



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.03.2021 Patentblatt 2021/12

(51) Int Cl.:
B21B 37/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20196043.2**

(22) Anmeldetag: **14.09.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **Mathweis, Dietrich**
40479 Düsseldorf (DE)
- **Gorgels, Frank**
52080 Aachen (DE)
- **Dinger, Roland**
42657 Solingen (DE)
- **Peters, Ronny**
57271 Hilchenbach (DE)

(30) Priorität: **18.09.2019 DE 102019214192**

(71) Anmelder: **SMS Group GmbH**
40237 Düsseldorf (DE)

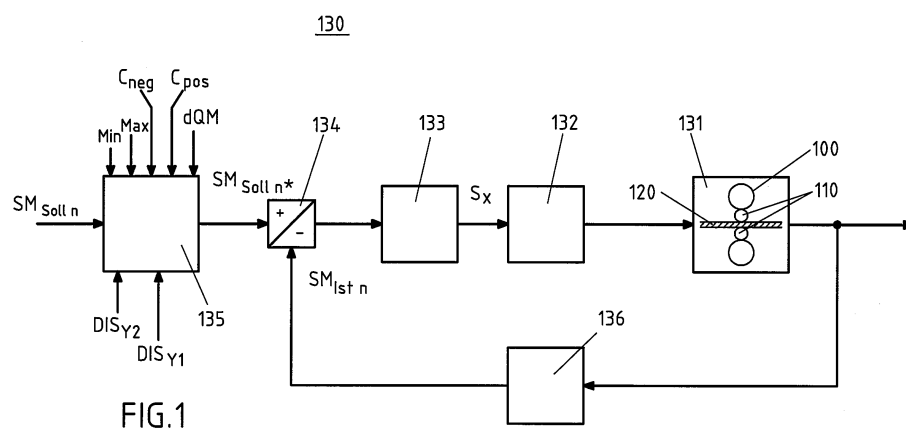
(74) Vertreter: **Klüppel, Walter**
Hemmerich & Kollegen
Patentanwälte
Hammerstraße 2
57072 Siegen (DE)

(72) Erfinder:
• **Sieghart, Jörn**
40721 Hilden (DE)

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts 100, dem ein erster und mindestens ein weiterer Regelkreis zum Regeln verschiedener Regelgrößen zugeordnet sind. Erfindungsgemäß erfolgt eine Überwachung des zeitlichen Verlaufs des Sollwertes SM_{soll}^* für die erste bzw. Master-Regelgröße dahingehend, ob der Sollwert aus einem vorgegebenen Toleranzbereich T herausfällt. Falls ja sieht die Erfindung die Berechnung eines korrigierten, d. h. betraglich verringerten oder erhöhten Sollwertes für die Master-Regelgröße vor, wodurch erreicht wird, dass der Sollwert wie-

der in den Toleranzbereich zurückkehrt. Darüber hinaus werden erfindungsgemäß die berechneten Korrekturan-teile für die Master-Regelgröße auch dazu verwendet, einen Kompensationsanteil für den Sollwert einer Slave-Regelgröße zu berechnen. Indem erfindungsgemäß darauf geachtet wird, dass der Sollwert innerhalb des Toleranzbereiches verbleibt, wird sichergestellt, dass zu-mindest ein Master-Stellglied 132 eines Masterregelkreises 130 nicht an seine physikalischen Leistungsgrenzen stößt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts mit einem Paar Arbeitswalzen, welche einen Walzspalt aufspannen zum Walzen eines Metallbandes.

[0002] Derartige Walzgerüste sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt, so z. B. aus der chinesischen Patentschrift CN 102581035 B. Dem dort offenbarten Walzgerüst sind ein erster Regelkreis mit einem ersten Stellglied zum Regeln einer ersten Regelgröße auf einen zeitlich variablen ersten Sollwert und k weitere Regelkreise mit $k=1-K$ zugeordnet. Jeder der k 'ten Regelkreise weist jeweils ein k 'tes Stellglied zum Regeln einer k 'ten Regelgröße auf. Der Sollwert für die erste Regelgröße im Stand der Technik ist zeitlich variabel bzw. hat einen zeitlich variablen Anteil zur Kompensation von Änderungen von Prozessgrößen während eines Walzprozesses. Aufgrund der zeitlichen Variabilität des Sollwertes kann das Stellglied des ersten Regelkreises seine Leistungsgrenze erreichen; siehe Figur 5a: "ohne Korrektur". Dadurch kann ein Stellweg-Fehlbetrag bei dem ersten Stellglied entstehen.

Dieser Stellweg-Fehlbetrag kann im Stand der Technik durch die bekannten weiteren Regelkreise des Walzgerüsts nicht hinreichend kompensiert werden.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts mit einem ersten und mindestens einem weiteren Regelkreis dahingehend weiterzubilden, dass der Entstehung eines (solchen) Leistungsfehlbetrages bei dem Stellglied des ersten Regelkreises vorgebeugt wird.

[0004] Diese Aufgabe der Erfindung wird durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst.

[0005] Das dort beanspruchte Überwachen des zeitlichen Verlaufs des Sollwertes des ersten Regelglieds im Hinblick auf die Schwellenwerte Min, Max, welche innerhalb der Leistungsgrenzen des ersten Stellglieds liegen, ermöglicht vorteilhafterweise ein präventives Einleiten einer Gegenmaßnahme, bevor das Master-Stellglied aufgrund eines betragsmäßig zu groß vorgegebenen Sollwertes für die erste Regelgröße an seine Leistungsgrenze stößt. Konkret sieht die Gegenmaßnahme vor, dass bereits bei Erreichen des Schwellenwertes Min oder Max, d.h. noch vor Erreichen der unteren oder oberen Leistungsgrenze des Master-Stellglieds, der Sollwert für die erste Regelgröße betragsmäßig um einen erfindungsgemäß ermittelten Korrekturanteil vergrößert bzw. verkleinert wird. Der so berechnete korrigierte Sollwert für die erste Regelgröße ist meist betragsmäßig kleiner als der zuvor vorgesehene Sollwert und wird anstelle des vorher vorgesehenen Sollwertes für den ersten Regelkreis vorgegeben. Die Korrekturanteile für den Master-Sollwert SM werden präventiv so bemessen, dass das Master-Stellglied erst gar nicht an seine obere oder untere Leistungsgrenze gefahren wird.

[0006] Die Vorteile der Anwendung der beschriebenen Verfahrensschritte liegen grundsätzlich in der Verbesserung der Walzstabilität sowie der Verbesserung der Produktqualität und Reduzierung von Abmaßlängen.

[0007] Die Stabilität einer Walzanlage kann erhöht werden, indem Stellglieder gezielt durch die erfindungsgemäße Verknüpfung der Master- Slave Regelkreise in für den Walzprozess günstige Arbeitspunkte gefahren werden. Diese Arbeitspunkte können prozesstechnische Vorteile bieten, wie z.B. ein gezieltes Steuern der Stellglieder in erprobte und oder vorab berechnete Arbeitsbereiche.

[0008] Es können weiterhin Vorteile erzielt werden, indem die Stellglieder durch die Wahl der Schwellenwerte (Min, Max) gezielt in Bereiche gefahren werden, in denen deren Verhalten nahezu linear ist.

[0009] Zusätzlich ergeben sich Vorteile dahingehend, dass die Stellglieder mit hohen dynamischen Eigenschaften strategisch in Arbeitsbereichen gehalten werden, in denen sie schnell auf eventuell auftretende Prozessänderungen, wie z.B. eine Beschädigung des einlaufenden Materials, reagieren können.

[0010] Insbesondere die Zuordnung der Verknüpfung zwischen Master und Slave Stellgliedern bietet zusätzliche Flexibilität. Die Zuordnung der Stellglieder kann für verschiedene Prozesssituationen und oder Anlagentypen unterschiedlich ausfallen. So kann zum Beispiel bei einer Bandbreite r ein anderes Stellglied als Master Stellglied definiert werden als bei einer Bandbreite j . Auch die Zuordnung und Prioritäten der Slave Stellglieder sind in Echtzeit durch den Faktor a_k veränderbar für eine optimale Anpassung an aktuelle Prozessgegebenheiten.

[0011] Gemäß einem ersten vorteilhaften Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das Walzgerüst nicht nur einen ($k=1$), sondern zusätzlich weitere Slave-Regelkreise $k=2-K$ auf. Das Verfahren weist dann vorzugsweise folgenden weiteren Schritt auf: Durchführen der Schritte ii) analog jeweils für jeden der weiteren $k=2-K$ Regelkreise mit ihren jeweiligen $k=2-K$ 'ten Slave-Stellgliedern.

[0012] Das Vorsehen der k weiteren Regelkreise mit ihren jeweiligen Stellgliedern bietet den Vorteil, dass ein eventuell festgestellter Leistungs- bzw. Stellweg-Fehlbetrag des Master-Stellglieds nicht nur durch ein erstes Slave-Stellglied, sondern zusätzlich auch durch die besagten weiteren Stellglieder mit $k=2-K$ der weiteren Regelkreise kompensiert werden kann, falls erforderlich.

[0013] Das erfindungsgemäße Verfahren kann Anwendung finden sowohl beim Warmwalzen wie auch beim Kaltwalzen von Metallband.

[0014] Sowohl der Master-Regelkreis wie auch alle Slave-Regelkreise werden zeitlich kontinuierlich bzw. iterativ betrieben. D. h. es findet eine kontinuierliche bzw. fortlaufende Regelung der Regelgröße auf ihre jeweils vorgegebenen Sollwerte statt.

[0015] Der in der Beschreibung und in den Ansprüchen teilweise verwendete Begriff "Sollwert" steht repräsentativ für ein zeitlich veränderliches Sollwert-Signal. Aufgrund der in der Digitaltechnik üblichen zeitendiskreten Betrachtung wird in der Beschreibung stattdessen auch der besagte Begriff "Sollwert" verwendet; dieser Sollwert ist jedoch keineswegs zwingend notwendig als zeitlich konstant anzusehen.

[0016] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0017] Der Beschreibung sind fünf Figuren beigelegt, wobei

Figur 1 einen ersten bzw. Master-Regelkreis zum Regeln einer ersten Regelgröße bei einem Walzgerüst;

Figur 2 eine Master-Sollwert-Korrekturereinheit zur Berechnung eines korrigierten Master-Sollwertes;

Figur 3 einen dem Walzgerüst zugeordneten k'ten Slave-Regelkreis zum Regeln einer k'ten Regelgröße;

Figur 4 eine Slave-Sollwert-Korrekturereinheit zur Berechnung eines korrigierten k'ten Slave-Sollwertes; und

Figuren 5a), 5b) und 5c) die Ermittlung eines Korrekturanteils y_1 und eines Kompensationsanteils ZSL_k bei Durchführung einer erfindungsgemäß notwendigen Korrektur des Master-Sollwertes SM_{Soll}

zeigt.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die genannten Figuren in Form von Ausführungsbeispielen detailliert beschrieben. In allen Figuren sind gleiche technische Elemente mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

[0019] Figur 1 zeigt einen ersten bzw. Master-Regelkreis 130 zum Regeln einer ersten Regelgröße bei einem Walzgerüst 100 auf einen vorgegebenen Master-Sollwert $SM_{Soll\ n^*}$. Zum Zwecke der Regelung wird dieser Sollwert verglichen mit einem Istwert der Regelgröße $SM_{Ist\ n}$. Dies geschieht in einer Vergleichereinrichtung 134, typischerweise einem Differenzbildner. Das Ergebnis dieses Vergleiches findet als Regelabweichung Eingang in einen Master-Regler 133, welcher an seinem Ausgang ein Stellglied für ein Master-Stellglied 132 erzeugt. Das Master-Stellglied nimmt Einfluss auf die Regelstrecke 131 des ersten bzw. Master-Regelkreises 130. Die Regelstrecke besteht hier beispielhaft aus einem Walzgerüst 100 zum Walzen von Metallband 120 mit Hilfe von Arbeitswalzen 110. Bei Ausbildung des Walzgerüsts 100 in Quarto-Bauweise sind den Arbeitswalzen 110 jeweils Stützwalzen zugeordnet. Bei Ausbildung des Walzgerüsts in Sechsto-Bauweise weist das Walzgerüst neben den Arbeits- und Stützwalzen außerdem noch Zwischenwalzen auf (in Figur 1 nicht gezeigt). Gemäß dem in Figur 1 dargestellten Regelkreis 130 wird die Regelgröße am Ausgang der Regelstrecke 131 erfasst mit Hilfe einer Erfassungseinrichtung 136, typischerweise einem Messglied. Bei der erfassten Regelgröße handelt es sich um den besagten Istwert der Regelgröße, der am Ausgang der Erfassungseinrichtung 136 auf den Eingang der Master-Vergleichereinrichtung 134 geschaltet wird.

[0020] Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist weniger der beschriebene Regelkreis 130, sondern vielmehr die ebenfalls in Figur 1 gezeigte Master-Sollwert-Korrekturereinrichtung 135. Diese dient dazu, einen ursprünglich bzw. zuvor vorgesehenen Sollwert $SM_{Soll\ n}$ in einen korrigierten Master-Sollwert $SM_{Soll\ n^*}$ umzuwandeln für den Fall, dass die Summe aus dem vorherigem Master-Sollwert $SM_{Soll\ n}$ und zuvor berechneten Korrekturanteilen $y_{1\ n-1}$ und $y_{2\ n-1}$ so groß sein sollte, dass sie das Master-Stellglied 132 an seine Leistungsgrenzen bringen würde. Zur Berechnung des korrigierten Master-Sollwertes $SM_{Soll\ n^*}$ werden der Master-Sollwert-Korrekturereinrichtung 135 neben dem vorherigen Sollwert $SM_{Soll\ n}$ diverse andere Parameter zugeführt. Dabei handelt es sich um:

- Max: einen oberen Schwellenwert für die erste bzw. Master-Regelgröße
- Min: einen unteren Schwellenwert für die erste bzw. Master-Regelgröße
- $Cpos_n$ maximal zulässiger Planheitsfehler oder maximal zulässige Walzspaltprofilkonturänderung, jeweils 2. oder höherer Ordnung, oder die Summe aus beiden, gültig für eine Veränderung des Sollwertes in positiver Richtung;
- $Cneg_n$ minimal zulässiger Planheitsfehler oder minimal zulässige Walzspaltprofilkonturänderung, jeweils 2. oder höherer Ordnung, oder die Summe aus beiden gültig für eine Veränderung des Sollwertes in negativer Richtung;
- dQM_n : Verhältnis von Änderung des Sollwertes der Stellgröße des Masterstellglieds zu Änderung der Planheit 2. und/oder höherer Ordnung des Metallbandes; oder Verhältnis von Änderung des Sollwertes der Stellgröße des Masterstellglieds zu Änderung der Walzspaltkontur 2. und/oder höherer Ordnung.

[0021] Figur 2 zeigt den Aufbau der besagten Master-Sollwert-Korrekturereinrichtung 135 im Detail. In dieser Korrekturereinrichtung wird die Summe aus dem vorherigen Master-Sollwert $SM_{Soll\ n}$ und den zuvor berechneten Korrekturan-

teilen $y1_{n-1}$ und $y2_{n-1}$ in einer Schwellenwert-Überwachungseinrichtung 135-1 dahingehend überwacht, ob sie einen vorgegebenen oberen Schwellenwert Max über- oder einen vorgegebenen unteren Schwellenwert Min unterschreitet. Das Ergebnis wird am Ausgang der Überwachungseinrichtung 135-1 bereitgestellt, hier beispielhaft in Form der Ausgangssignale x_1 , x_2 , welche beispielsweise binärkodiert sind. Bei den Signalen x_1 und x_2 handelt es sich faktisch um Freigabesignale zum Freigeben einer Berechnungseinheit 135-2 für einen Korrekturanteil $y1$ für den Master-Sollwert oder zur Freigabe einer Berechnungseinheit 135-3 für einen alternativen Korrekturanteil $y2$ für den Master-Sollwert $SM_{Soll\ n}$.

[0022] Sämtliche in der vorliegenden Beschreibung verwendeten Werte bzw. Signale sind zeitabhängig und deshalb mit dem Index n versehen, wobei $n=1 \dots N$ diskrete Zeitpunkte repräsentiert. Diese Zeitpunkte werden durch die Taktzyklen der Regelung, also die Durchläufe der Regelschleife, vorgegeben.

[0023] Wenn bei der Überwachung in der Überwachungseinrichtung 135 festgestellt wird, dass der Sollwert $SM_{Soll\ n}$ für die erste Regelgröße den oberen Schwellenwert Max eines Toleranzbereiches T überschreitet, wird der Korrekturanteil $y1$ entweder prozess- oder anlagenspezifisch vorgegeben oder er wird in der Berechnungseinheit 135-2 gemäß folgender Formel berechnet:

$$y1n = (y1n-1) - (Cposn * dQMn)$$

[0024] Alternativ: Wenn dagegen in der Überwachungseinrichtung 135-1 festgestellt wird, dass der Sollwert $SM_{Soll\ n}$ für die erste Regelgröße den unteren Schwellenwert Min des Toleranzbereiches T unterschreitet, wird ein Korrekturanteil $y2$ prozess- oder anlagenspezifisch vorgegeben oder in der Berechnungseinheit 135-3 gemäß folgender Formel berechnet:

$$y2n = (y2n-1) + (Cnegn * dQMn).$$

[0025] Schließlich werden, wenn bei der Überwachung in der Überwachungseinrichtung 135-1 festgestellt wird, dass der Sollwert $SM_{Soll\ n}$ für die erste Regelgröße weder den oberen Schwellenwert Max des Toleranzbereiches überschreitet, noch den unteren Schwellenwert des Toleranzbereiches T unterschreitet, die Korrekturanteile $y1$, $y2$ für den Wert der ersten Regelgröße wie folgt berechnet:

$$y1n = y1n-1;$$

und

$$y2n = y2n-1.$$

[0026] Die so berechneten Korrekturanteile $y1$ bzw. $y2$ gehen gemäß Figur 2 ein in eine Berechnungseinheit 135-4 zur Berechnung des korrigierten Sollwertes $SM_{Soll\ n^*}$. Typischerweise handelt es sich bei der Berechnungseinheit um eine Additionseinrichtung, welche die Korrekturanteile $y1$ bzw. $y2$ dem bisherigen Master-Sollwert $SM_{Soll\ n}$ additiv hinzufügt, um auf diese Weise das besagte korrigierte Sollwert-Signal zu berechnen.

[0027] Der Korrekturanteil $y1$ ist typischerweise negativ und der Korrekturanteil $y2$ ist typischerweise positiv. Im Ergebnis muss das Vorzeichen so gewählt werden, dass der Sollwert $SM_{Soll\ n+1}$ in den Toleranzbereich verschoben wird. Im Ergebnis ist der korrigierte Sollwert $SM_{Soll\ n^*}$ typischerweise betraglich kleiner als der vorherige Master-Sollwert $SM_{Soll\ n}$. Unter bestimmten Umständen werden die Berechnungseinheiten 135-2 und 135-3 für die Korrekturanteil $y1$ und $y2$ individuell gesperrt; dies erfolgt mit den in Figur 2 angedeuteten Disable-Signalen DIS_{y2} und DIS_{y1} .

Bei einer Sperrung gilt:

$$Y1n = Y1n-1;$$

und/oder

$$Y2n = Y2n-1.$$

[0028] Unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 wurde bisher der Master-Regelkreis 130 beschrieben.

[0029] Die Figuren 3 und 4 beschreiben darüber hinaus weitere dem Walzgerüst 100 zugeordnete Regelkreise 140-k mit $k=1\text{--}K$, sogenannte Slave-Regelkreise. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass dem Walzgerüst 100 neben dem Master-Regelkreis 130 zumindest ein weiterer Slave-Regelkreis 140-k zugeordnet ist.

[0030] Figur 3 veranschaulicht den Aufbau eines solchen Slave-Regelkreises 140-k im Detail. Er ist für alle Slaves k analog aufgebaut. Der Slave-Regelkreis 140-k dient dazu, eine Slave-Regelgröße $SL_{k\text{ Ist }n}$ auf einen korrigierten Sollwert $SL_{k\text{ Soll }n^*}$ zu regeln. Zu diesem Zweck wird der Istwert der Regelgröße mit Hilfe einer Erfassungseinrichtung 146-k erfasst und in einem Slave-Vergleicher 144-k mit dem korrigierten Sollwert $SL_{k\text{ Soll }n^*}$ verglichen. Das Ergebnis wird in Form einer Regelabweichung dem k 'ten Regler 143-k zugeführt, welcher an seinem Ausgang ein Stellsignal für ein k 'tes Slave-Stellglied 142-k bereitstellt. Das Slave-Stellglied 142-k nimmt Einfluss auf eine k 'te Regelstrecke 141-k. Bei dieser Slave-Regelstrecke 141-k handelt es sich typischerweise um dasselbe Walzgerüst 100, welches auch die Master-Regelstrecke 131 des ersten Regelkreises 130 repräsentiert.

[0031] Erfindungsgemäß wird das bisherige Slave-Sollwert-Signal $SL_{k\text{ Soll }n}$ mit Hilfe einer Sollwert-Korrektureinrichtung 145-k in dem besagten korrigierten Slave-Sollwert $SL_{k\text{ Soll }n^*}$ korrigiert bzw. umgerechnet. Zu diesem Zwecke empfängt die k 'te Sollwert-Korrektureinrichtung 145-k diverse Eingangsgrößen, dabei handelt es sich neben dem besagten k 'ten Slave-Sollwert $SL_{k\text{ Soll }n}$ auch um folgende Größen:

y_1, y_2 kumulierte Korrekturanteile des Masterstellgliedes

dQS_k Differenzenquotient, welcher das Verhältnis von Änderung des Sollwertes des k 'ten Regelkreises 142-k zu einer Änderung des Sollwertes des ersten bzw. Master-Regelkreises 130 repräsentiert

a_k Koeffizient mit $\sum_{k=1}^K a_k = \text{konstant}$, vorzugsweise = 1.

[0032] Figur 4 zeigt den Aufbau einer k 'ten Sollwert-Korrektureinrichtung 145-k im Detail. Insgesamt sind erfindungsgemäß insgesamt K Sollwert-Korrektureinrichtung 145-k entsprechend der Anzahl der Slave-Regelkreise 140-k mit $k=1\text{--}K$ vorgesehen. Der Aufbau der Regelkreise 140-k sowie der jeweils zugeordneten Sollwert-Korrektureinrichtungen 145-k sind für alle k -Slaves grundsätzlich identisch, wie in Figur 4 dargestellt. Der Einfachheit halber wird deshalb nachfolgend lediglich beispielhaft eine erste Sollwert-Korrektureinrichtung 145-k=1 detailliert beschrieben.

[0033] Die Sollwert-Korrektureinrichtung 145-k=1 empfängt neben dem bisherigen Slave-Sollwert $SL_{k=1\text{ Soll }n}$ auch die in der Master-Sollwert-Korrektureinrichtung 135 berechneten Korrekturanteile y_1 und y_2 für die Korrektur des Master-Sollwertes. Diese beiden Korrekturanteile werden in einer Additionseinrichtung 145-k=1-1 aufaddiert und die so berechnete Summe findet Eingang in eine Berechnungseinheit 145-1-2 zur Berechnung eines Kompensationsanteils $ZSL_{k=1}$ für den Slave k . Innerhalb dieser Berechnungseinheit erfolgt die Berechnung gemäß der nachfolgenden Formel:

$$ZSL_k = (y_1 + y_2) * dQS_k * a_k$$

mit

$k=1\text{--}K$: Anzahl der Slave-Stellglieder 142-k.

[0034] Schließlich erfolgt in einer weiteren Berechnungseinheit 145-1-3 die Berechnung des korrigierten Slave-Sollwertes durch Addition des bisherigen bzw. vorherigen Slave-Sollwertes $SL_{k=1\text{ Soll }n}$ und des berechneten Kompensationsanteils ZSL_k .

[0035] Innerhalb der Berechnungseinheit 145-k=1-2 für den Kompensationsanteil erfolgt auch die Ermittlung eines Leistungsfehlbetrages Δp_k des k 'ten Stellgliedes. Für den Fall, dass die obere oder untere Leistungsgrenze des k 'ten Slave-Stellgliedes erreicht wird, wird der festgestellte Stellweg-Fehlbetrag auf die verbleibenden Slave-Stellglieder verteilt durch geeignete Änderung der jeweiligen Koeffizienten a_k der verbleibenden Slave-Stellglieder. Zu diesem Zweck werden die in den k -Slave-Sollwert-Korrektureinrichtungen 145-k ermittelten Leistungsfehlbeträge Δp_k an eine ebenfalls in Figur 4 gezeigte Leistungsverteilungs-Berechnungseinrichtung 150 eingegeben, damit diese auf Basis der genannten Eingangssignale die Koeffizienten a_k für die einzelnen Slave-Sollwert-Korrektureinrichtungen 145-k aktualisiert und darüber hinaus die Sperr- bzw. Disable-Signale DIS_{y_1} und DIS_{y_2} für die Berechnungseinheiten 135-2 und 135-3 für die Korrekturanteile y_1 und y_2 bereitstellt. Die Sperrsignale sind beispielsweise gesetzt zu $DIS_{y_1} = 1$, $DIS_{y_2} = 1$.

[0036] Für den Fall, dass die verbleibenden Slave-Stellglieder den Stellweg-Fehlbetrag des k 'ten Slave-Stellgliedes nicht hinreichend kompensieren können, wird zumindest einer der Korrekturanteile der ersten Regelgröße konstant gehalten; dies erfolgt durch die besagten Disable-Signale DIS_{y_1} und DIS_{y_2} , welche von der Leistungsverteilungs-Berechnungseinrichtung 150 berechnet werden, wie oben unter Bezugnahme auf Figur 4 beschrieben.

[0037] Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 5a, 5b und 5c näher

beschrieben:

In Figur 5a sind die obere und die untere physikalische Leistungsgrenze des Master-Stellgliedes 132 eingetragen. Sie entsprechen einer oberen und/oder einer unteren, positiven und/oder negativen Betriebsgrenze des Master-Stellgliedes 132. Die Erfindung sieht vor, dass diese Leistungsgrenzen bei der Ansteuerung des Master-Stellgliedes mit dem zugehörigen, von dem Master-Regler 133 generierten Stellsignal S_x in keinem Fall erreicht werden sollen, auch wenn der Master-Sollwert bzw. dessen zeitliche Änderung noch so groß sind. Zu diesem Zweck wird der Sollwert $SM_{Soll\ n}$ erfindungsgemäß im Hinblick auf das Erreichen von niederschwelligeren Grenzwerten Max, Min mit Hilfe der Überwachungseinrichtung 135-1 überwacht. Diese Grenzwerte sind insofern niederschwelliger, als dass sie innerhalb der oberen und unteren Leistungsgrenze des Master-Stellgliedes liegen. Durch die Überwachung dieser niederschwelligeren Grenzwerte ist es möglich, bereits vor Erreichen der oberen oder unteren Leistungsgrenze präventiv tätig zu werden, indem erfindungsgemäß die besagten Korrekturanteile y_1 und y_2 für den Master-Sollwert berechnet werden. Aus einer Zusammenschau der Figuren 5a und 5b ist ersichtlich, dass der Master-Sollwert SM_{Soll} bei Erreichen des oberen Grenzwertes Max zum Zeitpunkt n durch Anpassung des Betrags des Korrekturanteils y_1 verringert wird. Daraus resultiert der korrigierte Master-Sollwert zum Zeitpunkt n_1 . Der so verringerte korrigierte Master-Sollwert $SM_{Soll\ n_1^*}$ ist weiter entfernt von der oberen Leistungsgrenze und befindet sich außerdem tiefer und stabiler innerhalb eines durch den oberen und den unteren Grenzwert Max, Min aufgespannten Toleranzbereich T . Aber auch dieser korrigierte Master-Sollwert zum Zeitpunkt n_1 wird weiterhin in der Überwachungseinrichtung 135-1 im Hinblick auf das Erreichen des oberen oder unteren Grenzwertes überwacht. Wenn dies zum Zeitpunkt n_2 festgestellt wird, so erfolgt eine erneute Korrektur, konkret eine erneute Verminderung seines Wertes um einen dann neu berechneten Korrekturanteil y_1 . Aus dieser Korrektur resultiert ein neuerlicher korrigierter Master-Sollwert $SM_{Soll\ n_2^*}$ zum Zeitpunkt n_2 .

In Figur 5c wird die erfindungsgemäße Reaktion des Slave Stellgliedes angezeigt. Dies dient der Vermeidung von Störungen in der Bandplanheit, die durch das präventive Verfahren des Master Stellgliedes verursacht würden. Unter Zuhilfenahme des Differenzenquotienten dQS_k werden die Verfahrenswege für die aktiven Slave-Stellglieder, siehe Fig. 5c, so berechnet, dass die Störung in der Planheit, die das präventive Verfahren des Master Stellgliedes verursacht, durch ein entsprechendes Verfahren mindestens eines Slave Stellgliedes präventiv neutralisiert wird.

[0038] Im Resultat geschieht das Verfahren des Master-Stellgliedes durch die gegensinnige Ansteuerung mindestens eines Slave-Stellgliedes mit nur geringen Planheitsstörungen oder sogar planheitsneutral.

[0039] Die erste und jede der zweiten Regelgrößen für den Master- und die Slave-Regelkreise wird vorzugsweise aus der Menge folgender Größen gewählt:

- Biegekraft für die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen des Walzgerüsts ;
- Position und/oder Horizontalverschiebung für die Arbeits- und/oder Zwischenwalzen;
- Position, Kraft und/oder Drehwinkel einer Exzentereinrichtung zur Einstellung einer Änderung der Walzspaltkontur; und/oder
- Druck eines Kühlmediums, Durchflussmenge des Kühlmediums, Neigungswinkel einer Zonenkühleinrichtung zur Kühlung einer Arbeitswalze 110 über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
- Druck eines Heizmediums, Durchflussmenge des Heizmediums, Neigungswinkel einer Zonenheizeinrichtung zum Aufwärmen einer Arbeitswalze über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
- Stromstärke, elektrische Leistung für induktive Walzenerwärmung;
- Differenzposition zwischen Bedien- und Antriebsseite einer hydraulischen Anstellung für die Walzen 110.

[0040] Das Master- 132 und jedes der Slave-Stellglieder 142-k wird vorzugsweise aus der Menge folgender Stellglieder gewählt:

- Biegeeinrichtung für die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen des Walzgerüsts (100);
- Axialverschiebung für die Arbeits- und/oder Zwischenwalzen;-Exzentereinrichtung zur Einstellung einer Änderung der Walzspaltkontur; und/oder
- Zonenkühleinrichtung mit individuell anzusteuernenden Ventilen für das Kühleinrichtung zur Kühlung einer Arbeitswalze über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
- Zonenheizeinrichtung mit individuell anzusteuernenden Ventilen für das Heizmittel zur Aufheizung einer Arbeitswalze über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
- induktive Walzenerwärmung;
- Anstellzylinder der hydraulischen Anstellung von insbesondere den Arbeitswalzen (110).

[0041] Wenn es sich bei dem Walzgerüst 100 um ein Quarto-Gerüst handelt, dann wird vorzugsweise folgende Regelgrößenkombination gewählt:

- erste Regelgröße : Biegekraft; und

- k=1'te Regelgröße : Axial-Verschiebung;
oder
- erste Regelgröße : Axial-Verschiebung und;
- k=1'te Regelgröße : Biegekraft.

[0042] Für diese beiden Alternativen kann optional jeweils zusätzlich die Zonenkühlung als k=2'te Regelgröße gewählt werden.

[0043] Wenn es sich bei dem Walzgerüst 100 um ein Sechsto-Gerüst handelt, dann werden vorzugsweise folgende Kombinationen von Regelgrößen gewählt:

- erste Regelgröße : Biegekraft für Arbeitswalzen und;
- k=1'te Regelgröße : Biegekraft für Zwischenwalzen und;
- k=2'te Regelgröße : Axialverschiebung der Zwischenwalzen;
oder
- erste Regelgröße : Biegekraft für Zwischenwalzen; und
- k=1'te Regelgröße : Biegekraft für Arbeitswalzen und;
- k=2'te Regelgröße : Axialverschiebung der Zwischenwalzen;
oder
- erste Regelgröße : Axialverschiebung der Zwischenwalzen;
- k=1'te Regelgröße : Biegekraft für Zwischenwalzen; und
- k=2'te Regelgröße : Biegekraft für Arbeitswalzen.

[0044] Jede der genannten Kombinationen von Regelgrößen für das Sechsto-Gerüst kann zusätzlich ergänzt werden durch die Zonenkühlung als dritte Regelgröße.

[0045] Wenn die Breite des Metallbandes 120 einen vorgegebenen Breitenschwellenwert übersteigt, wird als Master-Stellglied 132 vorzugsweise die Biegeeinrichtung festgelegt.

[0046] Bei Quarto- und Sechsto-Walzgerüsten werden auftretende Planheitsstörungen aufgrund von Walzkraftschwankungen durch einen Profile-Gauge Meter PGM ausgeglichen. Dies ist Stand der Technik. Die Funktionsweise des PGM beinhaltet die Vorsteuerung von Walzkraftänderungen auf Biegungen, um im Fall einer Schwankung der Walzkraft das Walzspaltprofil und oder die Walzspaltkontur zwischen den Arbeitswalzen 110 des Walzgerüstes 100 möglichst konstant zu halten. Die Güte der für die PGM-Vorsteuerung benötigten Differenzenquotienten dQM hängt stark von dem aktuellen Arbeitspunkt ab. Außerdem muss das PGM immer eine Biegereserve aufweisen, um im Fall einer plötzlichen Kraftänderung, z. B. durch überbeizte Stellen bei Stahlbändern, schnell reagieren zu können. Die Biegereserve entspricht in Figur 5a dem Abstand zwischen der oberen Leistungsgrenze und dem oberen Grenzwert Max bzw. dem Abstand zwischen der unteren Leistungsgrenze und dem unteren Grenzwert Min. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird der Arbeitspunkt von z. B. einem Biegesystem, wie er durch den Master-Sollwert für die erste Regelgröße vorgegeben wird, in Kenntnis der Arbeitspunkte der anderen dem Walzgerüst 100 zugeordneten Systeme bzw. Regelgrößen geändert und optimiert.

[0047] Im einfachen Beispiel eines Quarto-Walzgerüstes wird die Arbeitswalzenbiegung für die PGM-Vorsteuerung genutzt und dementsprechend als Master-Regelgröße mit entsprechenden Master-Sollwert-Vorgaben definiert. Je nach Größe der Sollwert-Vorgabe kann das zugehörige Master-Stellglied 132 an seine physikalischen Grenzen, d. h. seine obere oder untere Leistungsgrenze gelangen. Um dies zu verhindern wird gemäß der Erfindung eine im Hintergrund geschaltete Berechnung einen erlaubten Fehler, z. B. 4. Ordnung, überwachen und innerhalb dessen Grenzen eine Ablösung der Arbeitswalzenbiegung durch z. B. eine zumindest teilweise Axialverschiebung für die Arbeitswalzen zu lassen.

[0048] Im Falle eines Sechsto-Walzgerüstes können sogar Arbeitspunkte optimiert werden, um trotz Fehlern in der Berechnung der Setzvorgaben den gewünschten Arbeitspunkt anzufahren und somit Vorteile für die Nutzung von berechneten Differenzenquotienten zu erhalten, die danach besser zu dem Arbeitspunkt passen.

[0049] Im Resultat geschieht das Verfahren des Master Stellgliedes durch die gegensinnige Ansteuerung mindestens eines Slave Stellgliedes mit nur geringen Planheitsstörungen oder sogar planheitsneutral.

Bezugszeichenliste

[0050]

100	Walzgerüst
110	Arbeitswalzen
120	Metallband

130	erster Regelkreis
131	Regelstrecke des ersten Regelkreises bzw. des Master-Regelkreises
132	Master-Stellglied
133	Master-Regler
5 134	Master-Vergleicher
135	Master-Sollwert-Korrekturereinrichtung
135-1	Überwachungseinrichtung
135-2	Berechnungseinheit für Korrekturanteil y1
135-3	Berechnungseinheit für Korrekturanteil y2
10 135-4	Berechnungseinheit für korrigierten Sollwert
136	Erfassungseinrichtung
140-k	k'ter Regelkreis
141-k	k'te Regelstrecke
142-k	k'tes Slave-Stellglied
15 143-k	k'ter Regler
144-k	k'ter Vergleicher
145-k	k'te Slave-Sollwert-Korrekturereinrichtung
145-k-1	Sumierer
145-k-2	Umrechnungseinheit
20 145-k-3	Summierer des Sollwerts
150	Leistungsverteilungs-Berechnungseinheit

T Toleranzbereich

25 k k'tes Slave-Stellglied mit $k=1-K$

n diskreter Zeitpunkt, Laufindex

30 y1 Korrekturanteil

y2 Korrekturanteil

S_x Stellsignal für Master-Stellglied

35 * korrigierter Wert

Patentansprüche

40 1. Verfahren zum Betreiben eines Walzgerüsts (100), welches aufweist: ein Paar Arbeitswalzen (110) zum Aufspannen eines Walzspaltes zum Walzen eines Metallbandes (120), einen ersten Regelkreis (130) mit einem ersten Stellglied (132) zum Regeln einer ersten Regelgröße und k weitere Regelkreise (140-k) mit jeweils einem k'ten Stellglied (142-k) zum Regeln einer k'ten Regelgröße mit $k=1$ bis K, wobei das Verfahren **gekennzeichnet ist durch** folgende Schritte:

45 Festlegen, dass das erste Stellglied (132) als Master-Stellglied und dass die k'ten Stellglieder (142-k) jeweils als Slave-Stellglied fungieren;
 Vorgeben des Sollwertes ($SM_{Soll\ n}$) für die erste Regelgröße;
 Überwachen des zeitlichen Verlaufs des Sollwertes ($SM_{Soll\ n}$) für die erste Regelgröße dahingehend, ob der
 50 Sollwert einen oberen Schwellenwert (Max) überschreitet oder einen unteren Schwellenwert (Min) unterschreitet, wobei der obere und der untere Schwellenwert innerhalb eines **durch** die obere und die untere Leistungsgrenze des ersten Stellgliedes definierten Toleranzbereiches liegen;
 falls ja:

55 i) Ermitteln mindestens eines Korrekturanteils (y_1, y_2) derart, dass der Sollwert für die erste Regelgröße in Richtung des Toleranzbereiches verlagert wird, Berechnen eines korrigierten Sollwertes ($SM_{Soll\ n^*}$) für die erste Regelgröße aus dem bisherigen Sollwert ($SM_{Soll\ n}$) für die erste Regelgröße unter Berücksichtigung des Korrekturanteiles (y_1, y_2) und Regeln der ersten Regelgröße auf den korrigierten Sollwert ($SM_{Soll\ n^*}$)

durch geeignete Ansteuerung des Master-Stellgliedes (132); und

ii) Berechnen eines Kompensationsanteils ($ZSL_{k=1}$) für den Sollwert ($SL_{k=1\text{ Soll } n}$) der k=1'ten Regelgröße unter Berücksichtigung des Korrekturanteils (y_1, y_2) für den Sollwert ($SM_{\text{Soll } n}$) der ersten Regelgröße;

Berechnen eines korrigierten Sollwertes ($SL_{k=1\text{ Soll } n^*}$) für die k=1'te Regelgröße aus dem bisherigen Sollwert ($SL_{k=1\text{ Soll } n}$) für die k=1'te Regelgröße unter Berücksichtigung des Kompensationsanteils ($ZSL_{k=1}$) und Regeln der k=1'ten Regelgröße auf den korrigierten Sollwert ($SL_{k=1\text{ Soll } n^*}$) für die k=1'te Regelgröße **durch** geeignete Ansteuerung des k=1'ten Slave-Stellgliedes (142-1).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Walzgerüst zusätzlich weitere Slave-Regelkreise ($k=2$ bis K) aufweist; und

das das Verfahren zusätzlich folgende Schritte aufweist:

Durchführen der Schritte ii) analog jeweils auch für jeden der weiteren $k=2$ bis K Regelkreise mit ihrem jeweiligen $k=2$ bis K 'ten Slave-Stellglied (142-k).

3. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

dass - wenn bei der Überwachung festgestellt wird, dass der Sollwert ($SM_{\text{Soll } n}$) für die erste Regelgröße den oberen Schwellenwert (Max) des Toleranzbereiches überschreitet ($x_1=1, x_2=0$) - der Korrekturanteil (y_1) prozess- oder anlagenspezifisch vorgegeben oder gemäß folgender Formel berechnet wird:

$$y_{1n} = (y_{1n-1}) + (C_{\text{posn}} * dQM_n) \quad (1)$$

oder

dass - wenn bei der Überwachung festgestellt wird, dass der Sollwert ($SM_{\text{Soll } n}$) für die erste Regelgröße den unteren Schwellenwert (Min) des Toleranzbereiches unterschreitet ($x_1=0, x_2=1$) - der Korrekturanteil (y_2) prozess- oder anlagenspezifisch vorgegeben oder gemäß folgender Formel berechnet wird:

$$y_{2n} = (y_{2n-1}) - (C_{\text{negn}} * dQM_n) \quad (2)$$

oder

dass - wenn bei der Überwachung festgestellt wird, dass der Sollwert für die erste Regelgröße weder den oberen Schwellenwert (Max) des Toleranzbereiches überschreitet, noch den unteren Schwellenwert (Min) des Toleranzbereiches unterschreitet ($x_1=0, x_2=0$) oder wenn die Disable-Signale (DIS_{y_1} und /oder DIS_{y_2}) aus der Leistungsverteilungs-Berechnungseinrichtung (150) gesetzt sind - die Korrekturanteile (y_1, y_2) für den Sollwert ($SM_{\text{Soll } n}$) der ersten Regelgröße wie folgt berechnet werden:

$$Y_{1n} = Y_{1n-1}; \text{ und} \quad (3)$$

$$Y_{2n} = Y_{2n-1} \quad (4)$$

mit :

$n = 1 \dots N$ diskrete Zeitpunkte;

C_{posn} : Maximal zulässiger Planheitsfehler oder maximal zulässige Walzspaltprofilkonturänderung, jeweils 2. oder höherer Ordnung, oder die Summe aus beiden, gültig für eine Veränderung des Sollwertes in positiver Richtung;

C_{negn} : minimal zulässiger Planheitsfehler oder minimal zulässige Walzspaltprofilkonturänderung, jeweils 2. oder höherer Ordnung, oder die Summe aus beiden, gültig für eine Veränderung des Sollwertes in negativer Richtung;

dQM_n : Verhältnis von Änderung des Sollwertes der Stellgröße des Masterstellgliedes zu Änderung der Planheit 2. und/oder höherer Ordnung des Metallbandes; oder Verhältnis von Änderung des Sollwertes der Stellgröße

des Masterstellglieds zu Änderung der Walzspaltkontur 2.

und/oder höherer Ordnung.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der korrigierte Sollwert ($SM_{Soll\ n1*}$) für den Master berechnet wird zu:

$$10 \quad SM_{Soll\ n1*} = SM_{Soll\ n} + y1 + y2 \quad (5)$$

- 15 5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Kompensationsanteil ($ZSL_{k=2-K}$) für den Slave k gemäß folgender Formel berechnet wird:

$$20 \quad ZSL_k = (y1+y2)*dQS_k *a_k \quad (6)$$

mit

25 $k=1 \dots K$: Anzahl der Slave-Stellglieder 142-k

a_k : Koeffizient mit $\sum_{k=1}^K a_k = konstant$, vorzugsweise = 1

dQS_k Differenzenquotient: Verhältnis von Änderung des Sollwertes des k'ten Regelkreises (142-k) zu Änderung des Sollwertes des ersten Regelkreises (130).

- 30 6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die erste und jede der k'ten Regelgrößen aus der Menge folgender Größen gewählt wird:

35 Biegekraft für die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen des Walzgerüsts ;
Position und/oder Horizontalverschiebung für die Arbeits- und/oder Zwischenwalzen;
Position, Kraft und/oder Drehwinkel einer Exzentereinrichtung zur Einstellung einer Änderung der Walzspaltkontur; und/oder Druck eines Kühlmediums, Durchflussmenge des Kühlmediums, Neigungswinkel einer Zonenkühleinrichtung zur Kühlung einer Arbeitswalze (110) über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
40 Druck eines Heizmediums, Durchflussmenge des Heizmediums, Neigungswinkel einer Zonenheizeinrichtung zum Aufwärmen einer Arbeitswalze über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
Stromstärke, elektrische Leistung für induktive Walzenerwärmung;
Differenzposition zwischen Bedien- und Antriebsseite einer hydraulischen Anstellung für die Walzen (110).

- 45 7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Master- (132) und jedes der Slave-Stellglieder (142-k) aus der Menge folgender Stellglieder gewählt wird:

50 - Biegeeinrichtung für die Arbeitswalzen und/oder die Zwischenwalzen des Walzgerüsts (100);
- Axialverschiebung für die Arbeits- und/oder Zwischenwalzen;
- Exzentereinrichtung zur Einstellung einer Änderung der Walzspaltkontur; und/oder
- Zonenkühleinrichtung mit individuell anzusteuernenden Ventilen für das Kühleinrichtung zur Kühlung einer Arbeitswalze über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
- Zonenheizeinrichtung mit individuell anzusteuernenden Ventilen für das Heizmittel zur Aufheizung einer Arbeitswalze über ihrer Breite zur Einstellung bzw. Änderung der Walzspaltkontur;
- induktive Walzenerwärmung;
55 - Anstellzylinder der hydraulischen Anstellung von insbesondere den Arbeitswalzen (110).

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 und 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass - wenn es sich bei dem Walzgerüst (100) um ein Quarto-Gerüst handelt - dann gilt:

erste Regelgröße : Biegekraft; und
 k=1'te Regelgröße : Axial-Verschiebung;
 oder
 erste Regelgröße : Axial-Verschiebung und;
 k=1'te Regelgröße : Biegekraft.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass für beide Alternativen gemäß Anspruch 8 optional zusätzlich gilt. k=2'te Regelgröße : Zonenkühlung

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 und 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass - wenn es sich bei dem Walzgerüst um ein Sexto-Gerüst handelt - dann gilt:

erste Regelgröße : Biegekraft für Arbeitswalzen und;
 k=1'te Regelgröße : Biegekraft für Zwischenwalzen und;
 k=2'te Regelgröße : Axialverschiebung der Zwischenwalzen;
 oder
 erste Regelgröße : Biegekraft für Zwischenwalzen; und
 k=1'te Regelgröße : Biegekraft für Arbeitswalzen und;
 k=2'te Regelgröße : Axialverschiebung der Zwischenwalzen;
 oder
 erste Regelgröße : Axialverschiebung der Zwischenwalzen;
 k=1'te Regelgröße : Biegekraft für Zwischenwalzen; und
 k=2'te Regelgröße : Biegekraft für Arbeitswalzen.

11. Verfahren nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass für alle 3 Alternativen gemäß Anspruch 10, optional zusätzlich gilt. k=3'te Regelgröße : Zonenkühlung

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass es sich bei dem Walzen um Warmwalzen oder um Kaltwalzen handelt.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,
gekennzeichnet durch :

Überwachen der oberen und/oder unteren Leistungsgrenze des k'ten Stellgliedes;
 Ermitteln eines Leistungsfehlbetrages (Δp_k) des k'ten Stellgliedes; und
 für den Fall, dass die obere oder untere Leistungsgrenze des k'ten Slave-Stellgliedes erreicht wird: Umverteilen
 des Leistungsfehlbetrages auf die verbleibenden Slave-Stellglieder **durch** geeignete Änderung der jeweiligen
 Koeffizienten a_k der verbleibenden Slave-Stellglieder.

14. Verfahren nach Anspruch 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass für den Fall, dass die verbleibenden Slave-Stellglieder den Stellweg-Fehlbetrag des k'ten Slave-Stellgliedes
 nicht hinreichend kompensieren können, zumindest einer der Korrekturanteile (y_1 , y_2) der ersten Regelgröße kon-
 stant gehalten wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass wenn die Breite des Metallbandes (120) einen vorgegebenen Breitenschwellenwert übersteigt, die Biegeein-
 richtung als Master-Stellglied (132) festgelegt wird.

130

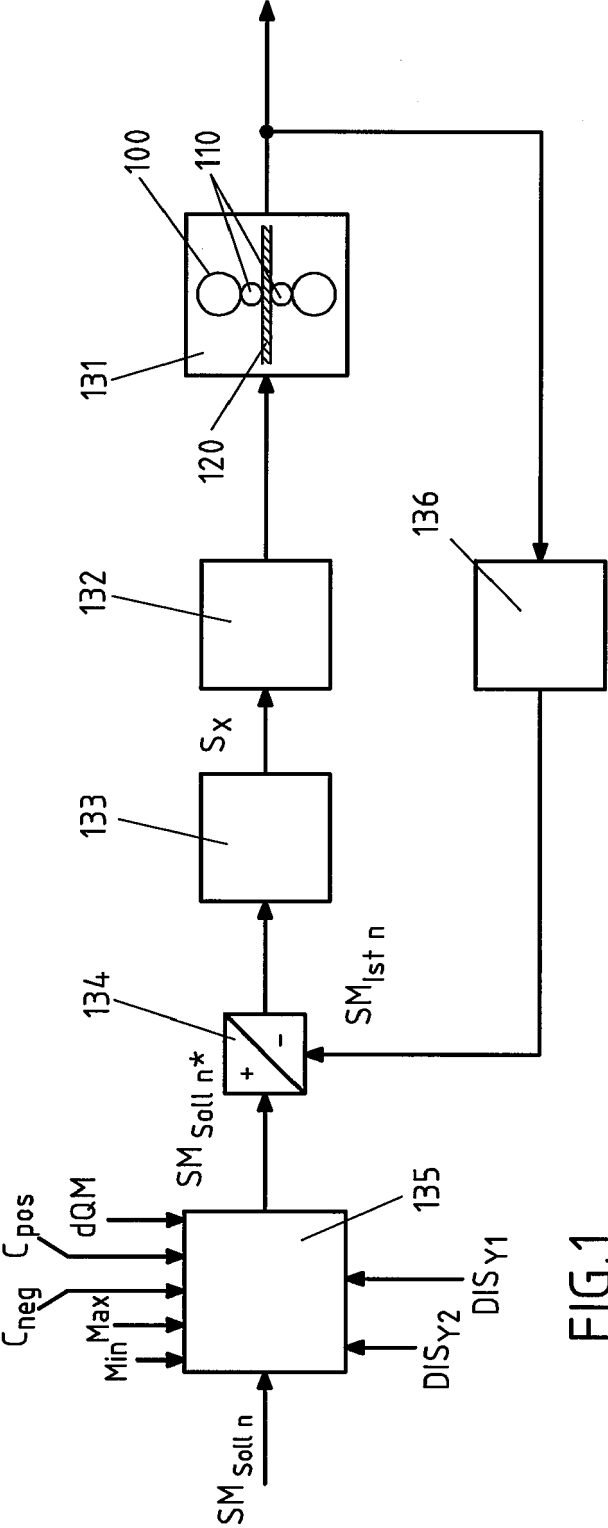


FIG.1

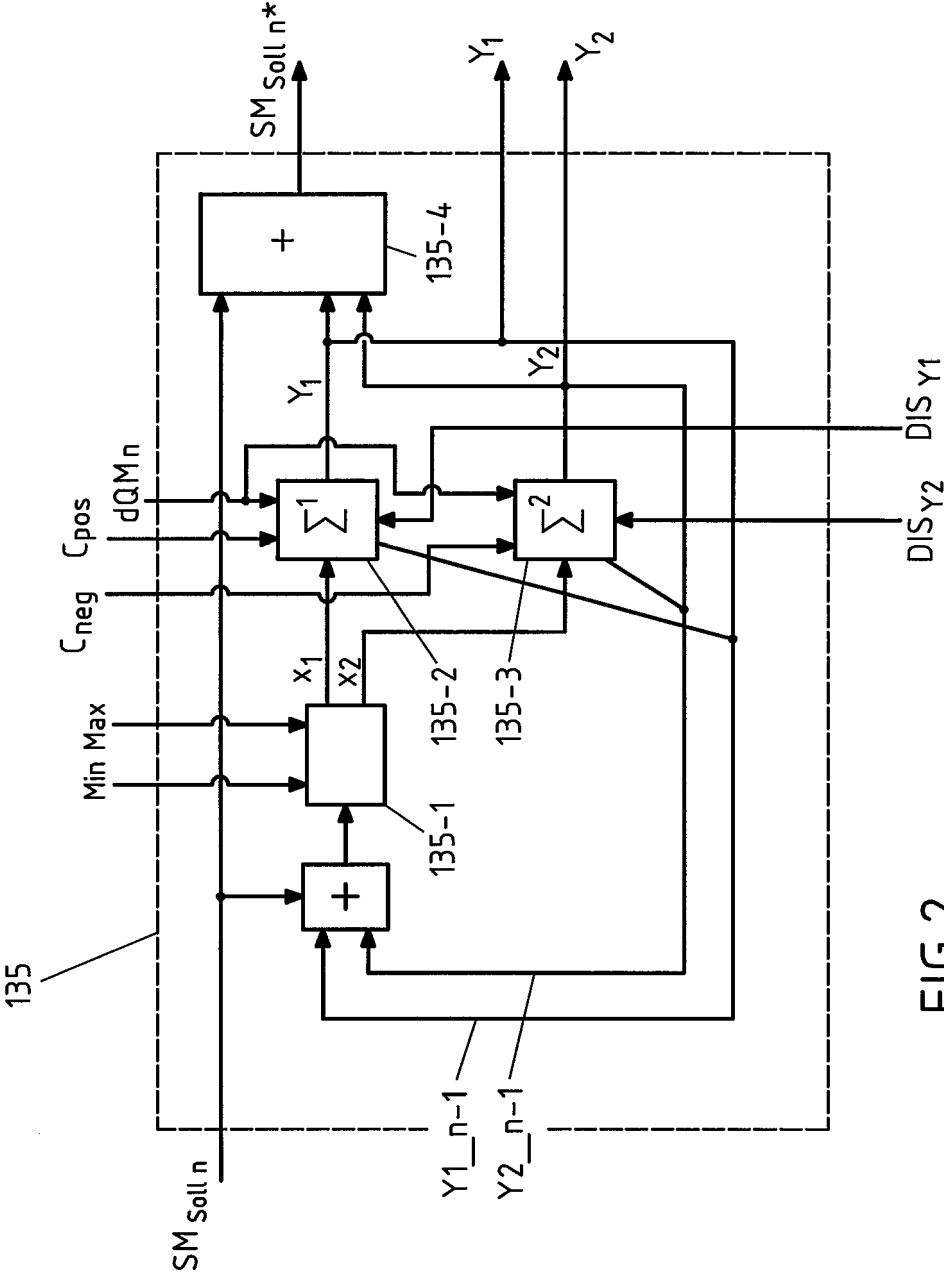


FIG.2

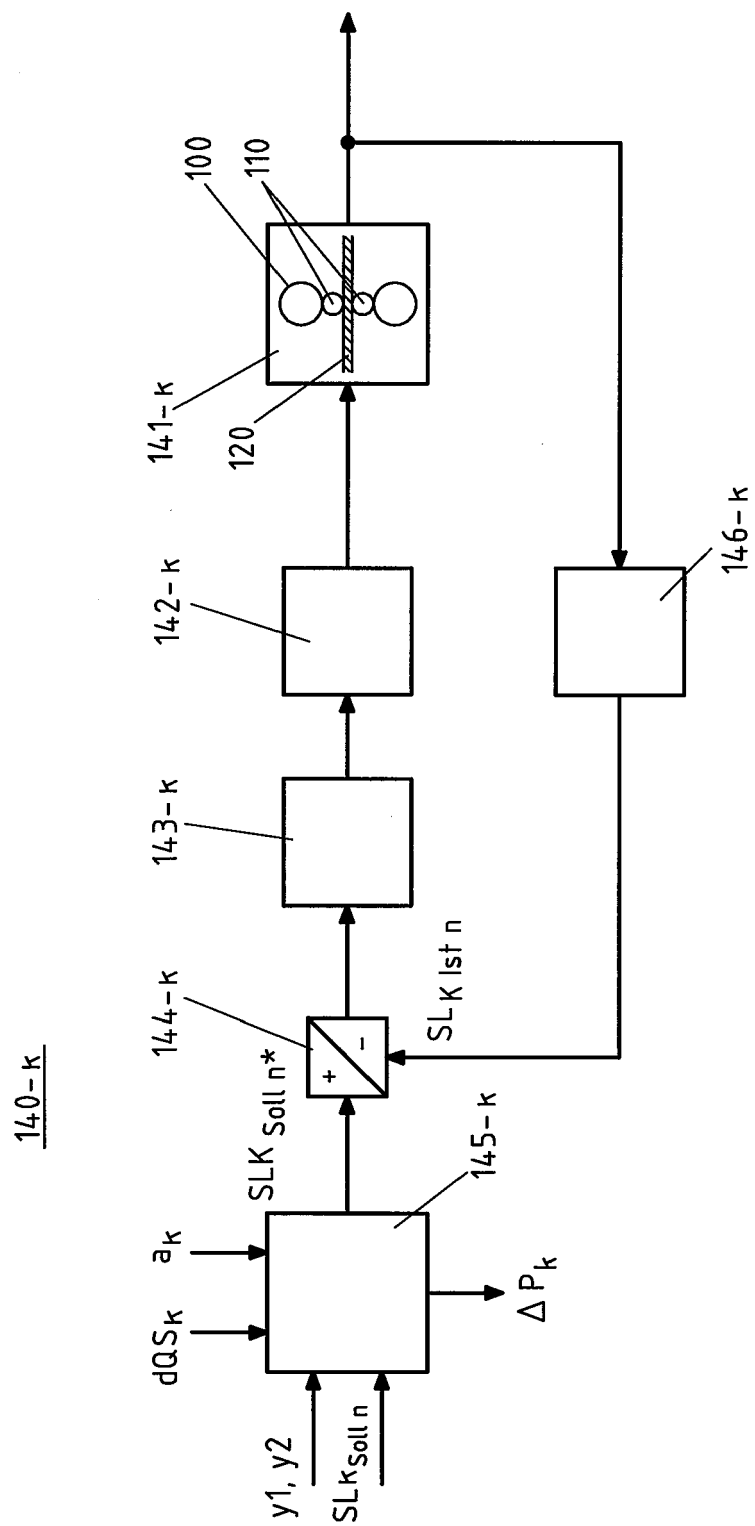


FIG.3

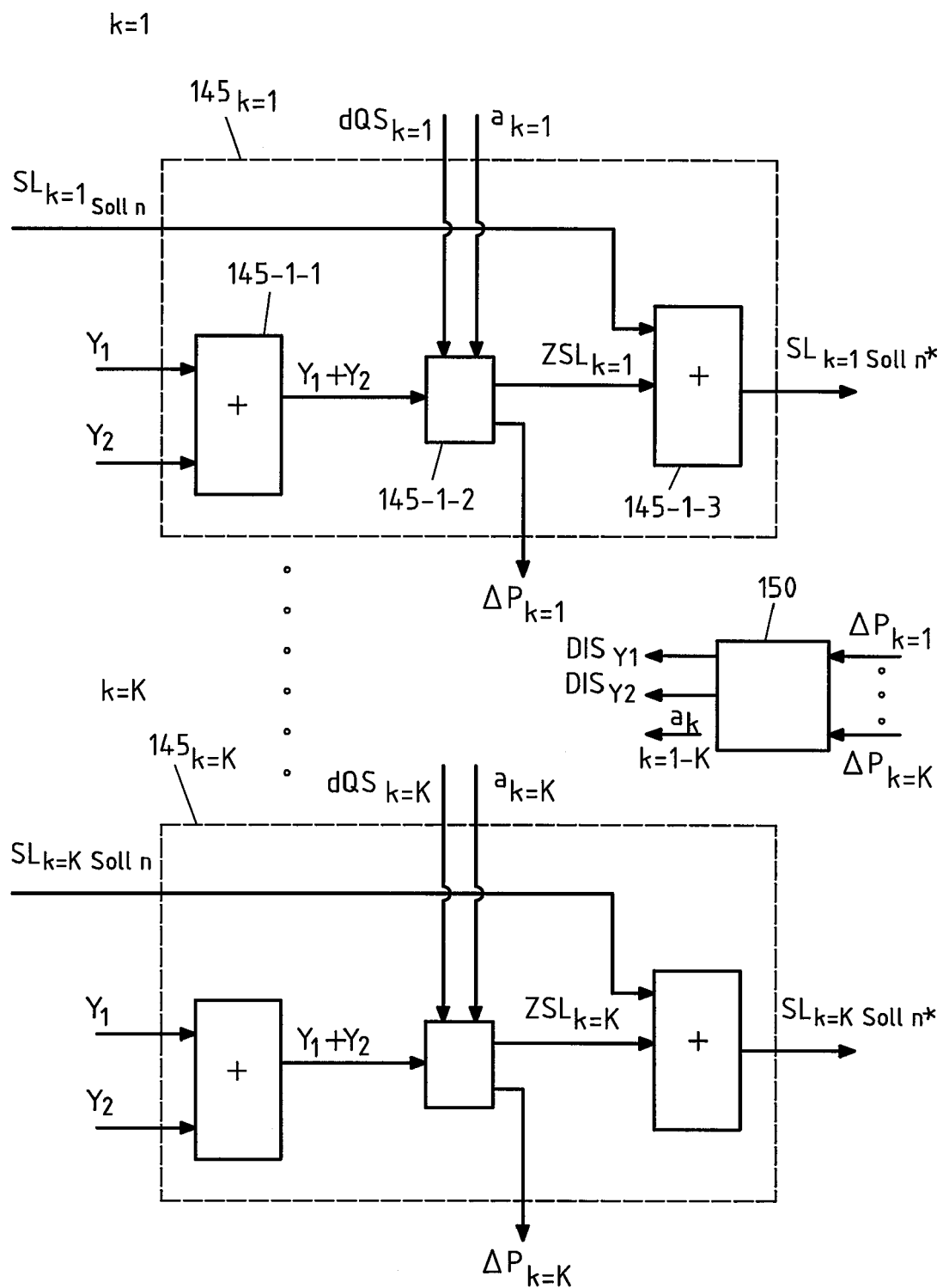


FIG.4

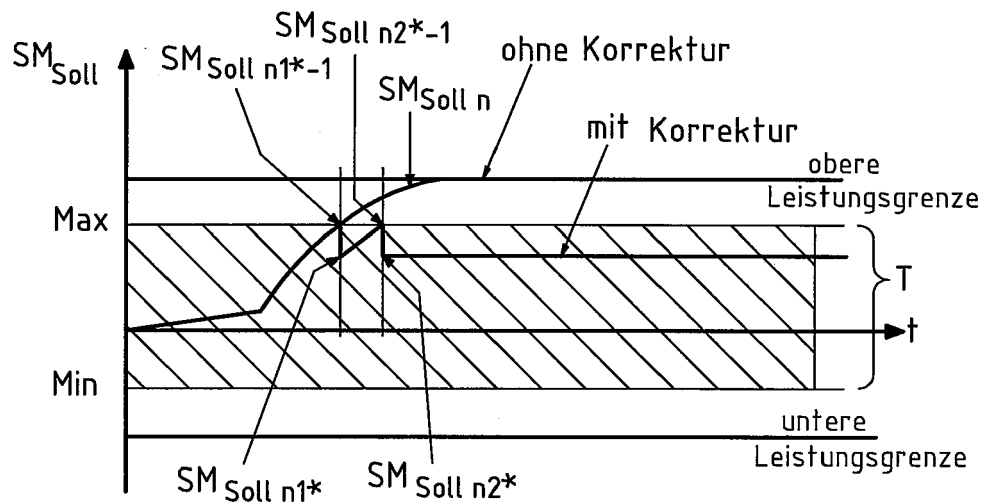


FIG.5a

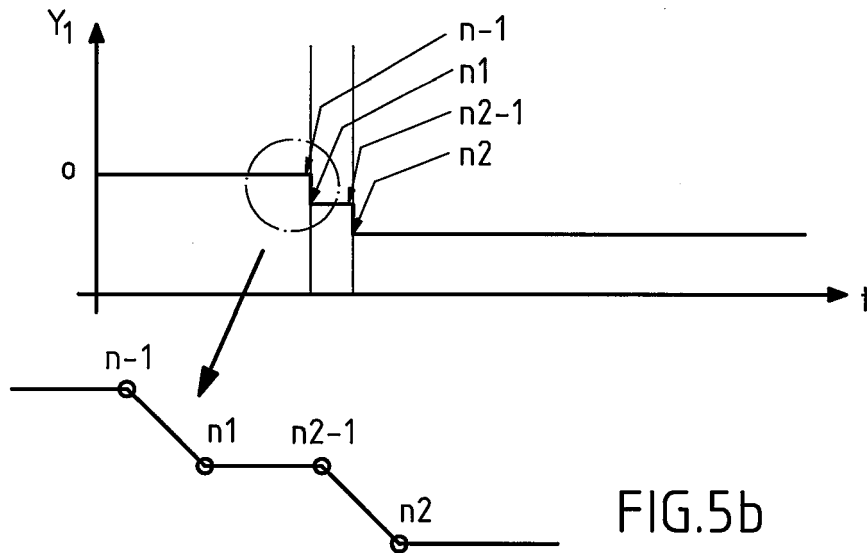


FIG.5b

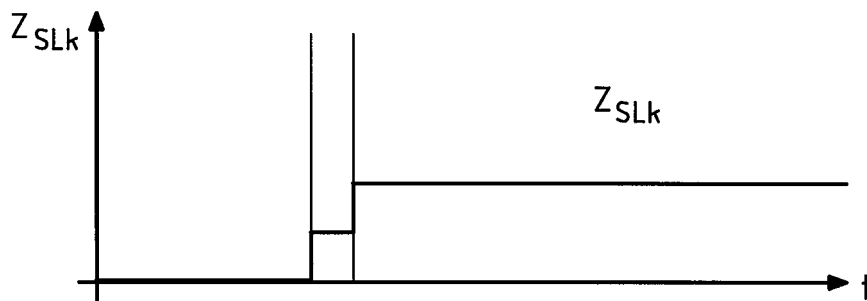


FIG.5c



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 19 6043

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 4 000 449 A (GRIPP LEONARD P) 28. Dezember 1976 (1976-12-28) * Anspruch 1; Abbildungen 1-5 *	1-15	INV. B21B37/00
A	POLLMANN A J ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "CONTROL STRATEGIES FOR ROLLING MILLS", CONFERENCE RECORD OF THE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE IAS ANNUAL MEETING. TORONTO, OCT. 3 - 8, 1993; [CONFERENCE RECORD OF THE INDUSTRY APPLICATIONS CONFERENCE IAS ANNUAL MEETING], NEW YORK, IEEE, US, Bd. PART 03, 3. Oktober 1993 (1993-10-03), Seiten 2420-2425, XP000420468, * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			B21B G05B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. Februar 2021	Prüfer Forciniti, Marco
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 19 6043

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

05-02-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	US 4000449	A	28-12-1976	BR	7506473 A	17-08-1976
				FR	2290083 A1	28-05-1976
15				GB	1509427 A	04-05-1978
				JP	S5165065 A	05-06-1976
				JP	S5525926 B2	09-07-1980
				US	4000449 A	28-12-1976
20	-----					
25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- CN 102581035 B [0002]