL, Jürgen**
57223 Kreuztal (DE)

EP 3 271 092 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Metallbändern in einer Walzanlage mit einer gewünschten Profilkontur gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 oder 3.

[0002] Hintergrund der vorliegenden Erfindung ist die Tatsache, dass die Anforderungen an die Setzgenauigkeit eines Profils eines Metallbandes zumindest an einzelnen vorgegebenen Bandbreitenpositionen, sogenannten Referenzpositionen, sowie auch an die Maßhaltigkeit der Profilkontur des Metallbandes steigen. Je nach geplante Einsatzgebiet eines Metallbandes werden z. B. parabelförmige Warmbandprofilkonturen mit einer vorbestimmten Profilhöhe an einer bestimmten Referenzposition erwartet, um die Weiterverarbeitung in einem nachgeschalteten Kaltwalzwerk (Tandemstraße) zu vereinfachen. Alternativ können auch Kastenprofile gefordert sein, d. h. Metallbänder mit einem in der Mitte flachen Querschnitt, welcher zu den Bandkanten hin stärker abfällt; diese Forderung wird beispielsweise an Metallbänder gestellt, welche später in Längsrichtung geteilt werden sollen. Dagegen werden konkave Bandprofile, d. h. Bandprofile, welche dickere bzw. erhöhte Kanten im Vergleich zu ihrem Mittenbereich haben, sowie Metallbänder mit Kantenwulsten üblicherweise nicht gewünscht.

[0003] Um die gewünschten Bandprofile möglichst präzise herstellen zu können werden im Stand der Technik bereits verschiedene Ansätze vorgeschlagen.

[0004] So offenbart die internationale Patentanmeldung WO 1995/034388 ein Erfassungssystem zum Erfassen des Profils eines Metallbandes am Ausgang einer Fertigwalzstraße. Das dort erfasste Bandprofil K wird mit einem vorgegebenen Zielprofil an dieser Position verglichen, und es wird der Einsatz von Profilstellgliedern vorgeschlagen, um die Abweichung des gemessenen Profils von dem Zielprofil bei nachfolgenden Bändern zu minimieren. Weiterhin erfolgt eine Entscheidung, ob eine gemessene Bandprofilform akzeptabel ist oder nicht und es werden Maßnahmen vorgeschlagen, z. B. Änderung der thermischen Crownform der Arbeitswalzen, um die Profiform gegebenenfalls zu verbessern.

[0005] Auch die EP 0 618 020 B1 ,auf der der Oberbegriff der Ansprüche 1 bzw. 3 basiert, zielt darauf ab, das Profil eines Metallbandes am Ausgang einer Warmbandstraße an eine vorgegebene Zielkontur anzupassen. Zu diesem Zweck werden mechanische Stellglieder so zum Einsatz gebracht, dass eine eventuell festgestellte Abweichung zwischen einer errechneten, d. h. prognostizierten Bandform und der vorgegebenen Zielkontur minimiert wird. Auch wird ein gemessenes Bandprofil C40 (an der Position 40 mm von der Bandkante) zur Korrektur bzw. zur Einstellung von Regelsystemen verwendet.

[0006] Weiterhin ist das Vorgehen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 oder/und 3 im Stand der Technik bekannt. Demnach werden ein Prognosewert für das Bandprofil und Einstellwerte für Profilstellglieder beim Walzen eines n'ten Metallbandes an einer vorbestimmten Referenzposition mit Hilfe eines mathematisch physikalischen Prozess-Modells simuliert und berechnet. Die Simulation erfolgt gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Restriktionen und Einsatz von verschiedenen Profil-Stellgliedern. Nach einem erfolgten Walzen des n'ten Metallbandes wird ein Adaptionswert berechnet auf Basis der Differenz zwischen dem besagten Prognosewert und einem gemessenen Ist-Wert für das Bandprofil des n'ten Metallbandes an der besagten Referenzposition. Bei der Referenzposition handelt es sich um eine vorbestimmte Bandbreitenposition gemessen von der Naturkante des Metallbandes, beispielsweise 25 oder 40 mm. Nach dem Stand der Technik wird der besagte Prognosewert und der besagte Adaptionswert lediglich an einer einzigen Referenzposition bestimmt bzw. vorgegeben, um auf dieser Basis einzelne Zielvorgaben für das Bandprofil des Metallbandes zu definieren.

[0007] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren zum Herstellen von Metallbändern in einer Walzanlage dahingehend weiterzubilden, dass - bei der zukünftigen Herstellung von Metallbändern - eine genauere Prognose der Profilkontur des Metallbandes über der Breite sowie eine genauere Einstellung von Profilstellgliedern der Walzanlage möglich ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das in Patentanspruch 1 und 3 beanspruchte Verfahren gelöst.

[0009] Beim dem Verfahren nach Anspruch 1 wird der Prognosewert für die Profilkontur im Rahmen der Simulation des Walzprozesses vor dem Walzen des Metallbandes berechnet. Im Unterschied dazu wird der Prognosewert gemäß dem Verfahren nach Anspruch 3 nicht in der Simulation vor dem Walzen, sondern durch eine Nachberechnung nach dem erfolgten Walzen des Metallbandes berechnet.

[0010] Anders ausgedrückt: Alternativ kann es sich bei der Adaptionswertberechnung je nach Adaptionsphilosophie bei dem Prognosewert gemäß Anspruch 1 um den im Rahmen der Simulation des Walzprozesses errechneten Wert des Profils mit Verwendung von Presetwerten (erwartete Walzkraft etc.) oder gemäß Anspruch 3 um das Ergebnis einer Nachrechnung mit Ist-Bedingungen (gemessene Walzkraft etc.) handeln.

[0011] Grundsätzlich wird bei beiden Verfahren angestrebt, dass die berechneten Prognosewerte mit den vorgegebenen Zielwerten übereinstimmen; aufgrund von prozess- oder analgenspezifischen Besonderheiten kann es jedoch vorkommen, dass die Prognosewerte nicht genau, sondern nur näherungsweise mit den Zielwerten übereinstimmen.

[0012] Die Berechnung der Prognosewerte für die Bandprofile an den verschiedenen Referenzpositionen bi erfolgt bei gleicher Einstellung der Profilstellglieder. Dies gilt in beiden beanspruchten Verfahren.

[0013] Der Begriff "Metallband" schließt auch Metallblech mit ein.

[0014] Der Begriff "Walzanlage" schließt sowohl Einzelgerüste, beispielsweise Grobblechgerüste, Steckel- oder Twin-Steckel-Gerüste etc., aber auch ganze Fertigwalzstraßen mit ein.

[0015] Der Begriff "Referenzposition bi " bezeichnet vorzugsweise einen Unterfall der allgemeinen Positionen m in Breitenrichtung des Metallbandes. Während normale Bandbreitenpositionen durch ihren jeweiligen Abstand von der Mitte des Metallbandes in Breitenrichtung definiert werden, werden Referenzpositionen durch einen jeweils vorgegebenen Abstand von der Bandkante oder Naturkante des Metallbandes definiert. Für genormte Referenzpositionen, z. B. 25 mm, 40 mm oder eine andere Referenzposition, z. B. 100 mm von der Naturkante des Metallbandes werden typischerweise Werte für die Profilkontur vorgegeben, z. B. als C25-, C40- oder C100-Werte. Die Referenzpositionen sind für verschiedene Bandbreiten bzw. für alle Metallbänder vorzugsweise gleich. Ob es sich bei den C...-Werten um Zielwerte, Prognosewerte oder Adaptionenwerte handelt, ergibt sich jeweils aus dem Zusammenhang.

[0016] Der Begriff "Prozessmodell" meint ein mathematisches / physikalisches Modell zur Simulation eines Walzprozesses. Es ist insbesondere geeignet, Prognosewerte und Profilkonturen für das Metallband sowie die Einstellwerte von Profilstellgliedern zu berechnen. Das Prozessmodell wird auch als "Profile Contour and Flatness Control" PCFC bezeichnet.

[0017] Der Begriff "berechneter Wert" meint "Prognosewert". Analog meint "berechnete Kontur" "prognostizierte Kontur".

[0018] Der Begriff "späteres Herstellen" oder "zukünftiges Herstellen" meint ein Herstellen bzw. Walzen zeitlich nach der Ermittlung des neuen Adaptionenwertes für das mindestens n 'te Metallband. Das spätere Herstellen kann sich auf weitere Längsabschnitte desselben n 'ten Metallbandes oder auf ein komplett neu herzustellendes Metallband $n+x$ beziehen.

[0019] Der Begriff " $n+x$ " mit $x=1, 2, 3, \dots$ etc $x \in \mathbb{N}$ bezeichnet ein zukünftig nach dem n 'ten Metallband hergestelltes bzw. herzustellendes Metallband. So bezeichnet beispielsweise $n+2$ das zweite nach dem n 'ten Metallband herzustellende, insbesondere zu walzende Metallband.

[0020] Das jeweils zukünftig zu walzende Band wird also allgemein für die entsprechende Preset-Berechnung jeweils $n+x$ bezeichnet. Hierbei werden die zuvor berechneten Adaptionenwerte verwendet.

[0021] Die Begriffe "Profilkontur" und "Bandprofil", jeweils in Breitenrichtung des Metallbandes gesehen, werden gleichbedeutend verwendet.

[0022] Der Kerngedanke der vorliegenden beanspruchten Erfindung besteht darin, dass ein Adaptionenwert als Differenz zwischen einem gemessenen Ist-Wert und einem errechneten, d. h. prognostizierten Wert für die Profilkontur des Metallbandes nicht nur, wie im Stand der Technik bisher üblich, an nur einer (Zahlwert) bestimmten Referenzposition, sondern an einer Mehrzahl von Referenzpositionen ermittelt wird. Hiermit ist vorteilhafterweise eine Bandkonturadaption möglich. Diese Mehrzahl von ermittelten Adaptionenwerten über der Bandbreite kann/können bei der Berechnung und Einstellung der Profilstellglieder und bei der Berechnung der Profilkontur bzw. bei der Berechnung der Prognosewerte für die zukünftig zu walzende Metallbänder berücksichtigt werden. Durch das Vorsehen der Mehrzahl von Adaptionenwerten und aufgrund genauerer Kenntnis der Profilkontur können die Profilstellglieder vorteilhafterweise genauer im Hinblick auf die angestrebten Zielwerte für einen weiten Längsabschnitt des n 'ten Metallbandes oder für die Profilkontur des $n+x$ 'ten Metallbandes bzw. die Profilkontur bei zukünftig zu walzenden Metallbändern eingestellt werden. Auch die Berechnung von Prognosewerten für die Profilkontur ist damit für das $n+x$ 'te Metallband, d. h. für zukünftig zu walzende Metallbänder genauer möglich.

[0023] Gemäß einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel wird bei der Ermittlung der Adaptionenwerte an den Referenzpunkten bi zwischen Kurzzeitadaptionenwerten und Langzeitadaptionenwerten unterschieden. Dies ermöglicht es vorteilhafterweise, dass das an mindestens einem Band n Gelernte für ein später zu walzendes Band $n+x$ genutzt wird, denn gleiche Profilkonturabweichungen zwischen gemessenen und prognostizierten Profilkonturwerten treten bei einem Folgebund oder bei einem später unter ähnlichen Bedingungen gewalzten Band immer wieder recht häufig auf.

[0024] Die Berechnung des Kurzzeitadaptionenwertes erfolgt gemäß der Formel:

$$\Delta C(n)bi = \Delta C_K(n)bi = \Delta C_K(n-x)bi + [C_{Ist}(n)bi - C_P(n)bi]$$

mit K: Kurzzeitadaption und

$\Delta C_K(n-x)bi$: Alter Kurzzeitadaptionenwert

$C_{Ist}(n)bi$: Gemessener Ist-Wert für die Profilkontur des n 'ten Bandes

$C_P(n)bi$: Errechneter Prognosewert bzw. errechnetes Bandprofil

$x=1, 2, 3 \dots$

n : betreffendes Metallband

[0025] Bei Anwendung dieser Formel für den Kurzzeitadaptionwert wird der Summand $\Delta C_K(n-x)$ bei Neustart eines Walzprozesses, z. B. nach einem Arbeitswalzenwechsel, mit z. B. 0 oder einem anderen typischen Anfangswert vorbesetzt. Der Kurzzeitadaptionwert berechnet sich dann als Summe aus dem Anfangswert und der Differenz zwischen dem Ist-Wert $C_{Ist}(n)$ für die Profilkontur und dem Prognosewert $C_P(n)$ des n'ten Metallbandes an der Referenzposition b_i .

[0026] Der Langzeitadaptionwert ΔC_L bei an einer Referenzposition b_i ergibt sich durch Ausführen folgender Schritte:

Ermitteln der Adaptionwerte durch Wiederholen der Schritte a) bis f) nach Anspruch 1 oder 3 an der Mehrzahl I von Referenzpositionen b_i für eine Mehrzahl von vordem n+x'ten Metallband gewalzten Metallbändern einer Adaptiongruppe; und

Berechnen der Langzeitadaptionwerte ΔC_L bei durch Bildung der Mittelwerte der Adaptionwerte oder Bildung der Mittelwerte der Differenzen zwischen Ist-Werten und Prognosewerten für die Profilkontur für die Mehrzahl von Metallbändern jeweils an einer der Referenzpositionen b_i .

[0027] Für die Bestimmung des Prognosewertes $C_P(n+x)$ bei des Metallbandes n+x gemäß Anspruch 1 oder 3 wird gegebenenfalls der Langzeitadaptionwert ΔC_L bei aus der entsprechenden Adaptiongruppe entnommen, zu der das Metallband n+x gehört.

[0028] Anders ausgedrückt kann sich auch der Langzeitadaptionwert aus einer Mittelwertbildung der Gesamtadaptionwerte (Langzeit- und Kurzzeitadaptionwert) von j Bändern, die der gleichen Adaptiongruppe in der Vergangenheit gewalzt worden sind, ergeben.

[0029] Die maximal herangezogene Anzahl in der Vergangenheit gewalzter Bänder j kann z.B. 100 oder 50 betragen und ist frei festlegbar. Die Differenz bei einem Band wirkt sich auf den Langzeitadaptionwert also nur zu einem j-ten Teil aus. Der ermittelte Langzeitadaptionwert kann bei der PCFC-Preset-Berechnung zu 100% oder nur zu einem Teil, abhängig von frei festlegbaren Randbedingungen, verwendet werden.

[0030] Die Definition und die Berechnung des Langzeitadaptionwertes $\Delta C_L(n)$ bei können die Kenntnis des Kurzzeitadaptionwertes $\Delta C_K(n)$ bei voraussetzen. Demgegenüber kann in Ausnahmefällen der Kurzzeitadaptionwert auch alleine verwendet werden.

[0031] Alternativ zu dem Langzeit- und/oder Kurzzeitadaptionwert kann auch ein Gesamtadaptionwert zur Ermittlung der Einstellwerte der Profilstellglieder und zur Bandkonturbestimmung an den Referenzpunkten b_i gemäß Anspruch 6 ermittelt werden. Dieser Gesamtadaptionwert berechnet sich dann als Summe aus dem Kurzzeitadaptionwert und dem Langzeitadaptionwert jeweils an einer Referenzposition b_i .

[0032] Wie sich die Adaptionwerte, gerechneten Profilwerte und Messwerte etc. an einer Referenzposition von Band zu Band für 4 Bänder der gleichen Langzeitadaptiongruppe verhalten können, wird in dem nachfolgenden Beispiel verdeutlicht:

Langzeit-adaption	Kurzzeit-adaption	Summen-adaption	Zielprofil	Preset-Bandprofil	Bandprofil	Gemessenes Bandprofil	Adaption für's nächste Band	
					ohne Adaption		Kurzzeit	Langzeit
μm	μm	μm	μm	μm	μm	μm	μm	μm
-5.0	0	-5	40	40	45	53	13	-4.9
-4.9	13	8	40	40	32	44	17	-4.8
-4.8	17	12	40	40	28	41	18	-4.7
-4.7	18	13	40	40	27	40

[0033] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel können der ermittelte Kurzzeitadaptionwert, der ermittelte Langzeitadaptionwert oder der ermittelte Summenadaptionwert bei der Berechnung zur Voreinstellung der Profilstellglieder entweder zu 100 % oder nur zu einem gewünschten Teil verwendet werden. Der gewünschte Anteil kann abhängig von frei festlegbaren Randbedingungen gewählt werden. Je nach gewählter Gewichtung, z. B. 33 oder 50 % wird der Adaptionseffekt gedämpft bzw. geglättet. Die Änderung des Kurzzeitadaptionwertes von Band zu Band kann durch einen Maximalwert, z. B. 10 μm , begrenzt werden, um eventuelle einzelne Messfehler nicht zu hoch zu gewichten. Auch kann der Kurzzeitadaptionwert ofenabhängig oder abhängig von anderen Prozessgrößen sein. Der Kurzzeitadaptionwert bezieht sich i. d. R. auf die Profildifferenzen des letztens Bandes n. In Ausnahmefällen kann z. B. die Profildifferenz auf das vorletzte Band bezogen sein. Dann entspricht n dem Band n-1 bzw. allgemein n-x.

[0034] Die erfindungsgemäß berechneten Adaptionwerte an den einzelnen Breitenpositionen b_i des Metallbandes können vorteilhafterweise auch dazu verwendet werden, die Adaptionkontur des Metallbandes zu ermitteln, indem die einzelnen vorhandenen Adaptionwerte mit mindestens einer geeigneten Ansatzfunktion miteinander zur Adaptionkontur verbunden werden. Die Adaptionkontur kann durch die I für das Metallband n+x ermittelten Adaptionwerte $\Delta C(n+x)$ bei geführt werden oder die Adaptionkontur läuft je nach Ansatzfunktion bzw. Glättungsfunktion dicht an den Adaptionwerten vorbei (Approximation). Eine Ansatzfunktion wird also zur Verbindung von Adaptionswerten, Interpo-

lation, Glättung, Extrapolation oder Approximation verwendet und beispielsweise so bezeichnet. Adaptionswerte liegen in der Regel an mindestens zwei Referenzpositionen b_i vor, und vorzugsweise liegt mindestens ein weiterer Adaptionkonturwert an einer weiteren Bandbreitenposition m vor, bei der es sich nicht um eine Referenzposition handelt. Weitere Bandbreitenpositionen werden typischerweise durch das Prozessmodell vorgegeben. Je nachdem für welche Bandbreitenpositionen die Adaptionswerte bekannt sind, kann die Adaptionkontur entweder nur über einem begrenzten Abschnitt bzw. Bereich oder über der gesamten Breite des Metallbandes ermittelt werden. Die Dichte der bekannten Adaptionswerte kann in einzelnen Bereichen über der Breite des Metallbandes unterschiedlich sein. Vorzugsweise ist die Dichte der bekannten Adaptionswerte im Randbereich des Metallbandes, dort vorzugsweise an den Referenzpositionen, größer als in dem Mittenbereich, auch Bodybereich genannt. Dies liegt darin begründet, dass die Anforderungen an die Genauigkeit der Profilkontur im Randbereich oftmals höher sind als im Mittenbereich. Ist für einen extremen Sonderfall jeder geglättete Messpunkt, den ein Profilmessgerät liefert, ein Adaptionspunkt b_i , so kann die Adaptionkontur auch ohne weitere Bestimmung von einer Interpolationsfunktion ermittelt werden; in diesem Fall besteht die Adaptionkontur einfach in der benachbarten Abfolge der Vielzahl von Adaptionswerten. Im Regelfall beträgt die maximale Anzahl l von Bandbreitenpositionen, insbesondere Referenzpositionen, jedoch weniger als 10.

[0035] Gemäß einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die besagte und ermittelte Adaptionkontur für das $n+x$ 'te Metallband mit einer von dem Prozessmodell prognostizierten, nicht adaptierten berechneten Profilkontur addiert, um im Ergebnis eine adaptierte Profilkontur für das $n+x$ 'te Metallband zu erhalten.

[0036] Die Ermittlung der Ansatzfunktionen bzw. Interpolationsfunktionen der Adaptionkontur oder der adaptierten Profilkontur kann unterschiedlich für unterschiedliche Breitenabschnitte des Metallbandes erfolgen. Ein erster Breitenabschnitt kann beispielsweise in dem mittleren Breitenbereich und zweiter Breitenabschnitt oder weitere Breitenabschnitte können beispielsweise im Randbereich, auch genannt Kantenbereich des Metallbandes liegen.

[0037] Bei zwei Breitenabschnitten, die in Breitenrichtung aneinandergrenzen, werden die Ansatzfunktionen bzw. wird die Adaptionkontur oder die adaptierte Profilkontur über den beiden Breitenabschnitten vorzugsweise so gewählt, dass die Konturverläufe an der Grenze von einem zum anderen Bandabschnitt stetig differenzierbar sind, insbesondere eine gleiche Steigung haben. Durch diese Bedingung wird vermieden, dass die Konturen an der Grenze zwischen den beiden Bandabschnitten einen Knick aufweisen; stattdessen gehen sie dann glatt ineinander über.

[0038] Die Adaptionkontur oder die adaptierte Profilkontur über einem Breitenabschnitt des Metallbandes können in einen benachbarten Breitenabschnitt hinein extrapoliert werden zum Ermitteln einer extrapolierten adaptierten Adaptionkontur oder einer extrapolierten adaptierten Profilkontur über dem benachbarten Breitenbereich, insbesondere wenn dort keine Adaptionswerte oder gemessenen Profilkonturwerte bekannt sind.

[0039] Die besagte mindestens eine Ansatzfunktion bzw. Approximationsfunktion oder Interpolationsfunktion zur Verbindung einzelner Adaption- oder Profilkonturwerte oder die besagte Extrapolationsfunktion können aus einer linearen Funktion, einer Polynomfunktion beliebiger Ordnung, einer Exponentialfunktion, einer trigonometrischen Funktion, einer Splinefunktion oder einer Kombination von verschiedenen Funktionen gebildet sein. Auch die Ansatzfunktionen bzw. Interpolationsfunktionen können für verschiedene Breitenabschnitte des Metallbandes unterschiedlich sein.

[0040] Anstelle des gemessenen Ist-Wertes der Profilkontur des Metallbandes an der Referenzposition b_i kann auch ein Mittelwert aus gemessenen Ist-Werten an den spiegelbildlichen Referenzpositionen b_i auf der rechten und linken Hälfte des Metallbandes - in Walzrichtung gesehen - verwendet werden. Dabei fungiert die fiktive Ebene, auch Breitenebene genannt, auf halber Breite bzw. Breitenhöhe des Metallbandes, die sich in Längsrichtung des Metallbandes erstreckt, als Spiegelebene.

[0041] Die adaptierten Profilkonturwerte oder die adaptierte Profilkontur können zunächst auch nur für eine Bandhälfte, z. B. die Bandhälfte auf der Bedienseite ermittelt werden und nachfolgend für die andere Bandhälfte, z. B. für die Bandhälfte auf der Antriebsseite gespiegelt werden.

[0042] Der gemessene Ist-Wert der Profilkontur kann als direkter Messwert an der Referenzposition b_i oder als ein durch eine Ausgleichsfunktion über der Breite, beispielsweise eine Messwert-Interpolationsfunktion, geglätteter Profilmesswert verwendet werden.

[0043] Die gemessenen Ist-Werte $C_{Ist}(n)b_i$ bei der Profilkontur können an einer definierten Bandlängenposition ermittelt oder über einer Bandsegmentlänge gemittelt oder über einer gesamten Bandlänge gemittelt werden.

[0044] Vorteilhafterweise wird die erfindungsgemäß ermittelte adaptierte Profilkontur im Hinblick auf Profilanomalien, wie beispielsweise Bandwulste, d. h. unerwünschte Verdickungen im Bandkantenbereich, oder steile Bandprofilabfälle, insbesondere im Kantenbereich des Metallbandes analysiert. Die Analyse erfolgt vorzugsweise online bzw. in einem Echtzeitbetrieb. Dann können die Profilstellglieder geeignet eingestellt werden, um die besagten Profilanomalien bei nachfolgend gewalzten Abschnitten in Längsrichtung desselben Metallbandes oder bei nachfolgend gewalzten Metallbändern aktiv zu bekämpfen bzw. zu reduzieren.

[0045] Ohne Nutzung der erfindungsgemäßen Adaptionkontur kann es vorkommen, dass Metallbänder mit normalen Profilkonturen errechnet werden, und dass sich aber in der Praxis dennoch Bandwulste an den Kanten ausbilden. Die erfindungsgemäß ermöglichte Ermittlung der Adaptionkontur und die dadurch ermöglichte Ermittlung einer präziseren adaptierten Profilkontur eröffnet neue Möglichkeiten der verbesserten Ermittlung der Profilkontur. Wird z. B. für ein

Metallband eine Kantenwulsthöhe errechnet, die höher ist als ein zulässiger Schwellenwert, so wird von dem Prozessmodell im Rahmen von zulässigen vorgegebenen Profilmiveaugrenzen zwischen beispielsweise C40-Ziel_{min} und C40-Ziel_{max} das Bandprofilniveau 40 mm entfernt von der Naturkante des Metallbandes automatisch auf einen Wert gesetzt, in der Regel angehoben, so dass die maximale zulässige Wulsthöhe nicht überschritten bzw. reduziert wird oder/und es erfolgt ein gezielter Einsatz von Profilstellgliedern (z. B. Walzenverschiebung etc.) um die Wulsthöhe zu vermindern.

[0046] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche, insbesondere der Ansprüche 21 bis 23.

[0047] Unter Ausnutzung des Materialquerflussverhaltens kann ergänzend in zwei Schritten das Bodybandprofil, d. h. die Profilkontur im Mittenbereich des Metallbandes, und das Kantenbandprofil unter Nutzung der Konturadaption genauer eingestellt werden. Zunächst werden die Profilstellglieder im vorderen Bereich der Walzanlage bzw. bei den ersten Stichen eines Reversierwalzwerkes so eingesetzt, dass sich das Bodyprofil einstellt. Im zweiten Schritt werden die Profilstellglieder für die hinteren Gerüste oder letzten Stiche so eingestellt, dass das nominelle Profil an der Bandkante ebenfalls eingestellt bzw. so eine Gesamtkontur geformt (designed) wird.

[0048] Es sind also mehrere Zielprofilwerte für verschiedene Breitenpositionen vorgebar, die alle eingestellt oder/und die in bestimmten Grenzen gehalten bzw. überwacht werden. Beispielsweise kann durch ein erweitertes Prozessmodell ein Zielprofilwert C25 = 30µm im Randbereich eingestellt oder die Abweichung minimiert werden und gleichzeitig für einen Zielprofilwert im Bodybandbereich die Grenze C100 > 15µm einhalten werden.

[0049] Es kann bei der Setzstrategie der Profilverwert im Bandkantenbereich z.B. C25 oder alternativ der Bodybandprofilwert z.B. C100 als primäres Ziel variabel und von Band zu Band unterschiedlich vorgegeben werden. Zweckmäßigerweise werden (wie beschrieben) an diesen Referenzpunkten die Bandkonturwerte bzw. die Bandkonturen adaptiert.

[0050] Die adaptierte Profilkonturfunktion, bestehend aus m_{max} Profilkonturwerten C(n+x)m wird vorteilhafterweise bezüglich Bandprofilanomalien analysiert, und mittels des Prozessmodells wird die Information der analysierten Fertigungskonturfehler mittels nicht näher beschriebenen Übertragungsfunktionen oder Wichtungsfaktoren auf die Berechnung der Zwischengerüst- oder Zwischenstichkonturen übertragen. Alternativ oder zusätzlich werden die ermittelten Adaptionswerte an den Positionen bi mittels nicht näher beschriebenen Übertragungsfunktionen oder Wichtungsfaktoren auf die Berechnung der Zwischengerüst- oder Zwischenstichkonturen übertragen.

[0051] Die genaue quantitative Kenntnis des Ortes der Bandkonturanomalien (Wulsthöhe, Wulstbreite, Kantenabfall zwischen zwei definierten Profilmittelpunkten (z.B. C25-C100) sowie Profilaabweichungen in dem mittleren Bandbereich (bzw. an C100, C125, C150 oder C200) erlauben also eine gezielte Analyse, ob Bandkonturfehler an der Kante, im mittleren Bereich oder in beiden Bereichen auftreten. Mit dieser Kenntnis werden in einer Profil- und Planheitsberechnung iterativ die Profilstellglieder der verschiedenen Gerüste gezielter eingesetzt, um Bandprofilanomalien zu vermeiden oder zu reduzieren.

[0052] Hierdurch lassen sich Profilstellglieder, wie z.B. variable Arbeitswalzenkühlssysteme, Zonenkühlung oder lokale Walzenerwärmung zur Beeinflussung des thermischen Crowns, eine Arbeitswalzenverschiebung in Verbindung mit Walzenschliffen (Spezial-Walzenschliffe zur Bekämpfung von Bandwulsten ("Anti-Wulst-Walze") oder zur Bekämpfung von Bandkantenabfällen ("Tapered Roll"), CVC-Walzen, CVC-Walzen mit einem Schliff höherer Ordnung bzw. Polynom n-ter Ordnung bzw. trigonometrische Funktionen), Bandkantenheizungen, Bandzonenkühlungen, Arbeitswalzenbiegungen und/oder Gerüste mit Pair-Cross-Funktion einsetzen. Neben den mechanischen und thermischen Profilstellgliedern wird ggf. auch die Walzkraftumverteilung zur Konturbeeinflussung gezielt verwendet.

[0053] Der Beschreibung sind insgesamt 5 Figuren beigelegt, wobei

Figur 1 die Profilkontur eines Metallbandes mit zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Begriffsdefinition;

Figuren 2.1, 2.2 und 2.3 eine Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figur 3 eine erste Möglichkeit zur Reduzierung eines unerwünschten Wulstes am Rand des Metallprofils auf Basis des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Figuren 4.1 und 4.2 eine zweite Möglichkeit zur Reduzierung von unerwünschten Wulsten am Rand des Metallbandes; und

Figur 5 die Einstellung der Profilkontur des Metallbandes durch Vorgabe von Zielwerten an mehreren Referenzpositionen

veranschaulicht.

[0054] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die genannten Figuren in Form von Ausführungsbeispielen detailliert beschrieben.

[0055] Figur 1 zeigt einen Querschnitt, d. h. die Profilkontur eines Metallbandes eingetragen in ein Koordinatensystem, wobei auf der Abszisse die Bandbreitenposition m bzw. b_i und auf der Ordinate ein Profilwert für die Profilkontur eingetragen ist. Das Koordinatensystem ist so an die gewölbte Profilkontur angelegt, dass es in der Breitenmitte auf die gewölbte Profilkontur aufgelegt ist. Positive Werte für die Bandbreitenposition erstrecken sich in Figur 1 nach rechts und negative Werte für die Bandbreitenposition erstrecken sich in Figur 1 nach links, jeweils in Breitenrichtung des Metallbandes. Einzelne Profilwerte, die jeweils konkreten Positionen in Breitenrichtung des Metallbandes zugeordnet sind, bezeichnen die Abweichung der Profilkontur von einer rechteckförmigen Profilkontur, wie sie durch die horizontale Abszisse m/b_i repräsentiert wird. Die Profilwerte werden dementsprechend ausgehend von der Abszisse senkrecht nach unten abgetragen und mit positiven Vorzeichen angegeben. Anders ausgedrückt: Die Profilwerte beschreiben insbesondere die Wölbung des Metallbandes an einer bestimmten Bandbreitenposition gegenüber der Mitte des Metallbandes. Der Profilwert CL ist in Figur 1 mit $CL=0$ vorgegeben, weil dieser Profilwert den Ursprung des Koordinatensystems bildet.

[0056] In Figur 1 sind zunächst zwei Profilkonturen zu erkennen, nämlich zum einen eine gemessene Profilkontur, in Figur 1 dargestellt als gestrichelte Linie. Darüber hinaus ist als durchgezogene Linie eine z. B. prognostizierte Profilkontur ohne Adaption zu erkennen, die mit Hilfe eines Prozessmodells berechnet wurde. Die prognostizierte Profilkontur, wie in Figur 1 gezeigt, ist noch nicht adaptiert im Sinne der Erfindung, wie nachfolgend noch beschrieben wird.

[0057] Kerngedanke der vorliegenden Erfindung ist eine Adaption der prognostizierten Profilkontur bzw. eine Adaption der Profilkonturwerte, auch Prognosewerte $C_P(n)b_i$ genannt, des n 'ten Metallbandes, jeweils an einer Mehrzahl von Bandbreitenpositionen b_i mit $i=1,2,3$ usw., in Figur 1 an den Positionen $b_i=b_1$ bis b_4 . Die prognostizierte Profilkontur entspricht einer Aneinanderreihung von berechneten Profilkonturwerten oder den über eine Ansatz- oder Interpolationsfunktion miteinander verbundenen Profilkontur- oder Prognosewerten. Wesentlich für die erfindungsgemäße Adaption ist die Ermittlung eines entsprechenden Adaptionswertes $\Delta C(n)b_i$, welcher die Profilabweichung, d. h. die Differenz zwischen dem Ist-Wert $C_{Ist}(n)b_i$ und dem zugehörigen Prognosewert $C_P(n)b_i$ an der Mehrzahl von Bandbreitenpositionen b_1 bis b_4 beschreibt.

[0058] Grundsätzlich handelt es sich bei den Bandbreitenpositionen b_i um beliebige Positionen in Breitenrichtung des Metallbandes; normalerweise werden Breitenpositionen durch ihren positiven oder negativen Abstand von der Bandmitte definiert. In einigen genormten Fällen können diese Bandbreitenpositionen jedoch vorteilhafterweise auch über ihren Abstand von der jeweiligen Naturkante des Metallbandes an der Antriebsseite oder/und an der Bedienseite des Metallbandes, dann jeweils in Richtung Bandmitte gemessen, definiert werden. Die so definierten Bandbreitenpositionen werden typischerweise als Referenzpositionen bezeichnet. Diesen normierten Referenzpositionen sind dann typischerweise auch konkrete Profilwerte zugeordnet, die dann beispielsweise als $C40$ oder $C100$ bezeichnet werden. Die Zahlenangabe hinter dem C entspricht dann dem Abstand der Bandbreitenposition von der jeweiligen Naturkante des Metallbandes.

[0059] In Figur 1 ist die Profilkontur über der gesamten Breite des Metallbandes von der Antriebsseite bis zur Bedienseite gezeigt. In den nachfolgenden Figuren 2 und 5 ist jeweils aus Gründen der Vereinfachung lediglich die rechte Hälfte der Profilkontur des Metallbandes gezeigt. In dieser Hälfte ermittelte Adaptionswerte bzw. Differenzen zwischen prognostizierter und gemessener Profilkontur können zumindest näherungsweise durch Spiegelung auch für die linke Hälfte der Profilkontur angenommen werden.

[0060] Alternativ können die gemessenen und berechneten Werte für die Profilkontur auch durch Mittelwertbildung der Konturwerte an den spiegelbildlichen Positionen $i=1, i=-1; i=2, i=-2; i=3, i=-3$ und/oder $i=4, i=-4$ auf der Antriebs- und Bedienseite gebildet werden. Negative Indexwerte sollen nur verdeutlichen, dass es sich um eine gegenüberliegende Seite handelt. Vorzugsweise wird hierbei durch die gesamte gemessene Bandkontur eine Glättungsfunktion gelegt um ein eventuelles Rauschen der Bandkontursignale zu unterdrücken. Die Berechnung der Profilkontur und die entsprechende erfindungsgemäße Adaption können symmetrisch nur für eine Bandhälfte oder asymmetrisch über der gesamten Breite erfolgen.

[0061] Figur 2 veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Metallbandes bzw. insbesondere zur Adaption der Profilkontur des Metallbandes.

[0062] Die Figuren 2.1 - 2.3 stellen den Sachverhalt anhand eines vereinfachten Beispiels dar. Es wurde nur eine Kurzzeitadaption angewandt. Ziel der Figuren ist es, den Effekt der Konturadaption und die Profiladaption an mehreren hier 2 Referenzpunkten b_i zu veranschaulichen.

[0063] Figur 2.1 beschreibt dabei zunächst die erfindungsgemäße Bestimmung der Adaptionswerte an einem n 'ten Metallband, vereinfacht dargestellt nur für die rechte Bandhälfte und am Beispiel von lediglich zwei Adaptionspunkten. Für die Beschreibung der Figur 2.1 kann auf die zuvor erfolgte Beschreibung der Figur 1 verwiesen werden; diese gilt für die Figur 2.1 gleichermaßen. Lediglich ergänzend sei nochmals erwähnt, dass die Bandbreitenpositionen bzw. die Punkte in Breitenrichtung, wo eine Berechnung eines Profilwertes stattfindet, im Allgemeinen mit dem Parameter m durchnummeriert werden, insbesondere dann, wenn sie von der Bandmitte CL aus gezählt werden. Bei den Referenzpositionen b_i handelt es sich gleichermaßen um Bandbreitenpositionen, die jedoch nicht von der Bandmitte, sondern über ihren Abstand von der Naturkante des Metallbandes definiert werden.

[0064] Nicht nur in Fig. 2.1, sondern auch in den nachfolgenden Figuren wird der Parameter m auch als Hinweis auf

die gesamte Kontur oder gesamte Anzahl von Konturberechnungspunkten verwendet im Unterschied zu dem Parameter b_i , der regelmäßig nur als Hinweis auf diskrete Werte (Referenzpositionen) verstanden werden soll.

[0065] Die Abstände dieser Referenzpositionen b_i von der Bandkante sind in Fig. 2.1 und 2.2 sowie 2.3 für die verschiedenen Bandbreiten n und $n+1$ gleich.

[0066] Fig. 2.1 veranschaulicht die erfindungsgemäße Ermittlung einzelner Adaptionswerte $\Delta C(n)b_1$ und $\Delta C(n)b_2$ als Differenz zwischen einzelnen Prognosewerten $C_p(n)b_i$ mit $i=1$ und $i=2$ und den Ist-Werten $C_{ist}(n)b_i$ für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes.

[0067] Fig. 2.2 veranschaulicht die erfindungsgemäße Ermittlung einer Adaptionkontur. Die Adaptionkontur wird für das Folgeband $n+x$ bestimmt. Am Band n kann z. B. die Breite anders sein als bei Band $n+x$. Es werden lediglich die Adaptionswerte b_i am Band n oder / und bei verwendeter Langzeitadaption durch eine Mittelwertbildung für eine Anzahl Bänder j bestimmt und für ein Folgeband $n+x$ verwendet. Die Adaptionkontur und die Punktfolge $\Delta C(n+x)_m$ (mit dem Index m) wird immer nur im Zusammenhang für das Band $n+x$ verwendet.

[0068] In Fig. 2.2 und Fig. 2.3 sind die in Fig. 2.1 ermittelten Adaptionswerte $\Delta C(n)b_1$ und $\Delta C(n)b_2$ eingetragen. Sie werden dort in dem vereinfachten Beispiel für das Folgeband $n+x$ (mit $x=1$) für die Adaptionkonturbestimmung verwendet. Deshalb können die obigen Adaptionswerte auch mit $\Delta C(n+x)b_1$ und $\Delta C(n+x)b_2$ (mit $x=1$) bezeichnet werden. Neben diesen beiden Adaptionswerten an den Referenzpositionen b_1 und b_2 wird für die Ermittlung der Adaptionkontur auch noch ein weiterer trivialer Wert, hier der Wert in der Bandmitte, in Fig. 2.2 mit $m=1$ bezeichnet, berücksichtigt. Der Wert ΔCL in der Bandmitte ist $\Delta CL=0$, weil das Koordinatensystem als durch diesen Punkt verlaufend angeordnet wurde. Die Adaptionswerte wurden an den Punkten b_1 und b_2 am Band n ermittelt und für Band $n+1$ verwendet (x ist hier=1).

[0069] Die Adaptionkontur $\Delta C(n+1)_m$ für das $n+1$ 'te Metallband ergibt sich dann, wie in Figur 2.2 gezeigt, als zumindest stückweise Ansatz- oder Interpolationsfunktion durch die Bandmitte $CL=0$ und die zwei genannten Adaptionswerte und an den Referenzpunkten C_{100} und C_{25} , wobei die beiden letzteren gemessen werden als Abstand von der Naturkante des Metallbandes.

[0070] Die Bildung einer Ansatz- bzw. Interpolationsfunktion und die Interpolation zwischen der Bandmitte und dem Referenzpunkt b_1 sowie die entsprechende Bildung und Interpolation zwischen dem Referenzpunkt b_1 und dem Referenzpunkt b_2 können grundsätzlich separat und unabhängig voneinander in den jeweiligen Bandbreitenabschnitten erfolgen. Um einen Knick an einer Übergangsstelle von zwei Interpolationsfunktionen, in Figur 2.2 beispielsweise an der Position b_1 zu vermeiden, wird an die Formulierung der beiden Teilinterpolationsfunktionen die zusätzliche Bedingung gefüllt, dass diese beiden benachbarten Teilinterpolationsfunktionen an der Übergangsstelle stetig differenzierbar sein müssen, d. h. insbesondere dass die jeweiligen Funktionen dort gleiche Steigungen haben müssen. Diese Vorgehensweise wird grundsätzlich für alle Adaptionbereiche in Breitenrichtung des Metallbandes durchgeführt. In diesem aufgeführten Beispiel (symmetrisch) startet die Adaptionkontur an der Bandmitte CL mit einer horizontalen Tangente.

[0071] Von dem letzten Adaptionswert, in Figur 2.2 an der Referenzposition $i=2$, bis zum Randpunkt m_{max} des Metallbandes, wo kein Profilwert vorgegeben ist, kann die Adaptionkontur durch Extrapolation ermittelt werden. Die Interpolation oder Extrapolation wird benutzt, um auf Basis der vorgegebenen Profilwerte an den Referenzpositionen auf die Profilwerte an anderen Bandbreitenpositionen m zu interpolieren bzw. zu extrapolieren.

[0072] Figur 2.3 veranschaulicht, wie die zuvor gemäß Figur 2.2 für das $n+1$ 'te Metallband ermittelte Adaptionkontur nun bei der Prognose und anschließenden Herstellung zu walzenden $n+1$ 'ten Metallbandes berücksichtigt werden kann.

[0073] Figur 2.3 zeigt u. a. die berechnete adaptierte Profilkontur $C_p(n+1)_m$ sowie die berechneten adaptierten Prognosewerte $C_p(n+1)b_1$ und $C_p(n+1)b_2$ sowie gestrichelt eine zugehörige berechnete prognostizierte Profilkontur $C_p(n+1)_{m_{OA}}$, mit o.A.: ohne Adaption, hier beispielhaft für das $n+1$ 'te Metallband, d. h. hier beispielhaft für das nächste zu walzende Metallband.

[0074] Die zuvor gemäß Figur 2.1 für das n 'te Metallband ermittelten Adaptionswerte $\Delta C(n)b_1$ und $\Delta C(n)b_2$ können auf die Prognosewerte an den entsprechenden Referenzpositionen aufaddiert werden, um auf diese Weise dort jeweils verbesserte adaptische Prognosewerte für die prognostizierte adaptierte Profilwerte oder Profilkontur zu erhalten.

[0075] Alternativ oder zusätzlich kann die zuvor gemäß Fig. 2.2 für das $n+1$ 'te Metallband ermittelte Adaptionkontur $\Delta C(n+1)_m$ auf die für das $n+1$ 'te Metallband ermittelte prognostizierte Profilkontur $C_p(n+1)_{m_{OA}}$ aufaddiert werden, um auf diese Weise eine entsprechend verbesserte bzw. adaptierte Profilkontur $C_p(n+1)_m$ zu erhalten; siehe auch Anspruch 9.

[0076] Die auf diese Weise gewonnenen neuen adaptierten Prognosewerte oder die neue Profilkontur können vorteilhafterweise verwendet werden, um die Profilstellglieder bei der Herstellung des $n+1$ 'ten, allgemein des $n+x$ 'ten Metallbandes noch genauer im Hinblick auf gewünschte Zielwerte oder/und Zielkonturen einstellen zu können.

[0077] Mathematisch ausgedrückt berechnen sich die adaptierten Bandkonturwerte bzw. die adaptierte Bandkontur für das zu walzende beispielsweise $n+1$ 'te Metallband gemäß folgender Formel:

$$C_P(n+1)m_{OA} + \Delta C(n+1)m = C_P(n+1)m$$

mit

$C_P(n+1)m$ korrigierte bzw. adaptierte Profilkontur des n+1'ten Metallbandes über der Bandbreite m;

$C_P(n+1)m_{OA}$ eine berechnete bzw. prognostizierte Profilkontur des n+1'ten Metallbandes über der Bandbreite m ohne Adaption;

$\Delta C(n+1)m$ Adaptionkontur: Werte der Adaptionkontur an der Position m für das Metallband n+1

$$m = 1 \dots m_{max}$$

[0078] Bei der Breitenposition m kann es sich auch um Referenzpositionen bi handeln.

[0079] Die Differenz bzw. die Adaption $\Delta C(n)m$ zwischen gemessener und errechneter Korrektur wird bei dem in Figur 2.2 gezeigten Beispiel zwecks vereinfachter Beschreibung/Darstellung nur für ein Metallband gezeigt. In der Regel wird diese Differenz am zuletzt gewalzten Metallband und/oder am vorletzten gewalzten Metallband und/oder an mehreren Metallbändern gleicher Art gegebenenfalls mit unterschiedlicher Wichtung gebildet und auf diese Weise ein Summenadaptionswert ermittelt.

[0080] Figur 3 zeigt ein Anwendungsbeispiel für die Nutzung der erfindungsgemäßen Konturadaption zur Reduzierung bzw. Vermeidung von unerwünschten Wulsten im Randbereich eines Metallbandes. Bei diesem ersten in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel erfolgt die Reduzierung der Wulste durch eine gezielte Erhöhung eines Wertes für die Profilkontur an einer Referenzposition, in Figur 3 die Position C40, d. h. 40 mm von der Naturkante des Metallbandes entfernt.

[0081] Ohne Nutzung der Konturadaption kann es vorkommen, dass Bänder mit vermeintlich normalen Profilkonturen errechnet bzw. prognostiziert werden; siehe die gestrichelte Ausgangskontur nach dem ersten Rechenschritt ohne Konturadaption in Figur 3. Nach Durchführung der erfindungsgemäßen und zuvor insbesondere unter Bezugnahme auf Figur 2.3 beschriebenen Konturadaption durch Addition der für das Band n+x prognostizierten Profilkontur und einer für ein vorheriges Band ermittelten Adaptionkontur kann erfindungsgemäß die in Figur 3 gezeigte adaptierte Profilkontur $C_P(n+x)m$ für das n+x'te Metallband ermittelt werden. Der Vorteil der erfindungsgemäß adaptierten Profilkontur $C_P(n+x)m$ gegenüber der nicht adaptierten prognostizierten Profilkontur $C_P(n+x)m_{OA}$ ist in Figur 3 klar erkennbar, denn die adaptierte Profilkontur lässt den unerwünschten Wulst mit der Wulsthöhe W1 im Randbereich des Metallbandes überhaupt erst erkennen; die nicht adaptierte prognostizierte Profilkontur (gestrichelte Linie) ließ den Wulst nicht so deutlich erkennen. Insofern liefert die erfindungsgemäße Profiladaption ein verbessertes Rechenergebnis zur Ermittlung einer genaueren Profilkontur und eröffnet neue Möglichkeiten zur Verbesserung der Profilkontur, hier insbesondere zur Reduzierung der Wulsthöhe. Wird beispielsweise für das Metallband gemäß Figur 3 eine Kantenwulsthöhe W1 errechnet, die höher ist als ein Schwellenwert für eine zulässige Wulsthöhe, so wird von dem Prozessmodell im Rahmen vorgegebener Zulässigkeitsgrenzen z. B. C40-Ziel_{min} und C40-Ziel_{max} der Profilwert an der entsprechenden Bandkantenposition, hier 40 mm von der Naturkante des Metallbandes entfernt, automatisch auf einen neuen Wert gesetzt, hier angehoben, so dass die maximale zulässige Wulsthöhe nicht überschritten oder reduziert wird. Durch die besagte Erhöhung des vorgegebenen Profilwertes um den Betrag ΔP reduziert sich in dem in Figur 3 gezeigten Beispiel die Wulsthöhe von W1 auf W2.

[0082] Alternativ oder ergänzend kann für die gleichen Bedingungen und die gleiche Profilkontur wie gemäß Figur 3 mit Nutzung der adaptierten Profilkontur zur Kontrolle der Wulsthöhe ein angehobenes Kraftniveau im Rahmen der Prozess- und Anlagenlimits in den hinteren Gerüsten einer Fertigstraße oder bei einem Reversiergerüst in den späteren hinteren Stichen genutzt werden. Dies kann durch eine Walzkraftumverteilung, d. h. eine Entlastung der vorderen Gerüste bzw. der früheren Stiche und eine stärkere Belastung der hinteren Gerüste bzw. späteren Stiche oder/und durch Auffahren von einem oder mehreren Gerüsten (letztes Gerüst bzw. letzter Stich oder Gerüst innerhalb der Fertigstraße bzw. mittlerer Stich) geschehen. Figur 4.1 zeigt Beispiele von vorteilhaften Walzkraftumverteilungen, um die Wulsthöhe W1 (siehe Figur 4.2) zu reduzieren. Durch eine iterativ bestimmte höhere Last in den hinteren Gerüsten erhöht sich die Arbeitswalzenabplattung. Hierdurch reduziert sich bzw. verschwindet die Wulst W2 nach der Walzkraftumverteilung, siehe die gestrichelte Linie in Figur 4.2 (2. Rechnungsschritt). Die mechanischen Profilstellglieder werden in dem iterativen Rechenprozess diesen neue Randbedingungen angepasst und das z. B. C40-Zielprofil eingestellt.

[0083] Die Kenntnis der zu erwartenden Profilkontur aufgrund der physikalischen Modellierung der Zusammenhänge und der besagten adaptierten Profilkontur an mehreren Breitenpositionen bi über der Breite des Metallbandes wird

weiterhin aktiv genutzt, um bei der Einstellung eines nominellen Bandprofils an der Bandkante, z. B. an der Position C25, zusätzlich auch das Bandprofil im Bandmittenbereich - ausgedrückt durch CBody bzw. C100 - in zulässigen minimalen und maximalen Grenzen $C100_{\min}$, $C100_{\max}$ zu halten, wie dies für ein Beispiel in Figur 5 dargestellt ist. Bei einem fortschrittlichen Profil-Presetting werden vorteilhafterweise zusätzlich Prozesslimits eingeführt und die minimalen und maximalen Bandprofilimits für mehrere Bandkonturpunkte, z. B. C25 und C100, berücksichtigt. Das verbesserte Ergebnis (2. Rechenabschnitt) stellt die Bandkontur mit der durchgezogenen Linie dar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Metallbändern in einer Walzanlage mit einer gewünschten Profilkontur, aufweisend folgende Schritte:

- a) Vorgeben eines Zielwertes für die Profilkontur an mindestens einer Referenzposition bi in Breitenrichtung bei mindestens einem n 'ten Metallband;
- b) Simulieren eines Walzprozesses auf der Walzanlage zum Herstellen des Metallbandes mit Hilfe eines Prozessmodells, wobei Einstellwerte für Profilstellglieder und ein Prognosewert $C_p(n)bi$ für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi so berechnet werden, dass der Zielwert möglichst erreicht wird, - sofern vorhanden - unter Berücksichtigung von alten Adaptionswerten an der Referenzposition bi und evtl. Restriktionen;
- c) Einstellen der Profilstellglieder mit den berechneten Einstellwerten;
- d) Walzen des n 'ten Metallbandes;
- e) Messen des Istwertes $C_{Ist}(n)bi$ der Profilkontur des gewalzten n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi ; und
- f) Ermitteln eines neuen Adaptionswertes $\Delta C(n)bi$ auf Basis der Differenz zwischen dem Istwert $C_{Ist}(n)bi$ und dem Prognosewert $C_p(n)bi$ für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi ;
dadurch gekennzeichnet,
dass die Schritte a), b) und c) vor dem Walzen des mindestens n 'ten Metallbandes für eine Mehrzahl I mit $I \geq 2$ von Referenzpositionen bi mit $1 \leq i \leq I$ in mindestens einem Breitenabschnitt des mindestens n 'ten Metallbandes durchgeführt werden;
dass die Schritte e) und f) nach dem Walzen des mindestens n 'ten Metallbandes für die Mehrzahl I von Referenzpositionen bi durchgeführt werden zum Ermitteln der neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ an der Mehrzahl I der Referenzpositionen bi in dem mindestens einen Breitenabschnitt des mindestens n 'ten Metallbandes; und
g) **dass** beim späteren Herstellen eines weiteren Längsabschnittes des n 'ten Metallbandes oder eines $n+x$ 'ten Metallbandes mit $x = 1, 2, \text{ etc.}$ mindestens die Schritte a) bis d) wiederholt werden mit $n=n+x$, wobei die zuvor gemäß Schritt f) zumindest für das n 'te Metallband ermittelten neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ für die Mehrzahl I der Referenzpositionen bi bei der Berechnung der Einstellungen der Profilstellglieder und der Berechnung der Prognosewerte gemäß Schritt b) für das $n+x$ 'te Metallband als alte Adaptionswerte berücksichtigt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
gekennzeichnet durch
Ermitteln der neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ gemäß Schritt f) an den Referenzpositionen bi des n 'ten Metallbandes zumindest teilweise in Form eines Kurzzeitadaptionswertes $\Delta C_K(n)bi$ gemäß der folgenden Formel:

$$\Delta C(n)bi = \Delta C_K(n)bi = \Delta C_K(n-x)bi + [C_{Ist}(n)bi - C_p(n)bi]$$

mit

- K: Kurzzeitadaption;
- $x=1, 2, 3, \dots$;
- $\Delta C_K(n-x)bi$: alter Kurzzeitadaptionswert;
- $C_{Ist}(n)bi$: gemessener Istwert für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi ; und
- $C_p(n)bi$: berechneter Prognosewert bzw. errechnetes Bandprofil.

3. Verfahren zum Herstellen von Metallbändern in einer Walzanlage mit einer gewünschten Profilkontur, aufweisend folgende Schritte:

- a) Vorgeben eines Zielwertes für die Profilkontur an mindestens einer Referenzposition bi in Breitenrichtung von mindestens einem n 'ten Metallband;
- b) Simulieren eines Walzprozesses auf der Walzanlage zum Herstellen des Metallbandes mit Hilfe eines Prozessmodells, wobei Einstellwerte für Profilstellglieder - sofern vorhanden unter Berücksichtigung von alten Adaptionswerten an der Referenzposition bi und evtl. Restriktionen - so berechnet werden, dass der Zielwert möglichst erreicht wird;
- c) Einstellen von Profilstellgliedern mit den berechneten Einstellwerten;
- d) Walzen des n 'ten Metallbandes;
- e) Messen des Istwertes $C_{Ist}(n)bi$ der Profilkontur des gewalzten n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi ;
- e') Berechnen eines nachberechneten Prognosewertes $C'_p(n)bi$ für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi auf Basis der Walzanlagen- und aktuellen Prozessbedingungen, wie sie beim Walzen des n 'ten Metallbandes gemäß Schritt d) vorgelegen haben; und
- f) Ermitteln eines neuen Adaptionswertes $\Delta C(n)bi$ auf Basis der Differenz zwischen dem Istwert $C_{Ist}(n)bi$ und dem nachberechneten Prognosewert $C'_p(n)bi$ für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi ; **dadurch gekennzeichnet**,
dass die Schritte a), b) und c) vor dem Walzen des mindestens n 'ten Metallbandes für eine Mehrzahl I mit $I \geq 2$ von Referenzpositionen bi mit $1 \leq i \leq I$ in mindestens einem Breitenabschnitt des mindestens n 'ten Metallbandes durchgeführt werden;
dass die Schritte e), e') und f) nach dem Walzen des mindestens n 'ten Metallbandes für die Mehrzahl I von Referenzpositionen bi durchgeführt werden zum Ermitteln der neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ an der Mehrzahl I der Referenzpositionen bi in dem mindestens einen Breitenabschnitt des mindestens n 'ten Metallbandes; und
- g) dass beim späteren Herstellen eines weiteren Längsabschnittes des n 'ten Metallbandes oder eines $n+x$ 'ten Metallbandes mit $x = 1, 2, \text{etc.}$ mindestens die Schritte a) bis d) wiederholt werden mit $n=n+x$, wobei die zuvor gemäß Schritt f) zumindest für das n 'te Metallband ermittelten neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ für die Mehrzahl I der Referenzpositionen bi bei der Berechnung der Einstellungen der Profilstellglieder und der Prognosewerte gemäß Schritt b) für das $n+x$ 'te Metallband als alte Adaptionswerte berücksichtigt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
gekennzeichnet durch

Ermitteln der neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ gemäß Schritt f) an den Referenzpositionen bi des n 'ten Metallbandes zumindest teilweise in Form eines Kurzzeitadaptionswertes $\Delta C_K(n)bi$ gemäß der folgenden Formel:

$$\Delta C(n)bi = \Delta C_K(n)bi = \Delta C_K(n-x)bi + [C_{Ist}(n)bi - C'_p(n)bi]$$

mit

K: Kurzzeitadaption;

$x=1, 2, 3, \dots$;

$\Delta C_K(n-x)bi$: alter Kurzzeitadaptionswert;

$C_{Ist}(n)bi$: gemessener Istwert für die Profilkontur des n 'ten Metallbandes an der Referenzposition bi ; und

$C'_p(n)bi$: nachberechneter Prognosewert bzw. nacherrechnetes Bandprofil.

5. Verfahren nach Anspruch einem der vorangegangenen Ansprüche,
gekennzeichnet durch

Ermitteln der neuen Adaptionswerte $\Delta C(n)bi$ gemäß Schritt f) in Anspruch 1) oder 3) an den Referenzpositionen bi zumindest teilweise in Form von Langzeitadaptionswerten $\Delta C_L bi$ **durch** Ausführen der folgenden Schritte:

Ermitteln der Adaptionswerte **durch** Wiederholen der Schritte a) bis f) nach Anspruch 1 oder 3 an der Mehrzahl I von Referenzpositionen bi für eine Mehrzahl von vor dem $n+x$ 'ten Metallband gewalzten Metallbändern einer Adaptiongruppe; und

Berechnen der Langzeitadaptionswerte $\Delta C_L bi$ **durch** Bildung der Mittelwerte der Adaptionswerte oder Bildung der Mittelwerte der Differenzen zwischen Ist-Werten und Prognosewerten für die Profilkontur für die Mehrzahl von Metallbändern jeweils an einer der Referenzpositionen bi .

6. Verfahren nach Anspruch 2, 4 und 5,
gekennzeichnet durch

EP 3 271 092 B1

Ermitteln der Adaptionenwerte $\Delta C(n)_i$ gemäß Schritt f) jeweils in Form des Summenadaptionenwertes $\Delta C_S(n)_i$ als Summe aus dem Kurzzeitadaptionenwert $\Delta C_K(n)_i$ und dem Langzeitadaptionenwert ΔC_L zur Verwendung für das Metallband $n+x$.

- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2, 4, 5 oder 6,
gekennzeichnet durch
Ermitteln des Adaptionenwertes $\Delta C(n)_i$ gemäß Schritt f) und/oder Verwenden des Adaptionenwertes $\Delta C(n)_i$ in Form eines mit einem Gewichtungsfaktor g mit $0 \leq g \leq 1$ oder mit einer Gewichtungsfunktion gewichteten Kurzzeitadaptionenwertes, Langzeitadaptionenwertes oder Summenadaptionenwertes.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
gekennzeichnet durch
Ermitteln einer Adaptionenkontur $\Delta C(n+x)_m$ für das $n+x$ 'te Metallband in Form einer Ansatzfunktion, welche vorzugsweise **durch** die an dem mindestens n 'ten Metallband ermittelten Adaptionenwerte an mindestens zwei der Referenzpositionen b_i und vorzugsweise zusätzlich **durch** mindestens einen weiteren - **durch** das Prozessmodell berechneten/vorgegebenen - Berechnungspunkt an mindestens einer weiteren Bandbreitenposition m geführt wird.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 8,
gekennzeichnet durch
Ermitteln einer adaptierten Profilkontur $C_P(n+x)_m$ für das $n+x$ 'te Metallband durch Addition einer - von dem Prozessmodell prognostizierten - nichtadaptierten berechneten Profilkontur $C_P(n+x)_{m_{oA}}$ für das $n+x$ 'te Metallband und der berechneten Adaptionenkontur $\Delta C(n+x)_m$ für das $n+x$ 'te Metallband.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Ermittlung der Adaptionenkontur oder der adaptierten Profilkontur für ≥ 2 Breitenabschnitte des Metallbandes erfolgt, wobei der erste Breitenabschnitt beispielsweise in dem mittleren Breitenbereich und der zweite Breitenabschnitt oder weitere Breitenabschnitte beispielsweise in dem Kantenbereich des Metallbandes liegen.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
bei zwei Breitenabschnitten, die in Breitenrichtung aneinander grenzen, die Adaptionenkontur oder die adaptierte Profilkontur über den beiden Breitenabschnitten vorzugsweise so gewählt wird, dass die Konturverläufe an der Grenze von einem zum anderen Bandabschnitt stetig differenzierbar sind, insbesondere gleiche Steigungen haben.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Ansatzfunktion über mindestens einem der Breitenabschnitte aus einer linearen Funktion, einer Polynomfunktion, einer Exponentialfunktion, einer trigonometrischen Funktion, einer Spline-Funktion oder einer Kombination verschiedener Funktionen gebildet wird.
- 35 13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ansatzfunktionen für die verschiedenen benachbarten Breitenabschnitte unterschiedlich sind.
- 40 14. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Adaptionenkontur oder die adaptierte Profilkontur über einem Breitenabschnitt des Metallbandes in einen benachbarten Breitenabschnitt hinein extrapoliert wird zum Ermitteln einer extrapolierten Adaptionenkontur oder einer extrapolierten adaptierten Profilkontur über dem benachbarten Breitenbereich.
- 45 15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
anstelle des gemessenen Istwertes $C_{Ist}(n)_i$ der Profilkontur des Metallbandes an der Referenzposition b_i ein Mittelwert aus den gemessenen Istwerten an den spiegelbildlichen Referenzpositionen b_i auf der rechten und linken Hälfte des Metallbandes - in Walzrichtung gesehen - verwendet wird.
- 50 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 55

die Prognosewerte $C_p(n+x)_i$ bi oder/und die adaptierte Profilkontur $C_p(n+x)_m$ zunächst nur für eine Bandhälfte, z.B. die Bandhälfte auf der Bedienseite ermittelt werden, und nachfolgend für die andere Bandhälfte, z.B. für die Bandhälfte auf der Antriebsseite, an der Bandmittenebene, die sich in Längsrichtung des Metallbandes erstreckt, gespiegelt werden.

5

17. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der gemessene Istwert $C_{ist}(n)_i$ bi der Profilkontur als direkter Messwert an der Referenzposition bi oder als ein durch eine Ausgleichsfunktion geglätteter Profilmesswert verwendet wird.

10

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die adaptierte Profilkontur $C_p(n+x)_m$ im Hinblick auf Profilanomalien, wie Bandwulste oder steile Bandkantenabfälle, insbesondere im Kantenbereich des Metallbandes analysiert wird.

15

19. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
 bei Vorhandensein berechneter Bandwulste die adaptierte Profilkontur $C_p(n+x)_m$ mittels des Prozessmodells iterativ verbessert wird, durch sukzessive Erhöhung eines Wertes der Profilkontur an mindestens einer der Referenzpositionen bi im Rahmen der zulässigen Profilstellgrenzen und durch entsprechend neue Einstellungen von Profilstellgliedern, um die Höhe der Bandwulst zu reduzieren.

20

20. Verfahren nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
 berechnete Bandwulste durch Erhöhung der Last in dem letzten Walzgerüst (Auslaufgerüst) oder der letzten Walzgerüste einer Walzstraße oder bei den letzten Walzstichen eines Gerüstes der Walzanlage durch Umverteilung der Last von vorn nach hinten oder durch Abwahl mindestens eines Walzgerüstes oder Walzstiches im Rahmen von Prozess- und Anlagenlimits reduziert oder vermieden werden.

25

21. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung des n+x'ten Metallbandes:

30

in Schritt b) die Profilstellglieder so eingestellt werden, dass die für mehrere Referenzpositionen bi vorgegebenen Zielwerte oder errechneten Prognosewerte $C_p(n+x)_i$ für die Profilkontur in zulässigen minimalen oder maximalen Profilstellgrenzen erreicht werden; oder

35

in Schritt b) die Profilstellglieder so eingestellt werden, dass der für eine Referenzposition bi vorgegebene Zielwert erreicht oder die Abweichung vom Zielwert minimal wird und dass gleichzeitig an mindestens einer weiteren Bandbreitenposition das Bandprofil in zulässigen minimalen oder maximalen Profilstellgrenzen gehalten wird.

40

22. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die ermittelten Adaptionenwerte an den Positionen bi und / oder die adaptierte Profilkontur und/oder die Adaptionenkontur im Prozessmodell berücksichtigt - insbesondere auf die vorhergehenden Walzstiche oder Gerüste mit Wichtungsfaktoren oder Übertragungsfunktionen übertragen - wird zur Berechnung von Zwischengerüst- oder Zwischenstichkonturen der vorderen Gerüste oder vorangegangener Stiche und zur optimierten Einstellung der Profilstellglieder.

45

23. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Referenzposition bi über ihren Abstand von der Kante des Metallbandes definiert wird.

50

24. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 zur Einstellung der Zielkontur unter Nutzung der Bandkonturadaption folgende Profilstellglieder eingesetzt werden: variable Arbeitswalzenkühlssysteme oder Zonenkühlungen oder lokale Walzenerwärmungen zur Beeinflussung des thermischen Crowns und/oder Arbeitswalzenverschiebungen in Verbindung mit Walzenschliffen (Spezial-Walzenschliffe zur Bekämpfung von Bandwulsten oder Bandkantenabfällen, "Tapered Roll", CVC-Walzen, CVC-Walzen

55

mit einem Schliff höherer Ordnung bzw. Polynom n-ter Ordnung bzw. trigonometrische Funktionen), Bandkantenheizungen, Bandzonenkühlungen, Arbeitswalzenbiegungen und/oder Gerüste mit Walzen-Pair-Cross-Funktion.

5 Claims

1. Method for producing metal strips in a rolling installation with a desired profile contour, comprising the following steps:

- 10 a) presetting a target value for the profile contour at at least one reference position b_i in width direction for at least an n th metal strip;
- b) simulating a rolling process at the rolling installation for producing the metal strip with the aid of a process model, wherein setting values for profile setting elements and a prognosis value $C_P(n)b_i$ for the profile contour of the n th metal strip at the reference position b_i are so calculated that the target value is achieved as far as possible - so far as present - with consideration of old adaptation values at the reference position b_i and possible
- 15 restrictions;
- c) setting the profile setting elements by the calculated setting values;
- d) rolling the n th metal strip;
- e) measuring the actual value $C_{ist}(n)b_i$ of the profile contour of the rolled n th metal strip at the reference position b_i ; and
- 20 f) determining a new adaptation value $\Delta C(n)b_i$ on the basis of the difference between the actual value $C_{ist}(n)b_i$ and the prognosis value $C_P(n)b_i$ for the profile contour of the n th metal strip at the reference position b_i ;

characterised in that

- the steps a), b) and c) are carried out before the rolling of the at least n th metal strip for a plurality I , wherein $I \geq 2$, of reference positions b_i , wherein $1 \leq i \leq I$ in at least one width section of the at least n th metal strip and that the steps e) and f) are carried out after rolling of the at least n th metal strip for the plurality I of reference positions b_i in order to determine the new adaptation values $\Delta C(n)b_i$ at the plurality I of the reference positions b_i in the at least one width section of the at least n th metal strip; and
- 25 g) during later production of a further longitudinal section of the n th metal strip or of an $n + x$ th metal strip, wherein $x = 1, 2, \text{etc.}$, at least the steps a) to d) are repeated, wherein $n = n + x$, wherein the new adaptation values $\Delta C(n)b_i$ determined previously according to step f) at least for the n th metal strip are taken into account for the plurality I of the reference positions b_i in the calculation of the settings of the profile setting elements and the calculation of the prognosis values according to step b) for the $n + x$ th metal strip as old adaptation values.
- 30

- 35 2. Method according to claim 1, **characterised by** determination of the new adaptation values $\Delta C(n)b_i$ according to step f) at the reference positions b_i of the n th metal strip at least partly in the form of a short-term adaptation value $\Delta C_K(n)b_i$ according to the following formula:

$$\Delta C(n)b_i = \Delta C_K(n)b_i = \Delta C_K(n-x)b_i + [C_{ist}(n)b_i - C_P(n)b_i]$$

40

wherein

- K: short-term adaptation;
- $x=1,2,3,\dots$;
- 45 $\Delta C_K(n-x)b_i$: old short-term adaptation value;
- $C_{ist}(n)b_i$: measured actual value for the profile contour of the n th metal strip at the reference position b_i ; and
- $C_P(n)b_i$: calculated prognosis value or calculated strip profile.

- 50 3. Method for producing metal strips in a rolling installation with a desired profile contour, comprising the following steps:

- a) presetting a target value for the profile contour at at least one reference position b_i in width direction for at least an n th metal strip;
- b) simulating a rolling process at the rolling installation for producing the metal strip with the aid of a process model, wherein setting values for profile setting elements - so far as present with configuration of old adaptation values at the reference position b_i and possible restrictions - are so calculated that the target value is achieved as far as possible;
- 55 c) setting the profile setting elements by the calculated adjustment values;

d) rolling the nth metal strip;
 e) measuring the actual value $C_{ist}(n)bi$ of the profile contour of the rolled nth metal strip at the reference position bi ;
 e') calculating a recalculated prognosis value $C'_p(n)bi$ for the profile contour of the nth metal strip at the reference position bi on the basis of the rolling installation conditions and current processing positions, such as they were present during rolling of the nth metal strip according to step d); and
 f) determining a new adaptation value $\Delta C(n)bi$ on the basis of the difference between the actual value $C_{ist}(n)bi$ and the recalculated prognosis value $C'_p(n)bi$ for the profile contour of the nth metal strip at the reference position bi ;

characterised in that

the steps a), b) and c) are carried out before the rolling of the at least nth metal strip for a plurality I, wherein $I \geq 2$, of reference positions bi , wherein $1 \leq i \leq I$, in at least one width section of the at least nth metal strip and that the steps e), e') and f) are carried out after rolling of the at least nth metal strip for the plurality I of reference positions bi in order to determine the new adaptation values $\Delta C(n)bi$ at the plurality I of the reference positions bi in the at least one width section of the at least nth metal strip; and

g) during later production of a further length section of the nth metal strip or of an $n + x$ th metal strip, wherein $x = 1, 2, \text{ etc.}$, at least the steps a) to d) are repeated, wherein $n = n + x$, wherein the new adaptation values $\Delta C(n)bi$ determined previously according to step f) at least for the nth metal strip are taken into account for the plurality I of the reference positions bi in the calculation of the settings of the profile setting elements and in the calculation of the prognosis values according to step b) for the $n + x$ th metal strip as old adaptation values.

4. Method according to claim 3,

characterised by

determination of the new adaptation values $\Delta C(n)bi$ according to step f) at the reference positions bi of the nth metal strip at least partly in the form of a short-term adaptation value $\Delta C_K(n)bi$ according to the following formula:

$$\Delta C(n)bi = \Delta C_K(n)bi = \Delta C_K(n-x)bi + [C_{ist}(n)bi - C'_p(n)bi]$$

wherein

K: short-term adaptation,

$x=1, 2, 3 \dots$;

$\Delta C_K(n-x)bi$: old short-term adaptation value;

$C_{ist}(n)bi$: measured actual value for the profile contour of the nth metal strip at the reference position bi ; and

$C'_p(n)bi$: recalculated prognosis value or recalculated strip profile.

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

characterised by

determination of the new adaptation values $\Delta C(n)bi$ according to step f) in claim 1) or 3) at the reference positions bi at least partly in the form of long-term adaptation values ΔC_Lbi by carrying out the following steps:

determining the adaptation values by repeating the steps a) to f) according to claim 1 or 3 at the plurality I of reference positions bi for a plurality of metal strips, which are rolled before the $n + x$ th metal strip, of an adaptation group; and

calculating the long-term adaptation values ΔC_Lbi by formation of the mean values of the adaptation values or formation of the mean values of the differences between actual values and prognosis values for the profile contour for the plurality of metal strips in each instance at one of the reference positions bi .

6. Method according to claim 2, 4 and 5,

characterised by

determination of the adaptation values $\Delta C(n)bi$ according to step f) each time in the form of the sum adaptation value $\Delta C_S(n)bi$ as a sum of the short-term adaptation value $\Delta C_K(n)bi$ and the long-term adaptation value ΔC_Lbi for use for the metal strip $n + x$.

7. Method according to any one of claims 2, 4, 5 and 6,

characterised by

determination of the adaptation value $\Delta C(n)bi$ according to step f) and/or use of the adaptation value $\Delta C(n)bi$ in the

form of a short-term adaptation value, long-term adaptation value or sum adaptation value, the value being weighted by a weighting factor g , wherein $0 \leq g \leq 1$, or by a weighting function.

- 5 **8.** Method according to any one of the preceding claims,
characterised by
determination of an adaptation contour $\Delta C(n+x)_m$ for the $n+x$ th metal strip in the form of a set-up function, which is preferably conducted by the adaptation values, which are determined at the at least n th metal strip, at at least two of the reference positions b_i and preferably additionally by at least one further calculation point - calculated/pre-determined by the process model - at at least one further strip width position m .
- 10 **9.** Method according to claim 8,
characterised by
determination of an adapted profile contour $C_P(n+x)_m$ for the $n+x$ th metal strip by the addition of a non-adapted calculated profile contour $C_{P(n+x)m_{oA}}$ - forecast by the process model - for the $n+x$ th metal strip and the calculated adaptation contour $\Delta C(n+x)_m$ for the $n+x$ th metal strip.
- 15 **10.** Method according to claim 8 or 9,
characterised in that
determination of the adaptation contour or of the adapted profile contour for ≥ 2 width sections of the metal strip is carried out, wherein the first width section of the metal strip lies in, for example, the central region and the second width section or further width sections lies or lie in, for example, the edge region of the metal strip.
- 20 **11.** Method according to claim 34,
characterised in that
in the case of two sections adjoining one another in width direction the adaptation contour or the adapted profile contour over the two width sections is preferably selected so that the contour courses can be continuously differentiated at the boundary of one strip section to the other strip section, in particular so that they have the same gradients.
- 25 **12.** Method according to one of claims 10 and 11,
characterised in that
the set-up function is formed over at least one of the width sections from a linear function, a polynomial function, an exponential function, a trigonometric function, a spline function or a combination of different functions.
- 30 **13.** Method according to claim 12, **characterised in that** the set-up functions are different for the different adjacent width sections.
- 35 **14.** Method according to claim 8 or 9,
characterised in that
the adaptation contour or the adapted profile contour over one width section of the metal strip is extrapolated to an adjacent width section for determination of an extrapolated adaptation contour or an extrapolated adapted profile contour over the adjacent width region.
- 40 **15.** Method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
instead of the measured actual value $C_{ist}(n)_b$ of the profile contour of the metal strip at the reference position b_i a mean value from the measured actual values at the mirror-image reference positions b_i on the righthand half and lefthand half of the metal strip seen in rolling direction is used.
- 45 **16.** Method according to one of claims 1 and 9,
characterised in that
the prognosis values $C_P(n+x)_b$ or/and the adapted profile contour $C_P(n+x)_m$ is or are initially determined for only one strip half, for example the strip half on the control side, and subsequently mirrored for the other strip half, for example the strip half on the drive side, at the strip centre plane extending in longitudinal direction of the metal strip.
- 50 **17.** Method according to any one of the preceding claims,
characterised in that
the measured actual value $C_{ist}(n)_b$ of the profile contour is used as a direct measured value at the reference position
- 55

bi or as a profile measurement value smoothed by an equalising function.

18. Method according to any one of claims 9 to 17,

characterised in that

the adapted profile contour $C_p(n+x)_m$ is analysed with respect to profile anomalies, such as strip beads or steep edge drops, particularly in the edge region of the metal strip.

19. Method according to claim 18,

characterised in that

when calculated strip beads are present the adapted profile contour $C_p(n+x)_m$ is iteratively improved by means of the process model by successively increasing a value of the profile contour at at least one of the reference positions b_i within the scope of the allowable profile setting limits and by appropriate resetting of the profile setting elements in order to reduce the height of the strip bead.

20. Method according to claim 18,

characterised in that

calculated strip beads are reduced or avoided by increasing the load in the last roll stand (run-out stand) or the last roll stands of a rolling train or in the last rolling passes of a stand of the rolling installation by redistributing the load from the front to the rear or by deselecting at least one roll stand or rolling pass within the scope of the processing and installation limits.

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

characterised in that for production of the $n + x$ th metal strip:

the profile setting elements are so set in step b) that the target values predetermined for a plurality of reference positions b_i or calculated prognosis values $C_p(n + x)_i$ for the profile contour are achieved within allowable minimum or maximum profile limits; or

the profile setting elements are so set in step b) that the target value predetermined for a reference position b_i is achieved or the deviation from the target value is minimal and at the same time the strip profile is maintained at at least one further strip width position within allowable minimum or maximum profile limits.

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

characterised in that

the determined adaptation values at the positions b_i and/or the adapted profile contour and/or the adaptation contour in the process model is or are taken into account - particularly transferred to the preceding rolling passes or stands with weighting factors or transfer functions - for calculation of the intermediate stand contours or intermediate pass contours of the front stands or the preceding passes and for optimised adjustment of the profile setting elements.

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

characterised in that

the reference position b_i is defined by way of its spacing from the edge of the metal strip.

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

characterised in that

for the setting of the target contour, with use of the strip contour adaptation, the following profile setting elements are employed: variable working roll cooling systems or zonal cooling means or local roll heating means for influencing the thermal crown and/or working roll displacements in conjunction with roll grinding (special roll grinds for combatting strip beads or strip edge drops, "tapered roll", CVC rolls, CVC rolls with a grind of higher order or polynomial n th order or trigonometric functions), strip edge heating means, strip zone cooling means, working roll bending means and/or stands with a roll pair cross function.

Revendications

1. Procédé pour la fabrication de bandes métalliques dans une installation de laminage, possédant un profil de contour désiré, le procédé présentant les étapes suivantes consistant à :

a) spécifier une valeur cible pour le profil du contour à au moins un endroit de référence b_i dans la direction en

largeur pour au moins une énième bande métallique ;

b) simuler un processus de laminage dans l'installation de laminage pour la fabrication de la bande métallique à l'aide d'un modèle de processus ; dans lequel on calcule des valeurs de réglage pour des organes de commande du contour et une valeur prédictive $C_p(n)_{bi}$ pour le profil du contour de la énième bande métallique à l'endroit de référence bi d'une manière telle que l'on atteigne le plus possible la valeur cible, - le cas échéant - en prenant en compte des anciennes valeurs d'adaptation à l'endroit de référence bi , ainsi que des restrictions éventuelles ;

c) régler les organes de commande du contour avec les valeurs de réglage calculées ;

d) laminier la énième bande métallique ;

e) mesurer la valeur réelle $C_{ist}(n)_{bi}$ du profil de contour de la énième bande métallique laminée à l'endroit de référence bi ; et

f) déterminer une nouvelle valeur d'adaptation $\Delta C(n)_{bi}$ sur base de la différence entre la valeur réelle $C_{ist}(n)_{bi}$ et la valeur prédictive $C_p(n)_{bi}$ pour le profil du contour de la énième bande métallique à l'endroit de référence bi ;

caractérisé en ce que

les étapes a), b) et c) sont mises en oeuvre avant la laminage de ladite au moins énième bande métallique pour une multitude I , la valeur de I étant ≥ 2 , d'endroits de référence bi , avec $1 \leq i \leq I$, dans au moins un tronçon en largeur de ladite au moins énième bande métallique;

en ce que les étapes e) et f) sont mises en oeuvre après le laminage de ladite au moins énième bande métallique pour la multitude I d'endroits de référence bi pour la détermination des nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)_{bi}$ à la multitude I des endroits de référence bi dans ledit au moins un tronçon en largeur de ladite au moins énième bande métallique ; et

g) **en ce que**, lors de la poursuite de la fabrication d'un tronçon longitudinal supplémentaire de la énième bande métallique ou d'une $n+xi$ ème bande métallique, avec $x = 1, 2, \text{ etc.}$, on répète au moins les étapes a) à d) avec $n = n+x$; dans lequel les nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)_{bi}$ déterminées précédemment conformément à l'étape f) au moins pour la énième bande métallique, pour la multitude I des endroits de référence bi lors du calcul des réglages des organes de commande du contour et lors du calcul des valeurs prédictives conformément à l'étape b), sont prises en compte sous la forme d'anciennes valeurs d'adaptation pour la $n+xi$ ème bande métallique.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé par** la détermination des nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)_{bi}$ conformément à l'étape f) aux endroits de référence bi de la énième bande métallique au moins en partie sous la forme d'une valeur d'adaptation de courte durée $\Delta C_K(n)_{bi}$ en se référant à la formule suivante :

$$\Delta C(n)_{bi} = \Delta C_K(n)_{bi} = \Delta C_K(n-x)_{bi} + [C_{ist}(n)_{bi} - C_p(n)_{bi}]$$

dans laquelle

K représente l'adaptation de courte durée ;

$x = 1, 2, 3, \dots$;

$\Delta C_K(n)_{bi}$ représente l'ancienne valeur d'adaptation de courte durée ;

$C_{ist}(n)_{bi}$ représente la valeur réelle mesurée pour le contour du profil de la énième bande métallique à l'endroit de référence bi ; et

$C_p(n)_{bi}$ représente la valeur prédictive calculée, respectivement le contour de bande calculé.

3. Procédé pour la fabrication de bandes métalliques dans une installation de laminage, possédant un profil de contour désiré, le procédé présentant les étapes suivantes consistant à :

a) spécifier une valeur cible pour le profil du contour à au moins un endroit de référence bi dans la direction en largeur d'au moins une énième bande métallique ;

b) simuler un processus de laminage dans l'installation de laminage pour la fabrication de la bande métallique à l'aide d'un modèle de processus ; dans lequel on calcule des valeurs de réglage pour des organes de commande du contour - le cas échéant en prenant en compte des anciennes valeurs d'adaptation à l'endroit de référence bi , ainsi que des restrictions éventuelles - d'une manière telle que l'on atteigne le plus possible la valeur cible ;

c) régler des organes de commande du contour avec les valeurs de réglage calculées ;

d) laminier la énième bande métallique ;

e) mesurer la valeur réelle $C_{ist}(n)bi$ du profil de contour de la énième bande métallique laminée à l'endroit de référence bi ;

e') calculer une valeur prédictive révisée $C'_p(n)bi$ pour le profil du contour de la énième bande métallique à l'endroit de référence bi sur base des conditions de l'installation de laminage et des conditions opératoires actuelles, telle qu'elles ont été précisées lors du laminage de la énième bande métallique conformément à l'étape d) ; et

f) déterminer une nouvelle valeur d'adaptation $\Delta C(n)bi$ sur base de la différence entre la valeur réelle $C_{ist}(n)bi$ et la valeur prédictive révisée $C'_p(n)bi$ pour le profil du contour de la énième bande métallique à l'endroit de référence bi ;

caractérisé en ce que

les étapes a), b) et c) sont mises en oeuvre avant la laminage de ladite au moins énième bande métallique pour une multitude l , la valeur de l étant ≥ 2 , d'endroits de référence bi , avec $1 \leq i \leq l$, dans au moins un tronçon en largeur de ladite au moins énième bande métallique ;

en ce que les étapes e), e') et f) sont mises en oeuvre après le laminage de ladite au moins énième bande métallique pour la multitude l d'endroits de référence bi pour la détermination des nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)bi$ à la multitude l des endroits de référence bi dans ledit au moins un tronçon en largeur de ladite au moins énième bande métallique ; et

g) **en ce que**, lors de la poursuite de la fabrication d'un tronçon longitudinal supplémentaire de la énième bande métallique ou d'une $n+xième$ bande métallique, avec $x = 1, 2, \text{ etc.}$, on répète au moins les étapes a) à d) avec $n = n+x$; dans lequel les nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)bi$ déterminées précédemment conformément à l'étape f) au moins pour la énième bande métallique, pour la multitude l des endroits de référence bi lors du calcul des réglages des organes de commande du contour et lors du calcul des valeurs prédictives conformément à l'étape b), sont prises en compte sous la forme d'anciennes valeurs d'adaptation pour la $n+xième$ bande métallique.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé par** la détermination des nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)bi$ conformément à l'étape f) aux endroits de référence bi de la énième bande métallique au moins en partie sous la forme d'une valeur d'adaptation de courte durée $\Delta C_K(n)bi$ en se référant à la formule suivante :

$$\Delta C(n)bi = \Delta C_K(n)bi = \Delta C_K(n-x)bi + [C_{ist}(n)bi - C'_p(n)bi]$$

dans laquelle

K représente l'adaptation de courte durée ;

$x = 1, 2, 3, \dots$;

$\Delta C_K(n)bi$ représente l'ancienne valeur d'adaptation de courte durée ;

$C_{ist}(n)bi$ représente la valeur réelle mesurée pour le contour du profil de la énième bande métallique à l'endroit de référence bi ; et

$C'_p(n)bi$ représente la valeur prédictive révisée, respectivement le contour de bande révisé.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** : la détermination des nouvelles valeurs d'adaptation $\Delta C(n)bi$ conformément à l'étape f) à la revendication 1) ou 3) aux endroits de référence bi au moins en partie sous la forme de valeurs d'adaptation de longue durée ΔC_Lbi par l'intermédiaire de la mise en oeuvre des étapes suivantes consistant à :

déterminer les valeurs d'adaptation via la répétition des étapes a) à f) selon la revendication 1 ou 3 à la multitude l d'endroits de référence bi pour une multitude de bandes métalliques laminées avant la $n+xième$ bande métallique d'un groupe d'adaptation ; et

calculer les valeurs d'adaptation de longue durée ΔC_Lbi via la formation des valeurs moyennes des valeurs d'adaptation ou via la formation des valeurs moyennes des différences entre des valeurs réelles et des valeurs prédictives pour le contour du profil pour la multitude de bandes métalliques respectivement à un des endroits de référence bi .

6. Procédé selon les revendications 2, 4 et 5, **caractérisé par** : la détermination des valeurs d'adaptation $\Delta C(n)bi$ conformément à l'étape f) respectivement sous la forme de valeurs d'adaptation additionnées $\Delta C_S(n)bi$ qui prennent la forme d'une somme de la valeur d'adaptation de courte durée

EP 3 271 092 B1

$\Delta C_{K(n)bi}$ et de la valeur d'adaptation de longue durée $\Delta C_L(n)bi$ pour son utilisation pour la bande métallique $n+x$.

7. Procédé selon les revendications 2, 4, 5 ou 6, **caractérisé par** :
la détermination de la valeur d'adaptation $\Delta C(n)bi$ conformément à l'étape f) et/ou par l'utilisation de la valeur d'adaptation $\Delta C(n)$ sous la forme d'une valeur d'adaptation de courte durée, d'une valeur d'adaptation de longue durée ou d'une valeur d'adaptation additionnée, pondérée avec un facteur de pondération g , avec $0 \leq g \leq 1$, ou pondérée avec une fonction de pondération.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé par** :
la détermination d'un profil d'adaptation $\Delta C(n+x)m$ pour la n +ième bande métallique sous la forme d'une fonction de jonction qui est guidée de préférence par les valeurs d'adaptation déterminées pour ladite au moins énième bande métallique à au moins deux des endroits de référence bi et de préférence en outre par au moins un point de calcul supplémentaire - calculé/prédéfini par le modèle de processus - à au moins un endroit supplémentaire m sur la largeur de la bande.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé par** la détermination d'un profil de contour adapté $C_P(n+x)m$ pour la n +ième bande métallique par l'addition d'un profil de contour calculé non adapté $C_P(n+x)m_{oA}$ - prédit à partir du modèle de processus - pour la n +ième bande métallique et du profil d'adaptation calculé $\Delta C(n+x)m$ pour la n +ième bande métallique.
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la détermination du profil d'adaptation ou du profil de contour adapté a lieu pour ≥ 2 tronçons en largeur de la bande métallique ; dans lequel le premier tronçon en largeur, se trouve par exemple dans la zone médiane en largeur, et le deuxième tronçon en largeur ou des tronçons en largeur supplémentaires se trouvent par exemple dans la zone des bords de la bande métallique.
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que**, dans le cas de deux tronçons en largeur, qui sont adjacents l'un à l'autre dans la direction de la largeur, on sélectionne le profil d'adaptation ou le profil de contour adapté sur les deux tronçons en largeur de préférence d'une manière telle que les allures du profil à la limite d'un tronçon de bande par rapport à l'autre peuvent être différenciées à tout moment, en particulier possèdent des inclinaisons égales.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 ou 11, **caractérisé en ce que** la fonction de jonction est formée sur au moins un des tronçons en largeur à partir d'une fonction linéaire, d'une fonction polynomiale, d'une fonction exponentielle, d'une fonction trigonométrique, d'une fonction spline ou d'une combinaison de différentes fonctions.
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** les fonctions de jonction sont différentes pour les différents tronçons en largeur qui sont voisins.
14. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** le profil d'adaptation ou le profil de contour adapté est extrapolé sur un tronçon en largeur de la bande métallique dans un tronçon en largeur voisin afin de déterminer un profil d'adaptation extrapolé ou un profil de contour adapté extrapolé dans la zone en largeur voisine.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, à la place de la valeur réelle mesurée $C_{ist}(n)bi$ du profil de contour de la bande métallique à l'endroit de référence bi , on utilise une valeur moyenne que l'on obtient à partir des valeurs réelles mesurées aux endroits de référence spéculaires bi sur la moitié droite et la moitié gauche de la bande métallique, lorsqu'on regarde dans la direction de laminage.
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 9, **caractérisé en ce qu'**on détermine les valeurs prédictives $C_P(n+x)bi$ et/ou le profil de contour adapté $C_P(n+x)m$ d'abord uniquement pour une moitié de bande, par exemple la moitié de bande du côté destiné au service, et on les reflète ensuite pour l'autre moitié de bande, par exemple pour la moitié de bande du côté destiné à la commande, dans le plan médian de la bande qui s'étend dans la direction longitudinale de la bande métallique.
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la valeur réelle mesurée $C_{ist}(n)bi$ du profil de contour est utilisée à titre de valeur de mesure directe à l'endroit de référence bi à titre d'une valeur de mesure du contour soumise à un lissage via une fonction de compensation.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 17, **caractérisé en ce que** le profil de contour adapté $C_p(n+x)_m$ est analysé à des fins de détection d'anomalies du contour, telles que des bourrelets de bandes ou bien des dégradations ou des relâchements abrupts des bords de bandes, en particulier dans la zone des bords de la bande métallique.

5

19. Procédé selon la revendication 18, **caractérisée en ce que**, en présence de bourrelets de bandes calculés, on améliore par voie itérative le profil de contour adapté $C_p(n+x)_m$ au moyen du modèle de processus, par l'intermédiaire d'une augmentation successive d'une valeur du profil de contour à au moins un des endroits de référence b_i dans le cadre des limites de réglage autorisées du contour et via de nouveau réglage correspondant des organes de commande du contour afin de réduire la hauteur du bourrelet de bande.

10

20. Procédé selon la revendication 18, **caractérisé en ce qu'on** réduit ou bien on évite des bourrelets de bandes calculés par l'intermédiaire d'une augmentation de la charge dans la dernière cage de laminoir (cage de sortie) ou dans les dernières cages de laminoir d'un train de laminoir ou lors de la dernière passe de laminage d'une cage de l'installation de laminage via une répartition de la charge depuis l'avant vers l'arrière ou par l'élimination d'au moins une cage de laminoir ou d'au moins une passe de laminage dans le cadre des limites du processus et de l'installation.

15

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pour la fabrication de la $n+xième$ bande métallique :

20

à l'étape b), on règle les organes de commande du contour d'une manière telle que l'on atteigne les valeurs cibles spécifiées ou les valeurs prédictives calculées $C_p(n+x)_{b_i}$ pour le profil du contour dans des limites de contour minimales ou maximales admissibles ; ou

à l'étape b), on règle les organes de commande du contour d'une manière telle que l'on atteigne la valeur cible spécifiée pour un endroit de référence b_i ou d'une manière telle que la déviation par rapport à la valeur cible soit minimale ; et **en ce que**, de manière simultanée à au moins un endroit supplémentaire sur la largeur de la bande, on maintient le contour de la bande dans des limites de contour minimales ou maximales admissibles.

25

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** prend en compte les valeurs d'adaptation déterminées aux endroits b_i et/ou le profil de contour adapté et/ou le profil d'adaptation dans le modèle de processus - en particulier on les transmet aux passes de laminage ou aux cages précédentes avec des facteurs de pondération ou avec des fonctions de transfert - pour le calcul de profils intermédiaires des cages ou de profils intermédiaires des passes des cages précédentes ou des passes précédentes et pour le réglage optimisé des organes de commande du contour.

30

35

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** définit l'endroit de référence b_i par l'intermédiaire de sa distance par rapport au bord de la bande métallique.

24. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, pour le réglage du profil cible en se servant de l'adaptation du profil de la bande, on met en oeuvre les organes de commande du contour indiqués ci-après : des systèmes variables de refroidissement des cylindres de travail ou des refroidissements de zones variables ou encore des réchauffements de zones de cylindres variables dans le but d'influencer le bombé thermique et/ou des déplacements des cylindres de travail en liaison avec des meulages de cylindres (des meulages de cylindres spéciaux afin de lutter contre des bourrelets de bandes ou bien des dégradations ou des relâchements des bords de bandes, des cylindres coniques « tapered roll », des cylindres CVC, des cylindres CVC présentant un meulage d'ordre supérieur, respectivement d'ordre polynomial, respectivement des fonctions trigonométriques), des réchauffements des bords des bandes, des refroidissements de zones des bandes, des flexions de cylindres de travail et/ou des cages équipées d'une fonction de laminage croisé, de type Quarto.

40

45

50

55

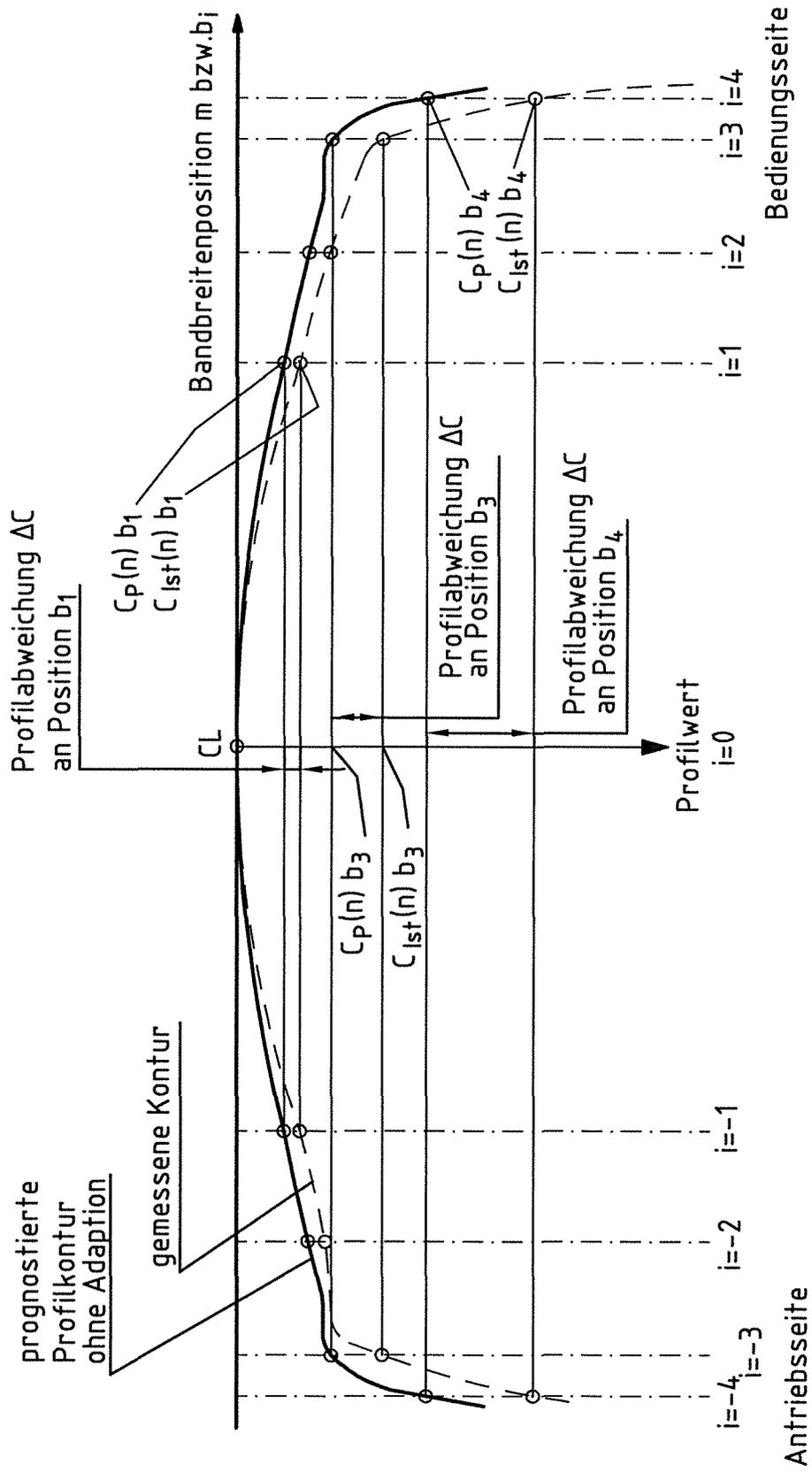


FIG.1

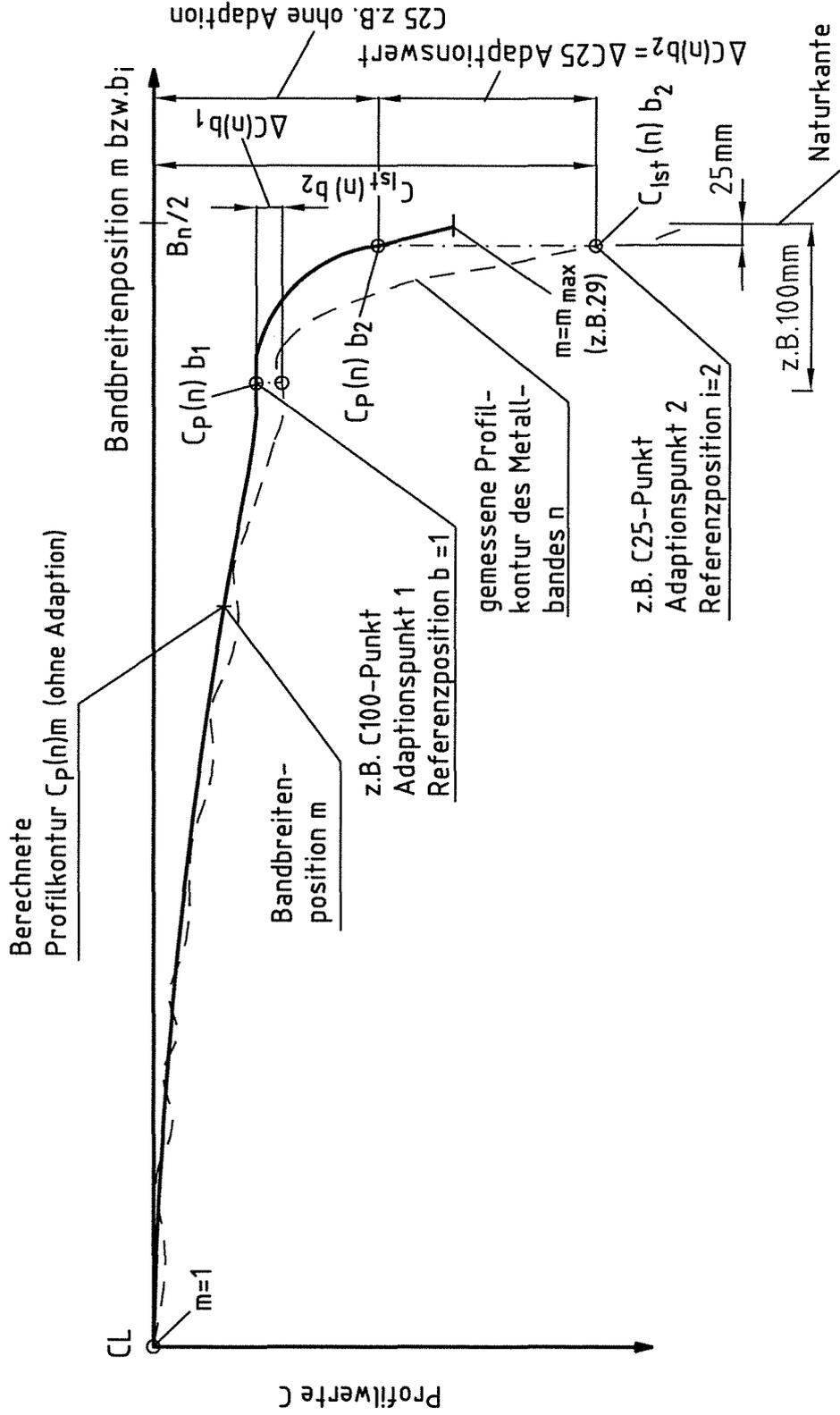


FIG.2.1

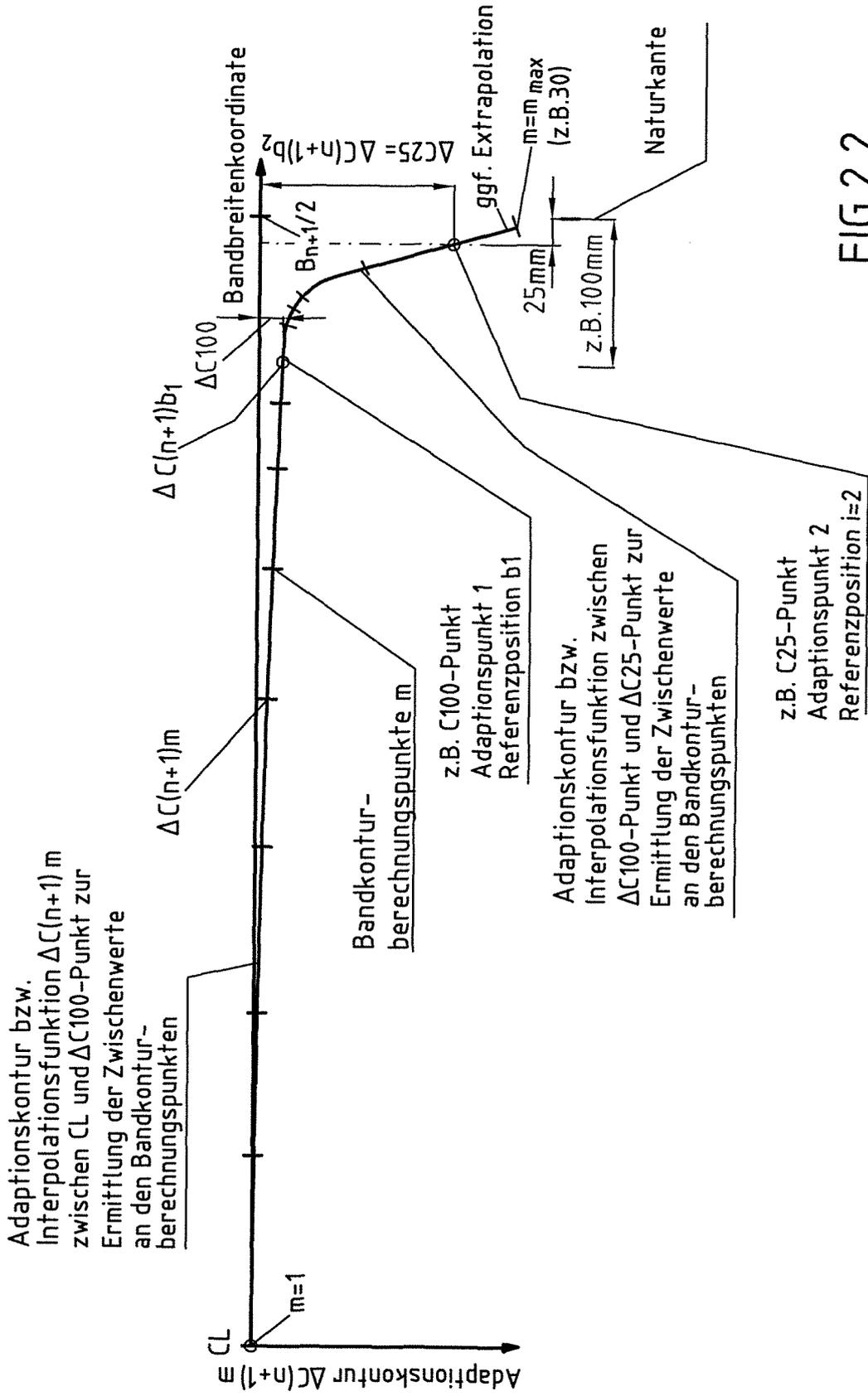


FIG.2.2

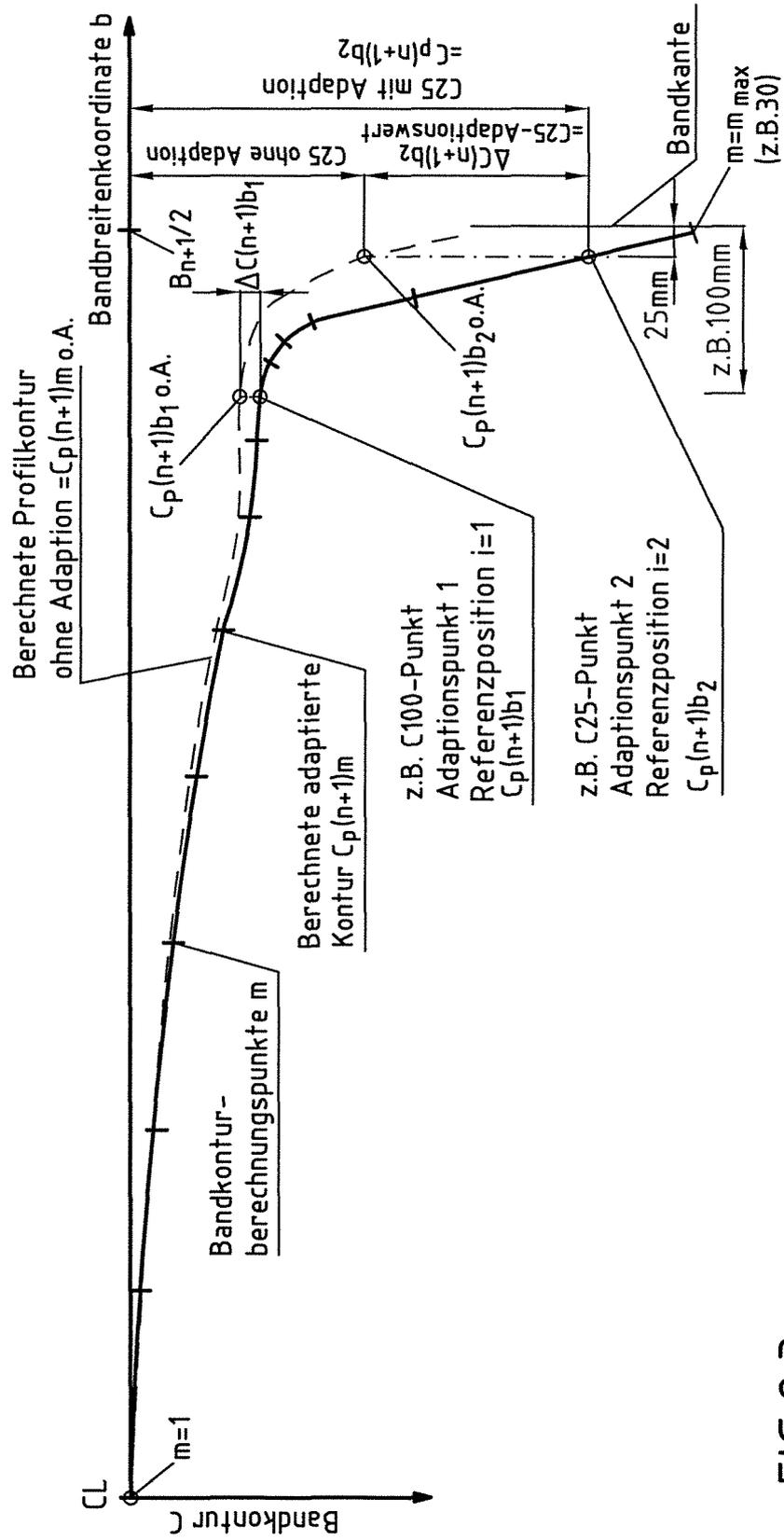


FIG.2.3

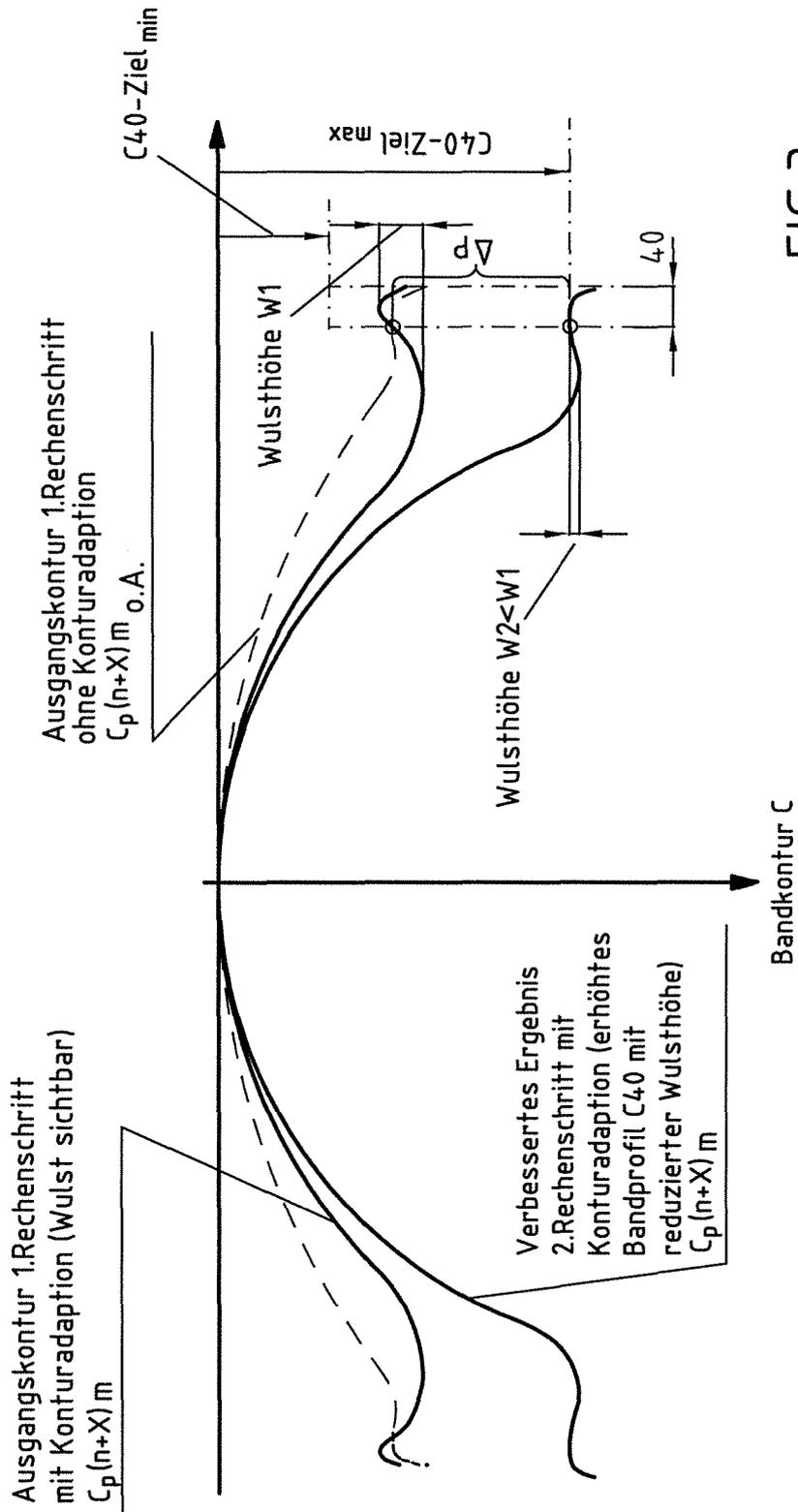


FIG.3

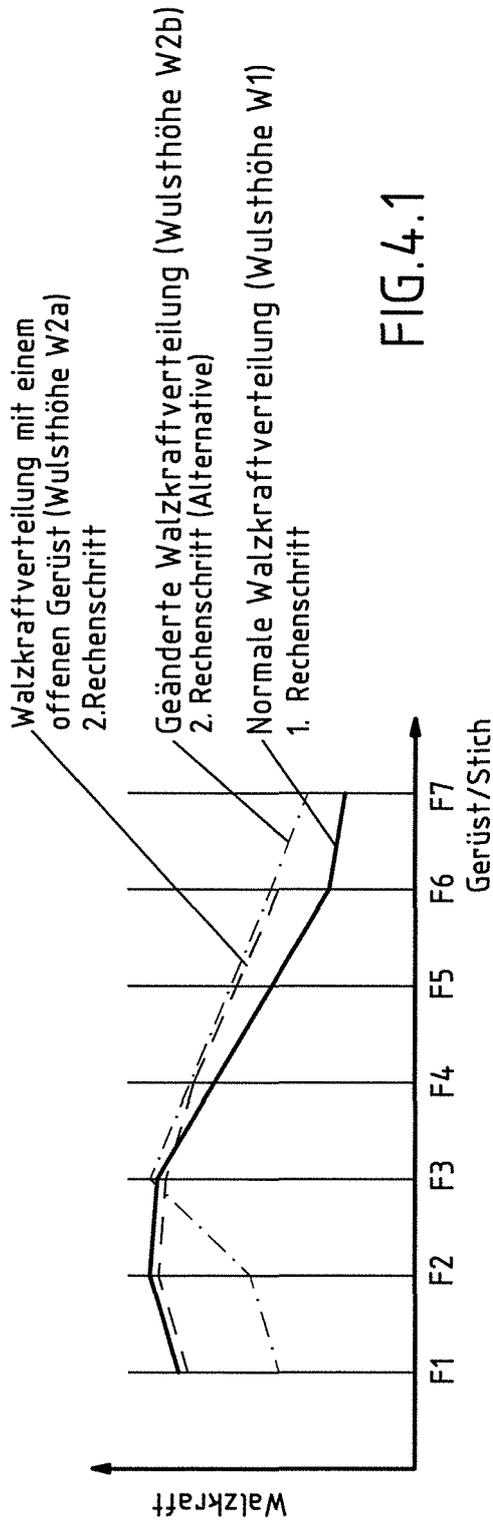


FIG.4.1

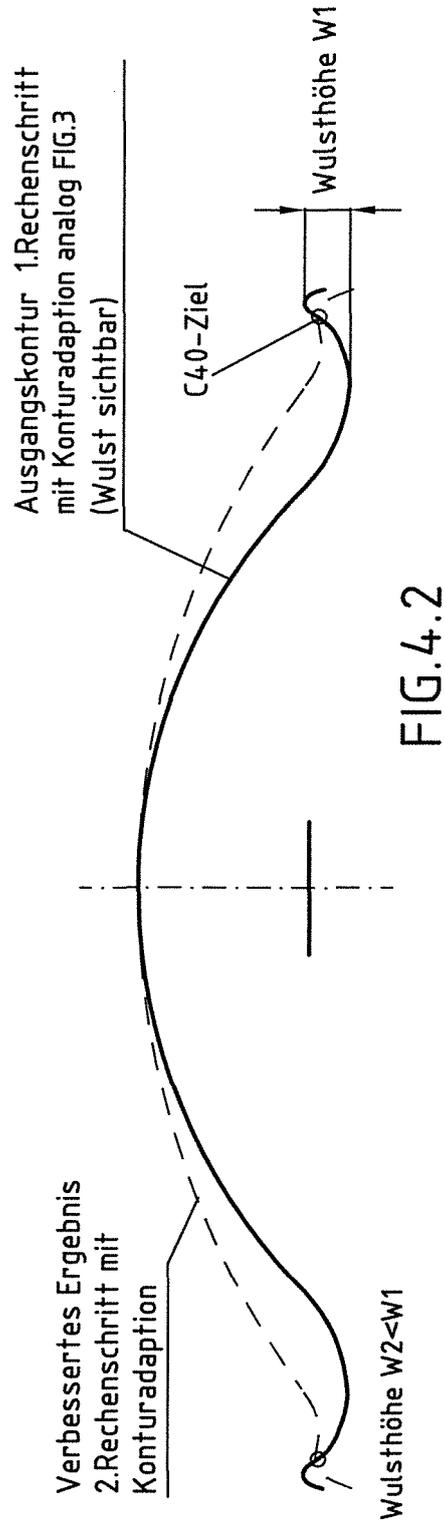


FIG.4.2

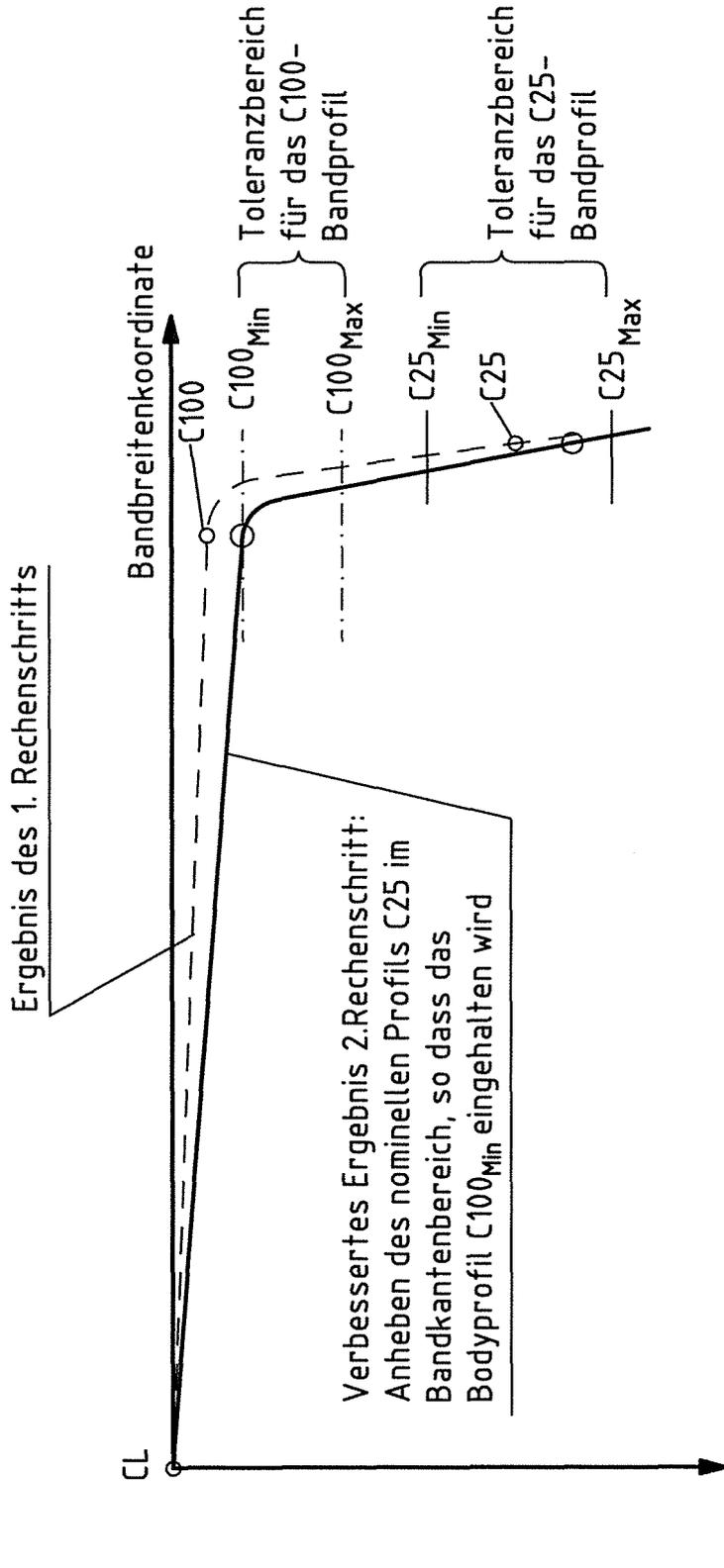


FIG.5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 1995034388 A [0004]
- EP 0618020 B1 [0005]