

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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Juni 2007 (21.06.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/068359 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B21B 37/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/011486

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. November 2006 (30.11.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2005 059 653.3
14. Dezember 2005 (14.12.2005) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **SMS DEMAG AG** [DE/DE]; Eduard-Schloemann-
Strasse 4, 40237 Düsseldorf (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **PAWELSKI, Hartmut**
[DE/DE]; Wachtelweg 6, 40883 Ratingen (DE).

(74) Anwalt: **KLÜPPEL, Walter**; Hemmerich & Kollegen,
Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).

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

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

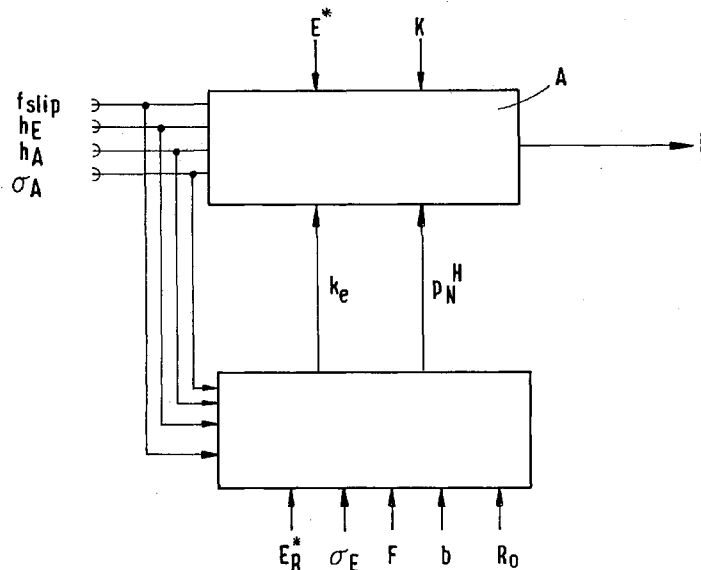
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND COMPUTER PROGRAM FOR CONTROLLING A ROLLING PROCESS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND COMPUTERPROGRAMM ZUM STEUERN EINES WALZPROZESSES



(57) Abstract: The invention relates to a method of controlling a rolling process, in which a metal strip is rolled flat by means of at least one roll. It is known from the prior art that the relative position of a "neutral point" is a measure of the current stability of a rolling process. Traditional methods of calculating the position of the neutral point represent the actual properties of metal, although only rather imprecisely, and are therefore suitable only to a limited extent for predicting the stability of a rolling process. In order to be able to more effectively control a rolling process for rolling a metal strip with regard to the actual behaviour of the metal strip, a novel method of calculating the relative position of the neutral point is proposed according to the invention, in which method in particular the plane of the yield stress k_e and the hydrostatic pressure p_N^H at the neutral point are entered.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/068359 A1



Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Walzprozesses, bei dem ein Metallband mithilfe von mindestens einer Walze flachgewalzt wird. Aus dem Stand der Technik ist bekannt, dass die relative Lage eines so genannten neutralen Punktes ein Maß für die aktuelle Stabilität eines Walzprozesses darstellt. Traditionelle Verfahren zur Berechnung der Lage des neutralen Punktes repräsentieren die realen Eigenschaften von Metall allerdings nur recht ungenau und sind deshalb für Aussagen über die Stabilität eines Walzprozesses nur bedingt geeignet. Um einen Walzprozess zum Walzen eines Metallbandes im Hinblick auf das reale Verhalten des Metallbandes besser steuern zu können, wird erfindungsgemäß ein neues Verfahren zum Berechnen der relativen Lage des neutralen Punktes vorgeschlagen, in dem insbesondere die Ebene Fließspannung k_c und der hydrostatische Druck p_N^H im neutralen Punkt mit eingehen.

5

Verfahren und Computerprogramm zum Steuern eines Walzprozesses

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Computerprogramm zum Steuern
10 eines Walzprozesses, bei dem ein Metallband mithilfe von mindestens zwei
Walzen flachgewalzt wird. Die Erfindung betrifft grundsätzlich alle Arten von
Walzprozessen, wie zum Beispiel Kaltwalzen, Warmwalzen oder Fertigwalzen;
sie findet jedoch bevorzugte Anwendung bei Kaltwalzprozessen.

15 Im Stand der Technik, zum Beispiel aus der japanischen Patentanmeldung
JP 55061309 A ist ein derartiges Verfahren grundsätzlich bekannt. Es wird dort
beschrieben, dass die Stabilität des Walzprozesses von der jeweiligen Lage
eines so genannten neutralen Punktes abhängt. Dabei bezeichnet der neutrale
Punkt diejenige Position auf dem Umfang einer Arbeitswalze, bei dem die Um-
20 fangsgeschwindigkeit der Arbeitswalze mit der Geschwindigkeit des gewalzten
Materials übereinstimmt. Zur Gewährleistung der Stabilität des Walzprozesses
lehrt die besagte japanische Patentanmeldung, den Bandzug so zu regeln, dass
die Lage des neutralen Punktes immer innerhalb eines Kontaktbogens zwi-
schen der Walze und dem gewalzten Material liegt.

25

Die Berechnung der Lage des neutralen Punktes ist allerdings nur für ideal-
plastisches Material trivial und kann nur für derartige Materialien aus messba-
ren Parametern des Walzprozesses ermittelt werden. Die Verwendung der tra-
ditionell berechneten (relativen) Lage des neutralen Punktes als Kriterium für
30 die Stabilität eines Walzprozesses ist deshalb bei nicht-ideal-plastischem Ma-
terial, das heißt insbesondere bei elastisch-plastischem Material, wie zum Bei-
spiel bei realen Metallen, nur eingeschränkt möglich. Der Grund dafür besteht
darin, dass die (relative) Lage des neutralen Punktes für Walzprozesse von rea-
len Metallen mithilfe von messbaren Walzparametern traditionell nur recht un-
35 genau bestimmt werden kann.

5 Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein bekanntes Verfahren und Computerprogramm zum Steuern eines Walzprozesses nach Maßgabe der relativen Lage des neutralen Punktes zwischen einer Walze und einem zu walzenden Metallband im Hinblick auf das reale Verhalten des Metallbandes während des Walzprozesses zu verbessern.

10

Diese Aufgabe wird durch das in Patentanspruch 1 beanspruchte Verfahren gelöst. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass die Größe der ebenen Fließspannung k_e des Metallbandes und die Größe des hydrostatischen Druckes p_N^H in dem neutralen Punkt als nicht direkt messbare Prozessparameter
15 jeweils mithilfe eines mathematischen Modells für den individuellen Walzprozess auf Basis einer ersten und einer zweiten Gruppe von messbaren Prozessparametern geschätzt werden und dass die relative Lage des neutralen Punktes auf Basis der geschätzten Größen für die ebene Fließspannung k_e und den hydrostatischen Druck p_N^H auf Basis der ersten Gruppe von messbaren Prozessparametern sowie auf Basis des ebenen Elastizitätsmoduls E^* des Metallbandes und der Kompressibilität K des Metallbandes berechnet wird.

Durch die Berücksichtigung der ebenen Fließspannung des Metallbandes und der Größe des hydrostatischen Druckes in dem neutralen Punkt kann die relative Lage des neutralen Punktes wesentlich präziser, das heißt realitätsnäher
25 und genauer, berechnet werden als dies in der Vergangenheit der Fall war.

Dies gilt insbesondere deswegen, weil mit der Berücksichtigung des hydrostatischen Druckes die Volumenkompression des Metallbandes während des Walzprozesses Eingang in die Berechnung der Lage des neutralen Punktes findet.

30 Außerdem wird die Auffederung des Bandes nach Durchlaufen der engsten Stelle des Walzspaltes berücksichtigt. Diese Berücksichtigung ist insbesondere für Werte des Parameters der Voreilung um Null besonders wichtig. Die erfindungsgemäß mögliche realitätsnähere Information über die tatsächliche Lage des neutralen Punktes ermöglicht es einer Steuerungseinrichtung oder einer
35 Bedienperson, welche den Walzprozess beobachtet oder steuert, schneller und

- 5 effizienter in den Walzprozess einzugreifen, um seine Stabilität zu gewährleisten.

Weil die Parameter Fließspannung und hydrostatischer Druck im neutralen Punkt zwar für die präzisere Berechnung der relativen Lage des neutralen
 10 Punktes erforderlich sind, aber während des Walzprozesses nicht einfach als Messparameter messbar sind, werden sie erfindungsgemäß mithilfe eines mathematischen Modells, was individuell auf jeden einzelnen Walzprozess anpassbar ist, simuliert und vorzugsweise in Echtzeit berechnet, um für die Berechnung der realen Lage des neutralen Punktes rechtzeitig zur Verfügung zu
 15 stehen. Vorteilhafterweise werden als Eingangsgrößen für das mathematische Modell jedoch lediglich Prozessparameter verwendet, die während des Walzprozesses gemessen werden können.

Erfindungsgemäß wird die relative Lage ξ des neutralen Punktes vorteilhafterweise gemäß folgender Formel berechnet:

$$\xi = \sqrt{\frac{(f_{\text{slip}} + 1) \left(1 - \frac{\sigma_A}{3K} - \frac{p_N + q_N}{2K} + \frac{k_e - \sigma_A}{E^*}\right) - 1}{h_E / h_A \left(1 + \frac{k_e - \sigma_A}{E^*}\right) - 1}}$$

wobei

- f_{slip} : die Voreilung;
 25 σ_A : die Bandausgangsspannung;
 K : die Kompressibilität des Metallbandes;
 p_N : den Druck im Walzspalt im neutralen Punkt senkrecht (normal) zum Metallband;
 q_N : den Druck im Walzspalt im neutralen Punkt in Längsrichtung des
 30 Metallbandes;
 k_e : die ebene Fließspannung;
 E^* : den ebenen Elastizitätsmodul des Metallbandes;
 h_E : die Banddicke am Eingang; und

5 h_A : die Banddicke am Ausgang;

repräsentiert.

Der Walzprozess wird dann als stabil laufend eingestuft, wenn der berechnete
10 Wert ξ für die relative Lage des neutralen Punktes zwischen einem unteren
Schwellenwert von ca. 0,12 und einem oberen Schwellenwert von circa 0,4
liegt.

Liegt der Wert ξ unterhalb des unteren Schwellenwertes, so ist dies ein Indiz
dafür, dass der Walzprozess instabil ist; er ist dann durch geeignete Maßnah-
15 men, wie zum Beispiel die Erhöhung des Bandzugs am Ausgang, eine Reduzie-
rung des Bandzugs am Eingang oder eine Erhöhung der Reibung im Walzspalt
wieder zu stabilisieren.

Im anderen Fall, wenn der Wert ξ für die relative Lage des neutralen Punktes
20 oberhalb des oberen Schwellenwertes von circa 0,4 liegt, so ist dies ein Indiz
dafür, dass die Reibung im Walzspalt zu hoch und damit der Verschleiß der
Walzen ebenfalls zu hoch ist; es ist dann durch geeignete Maßnahmen ent-
sprechend gegenzusteuern.

25 Zu Dokumentationszwecken ist es vorteilhaft, wenn die erfindungsgemäß be-
rechnete relative Lage des neutralen Punktes vorzugsweise über ihren Zeitab-
lauf gespeichert wird. Unabhängig davon ist es für eine schnelle Einleitung von
Maßnahmen zur Stabilisierung des Walzprozesses oder für eine Beseitigung
von zu hohen Reibkräften im Walzspalt vorteilhaft, wenn die erfindungsgemäß
30 berechnete relative Lage des neutralen Punktes auf einer Anzeigeeinrichtung,
vorzugsweise in Echtzeit, für eine Bedienperson veranschaulicht wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des beanspruchten Verfahrens sind Ge-
genstand der Unteransprüche.

- 5 Die oben genannte Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch ein Computerprogramm für eine Steuereinrichtung zum Steuern eines Walzprozesses gemäß dem oben beschriebenen Verfahren gelöst.

Der Beschreibung sind insgesamt drei Figuren beigelegt, wobei

10

- Fig. 1 ein Walzenpaar zur Ausbildung eines Walzspaltes mit durchgeführtem Metallband;
Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens;
15 und
Fig.3 verschiedene mögliche Positionsbereiche für die relative Lage des neutralen Punktes in einem Walzspalt

zeigt.

20

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

Figur 1 zeigt ein Walzgerüst mit einem Walzenpaar, bei dem die Walzen 200
25 vertikal übereinander angeordnet sind und wobei zwischen den beiden Walzen 200 ein Walzspalt ausgebildet ist. Zum Durchführen eines Walzprozesses wird ein Metallband 100 durch den Walzspalt hindurch geschoben und dabei flachgewalzt. Sowohl die obere wie auch die untere (Arbeits-) Walze 200 berührt dabei das Metallband 100 in einem Kontaktbogen, der bei der oberen Walze
30 200 durch die Bogenlänge des Winkels α repräsentiert ist.

Als Maß bzw. Kriterium für die Stabilität eines individuellen Walzprozesses wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung die relative Lage des so genannten neutralen Punktes verwendet. In Figur 1 ist der neutrale Punkt beispielhaft mit
35 dem Bezugszeichen N bezeichnet. Der neutrale Punkt bezeichnet diejenige Position auf dem Umfang einer Walze, bei dem die Umfangsgeschwindigkeit

- 5 der Walze mit der Geschwindigkeit des gewalzten Materials, insbesondere des gewalzten Metallbandes übereinstimmt.

Die Materialflussrichtung ist in Figur 1 durch die horizontalen Pfeile angedeutet; sie verläuft dort von links nach rechts. Der Parameter R bezeichnet den Radius der Walze 200, der Parameter v_E bezeichnet die Geschwindigkeit des Metallbandes 100 am Eingang des Walzspaltes, der Parameter v_A bezeichnet die Geschwindigkeit des Metallbandes am Ausgang des Walzspaltes und der Parameter v_N bezeichnet die Geschwindigkeit des Metallbandes 100 auf Höhe des neutralen Punktes N. Alle weiteren in Figur 1 dargestellten Parameter werden
15 weiter unten näher erläutert.

Eine Einschätzung über die Stabilität eines Walzprozesses und eine Entscheidung über das Einleiten von Maßnahmen zur Stabilisierung des Walzprozesses können um so genauer vorgenommen werden, desto präziser bzw. realitätsnäher die aktuelle Position des neutralen Punktes bekannt ist.
20

Anhand von Figur 2 wird deshalb das erfindungsgemäße Verfahren erläutert, mit dessen Hilfe eine sehr präzise und realitätsnahe Berechnung der relativen Lage des neutralen Punktes während eines Walzprozesses jederzeit möglich
25 ist.

Erfindungsgemäß erfolgt die Berechnung der relativen Lage ξ des neutralen Punktes N gemäß folgender Formel:

$$30 \quad \xi = \sqrt{\frac{(f_{\text{slip}} + 1) \left(1 - \frac{\sigma_A}{3K} - \frac{p_N + q_N}{2K} + \frac{k_e - \sigma_A}{E^*} \right) - 1}{h_E / h_A \left(1 + \frac{k_e - \sigma_A}{E^*} \right) - 1}}$$

wobei

f_{slip} : die Voreilung;

- 5 σ_A : die Bandausgangsspannung;
 K : die Kompressibilität des Metallbandes (100);
 p_N : den Druck im Walzspalt im neutralen Punkt senkrecht (normal) zum
Metallband;
 q_N : den Druck im Walzspalt im neutralen Punkt in Längsrichtung des
10 Metallbandes;
 k_e : die ebene Fließspannung;
 E^* : den ebenen Elastizitätsmodul des Metallbandes (100);
 h_E : die Banddicke am Eingang; und
 h_A : die Banddicke am Ausgang des Walzspaltes;
15 repräsentiert.

Die Berechnung der relativen Lage ξ des neutralen Punktes erfolgt in Figur 2 in Block A. Dabei sind die in die Berechnung von ξ einfließenden oben genannten
20 Parameter in Figur 2 ebenfalls dargestellt. Von diesen Parametern bilden die Voreilung f_{slip} , die Höhe h_E des Metallbandes am Eingang des Walzspaltes, die Höhe h_A am Ausgang des Walzspaltes sowie die Bandspannung σ_A am Ausgang des Walzspaltes eine erste Gruppe von Prozessparametern, welche während eines Walzprozesses jederzeit direkt messbar sind. Der ebene Elastizitätsmodul E^* des Metallbandes 100 sowie die Kompressibilität K des Metallbandes sind grundsätzlich bekannt. Nicht grundsätzlich bekannt und auch nicht messbar während eines Walzprozesses, sind dagegen die für die erfindungsgemäße Berechnung der relativen Lage ξ des neutralen Punktes weiterhin erforderlichen Werte für die ebene Fließspannung k_e und den Druck p_N^H im Walzspalt im neutralen Punkt senkrecht, das heißt normal zum Metallband. Weil die
30 beiden letztgenannten Parameter nicht direkt messbar sind, werden sie erfindungsgemäß auf Basis der ersten Gruppe von Parametern sowie auf Basis einer zweiten Gruppe von Parametern, mithilfe eines mathematischen Modells für den individuellen Walzprozess abgeschätzt. Die zweite Gruppe von Prozessparametern umfasst die Bandeingangsspannung σ_E am Eingang des Walzspaltes,
35

- 5 die Walzenkraft F , die Breite des Metallbandes b , den Radius R_0 der (Arbeits-) Walze 200 sowie den ebenen Elastizitätsmodul E^*_R der Walze. Auch die Prozessparameter der zweiten Gruppe sind während eines Walzprozesses individuell messbar, so dass die gesuchten Werte für die ebene Fließspannung k_e und für den Druck p_N^H im Walzspalt im neutralen Punkt senkrecht zum Metall-
- 10 band somit alleine aus messbaren Parametern berechnet werden können. Die Berechnung erfolgt vorzugsweise in Echtzeit, damit die Werte für ξ möglichst aktuell zur Verfügung stehen, um ein gezieltes und wirkungsvolles Eingreifen in den Walzprozess – falls notwendig – zu ermöglichen.
- 15 In Figur 3 sind verschiedene Bereiche für mögliche relative Lagen ξ des neutralen Punktes in dem Walzspalt zwischen den beiden Walzen 200 veranschaulicht. Zu erkennen ist zunächst ein schraffierter Bereich, der durch einen unteren Schwellenwert von ca. 0,12 und einen oberen Schwellenwert von 0,4 für den Wert von ξ begrenzt ist. Wenn ξ in dem schraffierten Bereich liegt, das
- 20 heißt wertmäßig zwischen dem oberen und dem unteren Schwellenwert liegt, dann wird der Walzprozess als stabil eingestuft; es brauchen dann keine Maßnahmen getroffen zu werden, um stabilisierend in den Walzprozess einzugreifen.
- 25 Anders verhält es sich dagegen, wenn der erfindungsgemäß berechnete Wert zwischen 0,08 und 0,12 liegt; dann wird der Walzprozess als kritisch, das heißt weniger stabil gegenüber Schwankungen der Prozeßparameter eingestuft. Noch kritischer, weil noch instabiler ist der Walzprozess bei noch kleineren Werten von ξ insbesondere bei Werten zwischen 0 und 0,08. In den beiden ge-
- 30 nannten Fällen von Instabilität ist der Walzprozess durch geeignete Maßnahmen zu stabilisieren, wobei der Umfang der Maßnahmen (evtl. auch in Kombination) von dem Grad der Instabilität abhängt. Eine Stabilisierung des Walzprozesses kann erreicht werden durch eine Erhöhung des Bandzugs σ_A am Ausgang des Walzspaltes, durch eine Reduzierung des Bandzugs σ_E am Eingang
- 35 des Walzspaltes und/oder durch eine Erhöhung der Reibung im Walzspalt. Letztere kann zum Beispiel durch eine Erhöhung der Rauheit der Walze 200,

- 5 durch eine Reduzierung der Schmiermittelmenge und/oder durch eine Reduzierung der Walzgeschwindigkeit erreicht werden.

Bei Werten von ξ über 0,12, insbesondere bei Werten von ξ zwischen 0,12 und 0,4 ist der Walzprozess überstabil, anschaulich gesprochen ist dann die
10 Reibung im Walzspalt zu groß. Dies hat den Nachteil, dass die auftretenden Kräfte und damit einhergehend der Verschleiß der Walzen zu groß sind. Abhilfe können hier geeignete Maßnahmen, wie eine Reduzierung des Bandzugs σ_A am Ausgang des Walzspaltes, eine Erhöhung des Bandzugs σ_E am Eingang des Walzspaltes und/oder eine Reduzierung der Reibung zwischen Walze 200 und Metallband 100 leisten. Eine Reduzierung der Reibung kann durch eine
15 Verringerung der Rauheit der Walze, durch eine Erhöhung der Schmiermittelmenge und/oder durch Erhöhen der Walzgeschwindigkeit realisiert werden. Auch die in diesem Absatz aufgezeigten Maßnahmen können einzeln oder in Kombination angewandt werden, je nach erforderlicher Intensität.

20 Die soeben diskutierten Maßnahmen können nach Maßgabe des berechneten Wertes für die Lage ξ des neutralen Punktes entweder automatisch oder durch eine Bedienperson eingeleitet werden. Wenn die Eingriffe durch eine Bedienperson eingeleitet werden sollen, ist es hilfreich, wenn die jeweils aktuelle Lage
25 des neutralen Punktes in einer Darstellung ähnlich wie Figur 3 für die Bedienperson auf einer Anzeigeeinrichtung visualisiert wird. Die Bedienperson kann dann aufgrund der veranschaulichten aktuellen Lage ξ des neutralen Punktes sofort erkennen, ob der Walzprozess aktuell stabil, instabil oder überstabil verläuft und je nachdem geeignete Maßnahmen veranlassen.

30 Zu Dokumentationszwecken ist es vorteilhaft, wenn der Wert ξ in seinem Zeitverlauf gespeichert wird.

- 5 Vorteilhafterweise wird die erfindungsgemäße Berechnung des Wertes ξ für die neutrale Lage des Punktes in einem Computerprogramm für eine Steuereinrichtung zum Steuern eines Walzprozesses realisiert.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Walzprozesses, bei dem ein Metallband (100) mithilfe von mindestens einer Walze (200) flachgewalzt wird, umfassend:
10 Detektieren der relativen Lage (N) des neutralen Punktes in einem Kontaktbogen zwischen dem Metallband (100) und der Walze (200); und
erforderlichenfalls Stabilisieren des Walzprozesses nach Maßgabe der Lage ξ (N) des neutralen Punktes durch Eingreifen mit geeigneten Maßnahmen in den Walzprozess;
15 dadurch gekennzeichnet, dass
die Größe der ebenen Fließspannung k_e des Metallbandes und die Größe des hydrostatischen Druckes p_N^H in dem neutralen Punkt als nicht direkt messbare Prozessparameter jeweils mit Hilfe eines mathematischen Modells für den individuellen Walzprozess auf Basis einer ersten und einer
20 zweiten Gruppe von messbaren Prozessparametern geschätzt werden; und
die relative Lage ξ (N) des neutralen Punktes auf Basis der geschätzten Größen für die ebene Fließspannung k_e und den hydrostatischen Druck p_N^H , auf Basis der ersten Gruppe von messbaren Prozessparametern sowie auf Basis des ebenen Elastizitätsmoduls E^* des Metallbandes und der Kompressibilität K des Metallbandes, berechnet wird.
25
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Gruppe von messbaren Prozessparametern für die Berechnung der ebenen Fließspannung k_e , des hydrostatischen Druckes p_N^H im neutralen Punkt und/oder der relativen Lage ξ (N) des neutralen Punktes die Parameter Voreilung f_{slip} , Bandeingangsdicke h_E , Bandausgangsdicke h_A und Bandausgangsspannung σ_A des Metallbandes (100) umfasst.
30
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Gruppe von messbaren Prozessparametern für die Berechnung der ebe-
35

5 nen Fließspannung k_e und/oder des hydrostatischen Druckes p_N^H im neutralen Punkt die Bandeingangsspannung σ_E , die Walzenkraft F , die Bandbreite b , den Radius R_0 der Walze und den ebenen Elastizitätsmodul E^*_R der Walze umfasst.

10 4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die relative Lage des neutralen Punktes ξ gemäß folgender Formel berechnet wird:

$$\xi = \sqrt{\frac{(f_{\text{slip}} + 1) \left(1 - \frac{\sigma_A}{3K} - \frac{p_N + q_N}{2K} + \frac{k_e - \sigma_A}{E^*} \right) - 1}{h_E / h_A \left(1 + \frac{k_e - \sigma_A}{E^*} \right) - 1}}$$

15

wobei

f_{slip} : die Voreilung;

σ_A : die Bandausgangsspannung;

20 K : die Kompressibilität des Metallbandes (100);

p_N : den Druck im Walzspalt im neutralen Punkt senkrecht (normal) zum Metallband;

q_N : den Druck im Walzspalt im neutralen Punkt in Längsrichtung des Metallbandes;

25 k_e : die ebene Fließspannung;

E^* : den ebenen Elastizitätsmodul des Metallbandes (100);

h_E : die Banddicke am Eingang; und

h_A : die Banddicke am Ausgang;

30 repräsentiert.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzprozess stabil verläuft und keinen stabilisierenden Eingriff mit geeigneten Maßnahmen erfordert, wenn der berechnete Wert ξ für die relative Lage (N) des neutralen Punktes zwischen einem unteren Schwellenwert von ca. 0,12 und einem oberen Schwellenwert von ca. 0,40
10 liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzprozess durch geeignete Maßnahmen, wie Erhöhung des Bandzugs am Ausgang, Reduzierung des Bandzugs am Eingang oder Er-
15 höhung der Reibung im Walzspalt, z.B. durch Erhöhung der Rauheit der Walze, Reduzierung der Schmiermittelmenge und/oder Reduzierung der Walzgeschwindigkeit, stabilisiert wird, wenn der Wert ξ für die relative Lage des neutralen Punktes zwischen Null und einem unteren Schwellenwert von ca. 0,12 liegt.
20
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Walzprozess durch geeignete Maßnahmen, wie Reduzierung des Bandzugs am Ausgang, Erhöhung des Bandzugs am Eingang oder Redu-
25 zierung der Reibung, z.B. durch Verringern der Rauheit der Walze, Erhöhen der Schmiermittelmenge und/oder Erhöhen der Walzgeschwindigkeit, verbessert wird, wenn der Wert ξ für die relative Lage des neutralen Punktes oberhalb eines oberen Schwellenwertes von ca. 0,4 liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die
30 Stabilisierung des Walzprozesses nach Maßgabe der berechneten Lage des neutralen Punktes automatisch oder aufgrund eines Eingriffes einer Bedienperson in den Walzprozess erfolgt.

- 5 9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die berechnete relative Lage (N) des neutralen Punktes vorzugsweise in ihrem Zeitablauf gespeichert und/oder für eine Bedienperson auf einer Anzeigeeinrichtung, vorzugsweise in Echtzeit, veranschaulicht wird.

10

10. Computerprogramm für eine Steuereinrichtung zum Steuern eines Walzprozesses, dadurch gekennzeichnet, dass das Computerprogramm ausgebildet ist zum Durchführen des Verfahrens nach einem der vorangegangenen Ansprüche.

15

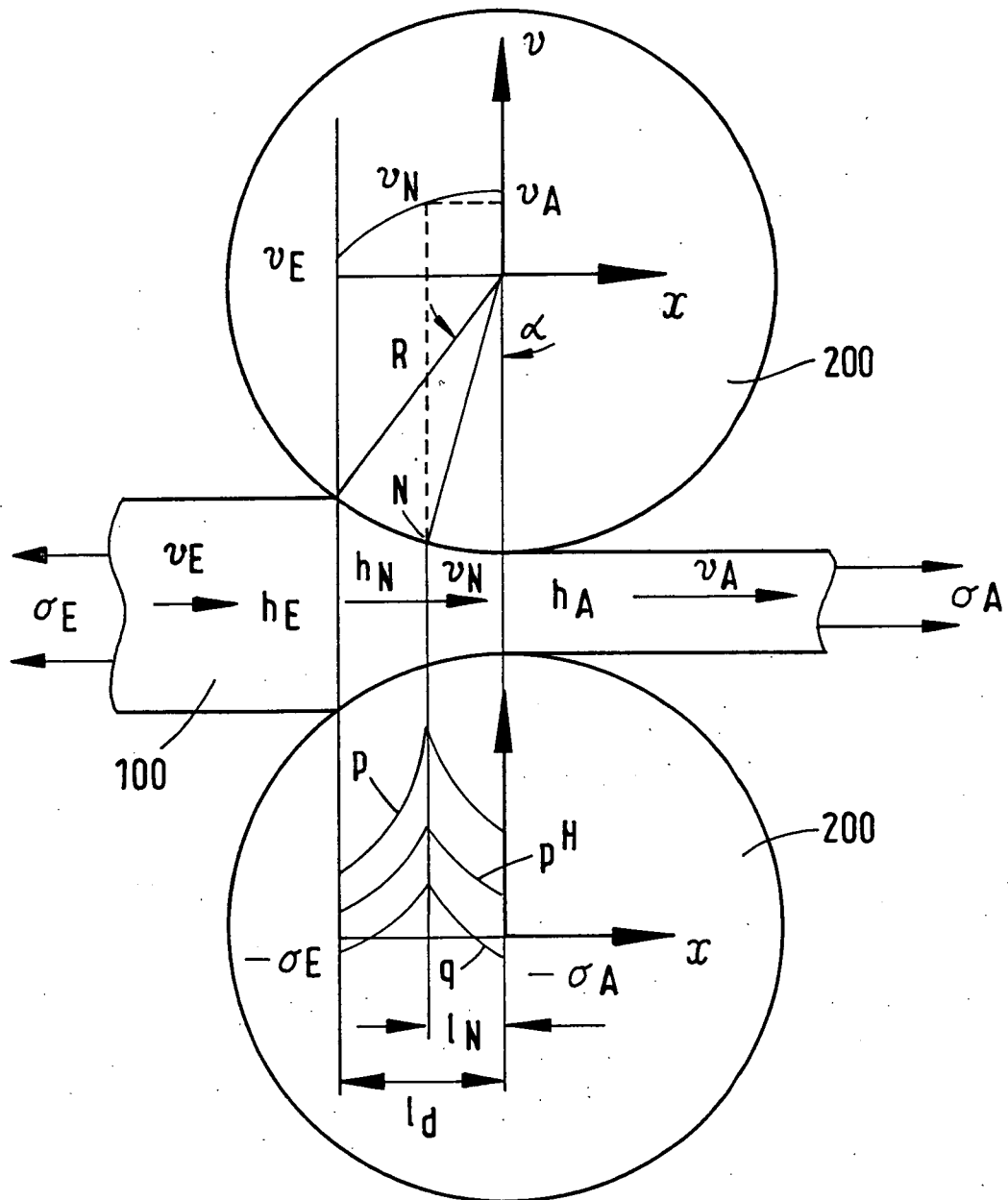


FIG.1

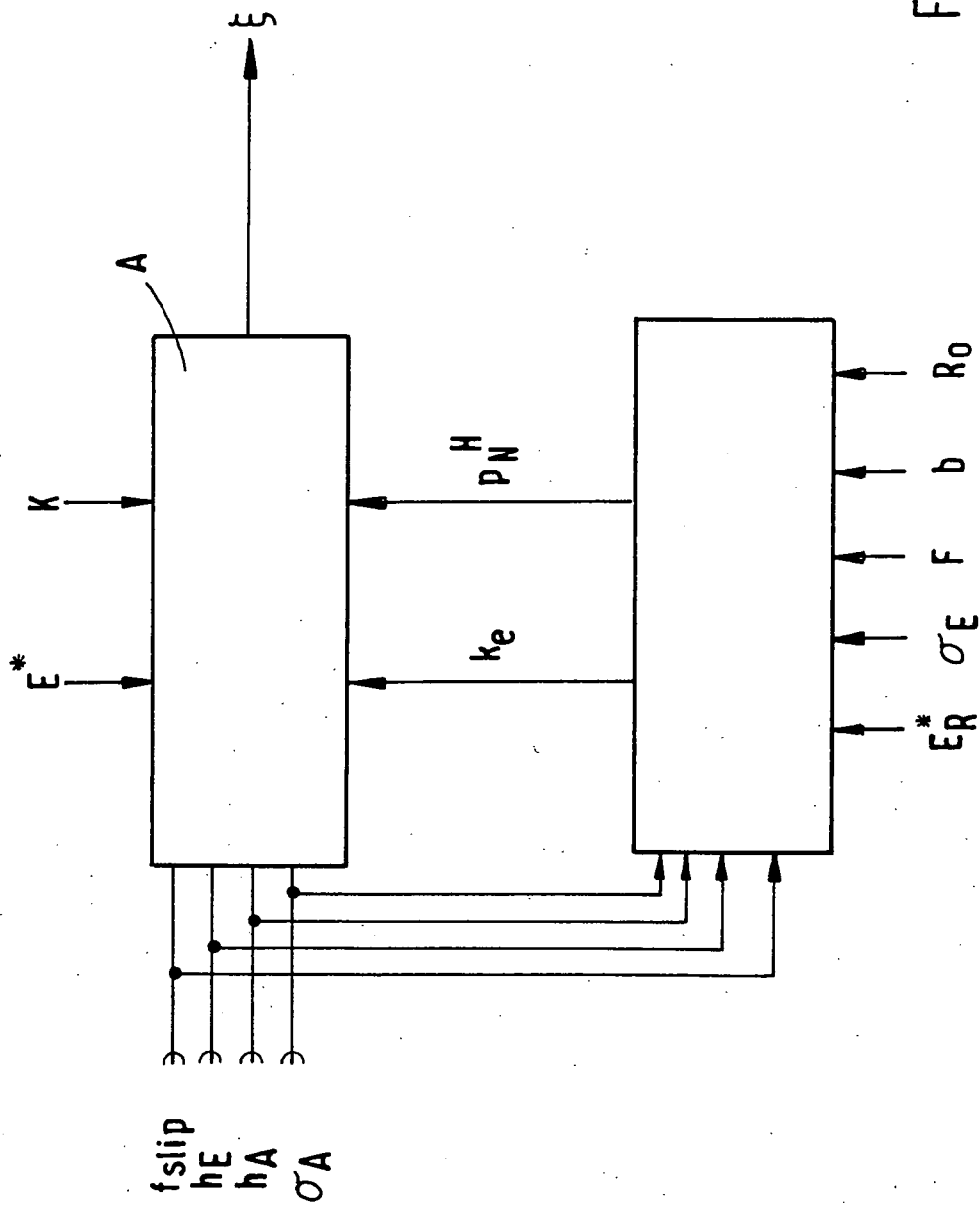


FIG.2

3 / 3

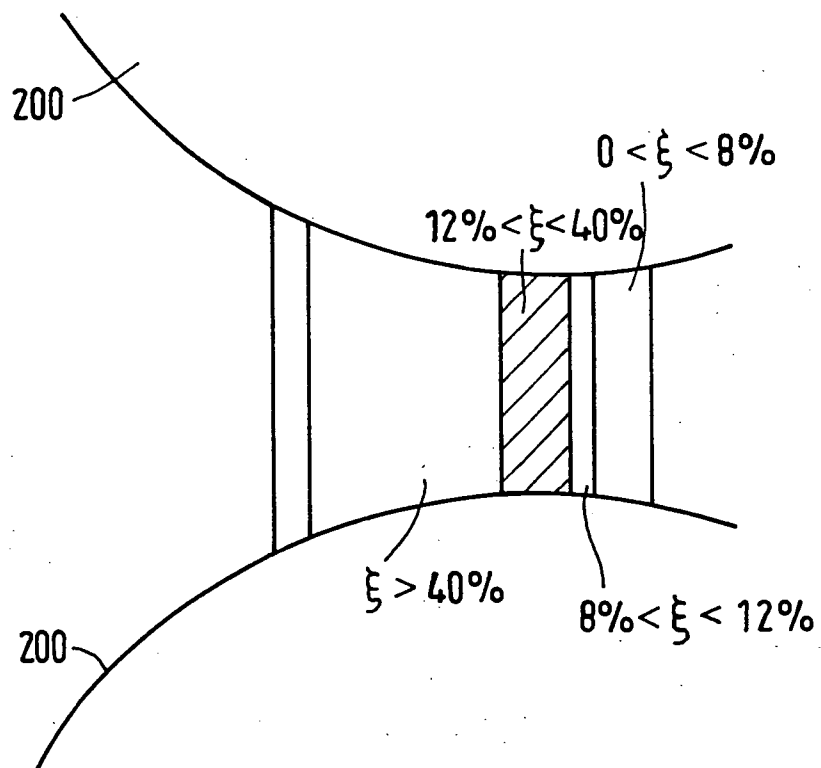


FIG. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/011486

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B21B37/00

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B21B

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

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

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 55 061309 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 9 May 1980 (1980-05-09) cited in the application abstract	1-10
A	JP 62 179803 A (HITACHI LTD) 7 August 1987 (1987-08-07) abstract	1-10
A	JP 57 115909 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 19 July 1982 (1982-07-19) abstract	1-10
A	JP 55 068101 A (KAWASAKI STEEL CO) 22 May 1980 (1980-05-22) abstract	1-10
	----- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 2007

Date of mailing of the international search report

16/02/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Forciniti, Marco

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/011486

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 59 166310 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 19 September 1984 (1984-09-19) abstract -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/011486

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 55061309	A	09-05-1980	NONE	
JP 62179803	A	07-08-1987	JP 1955786 C JP 6059486 B	28-07-1995 10-08-1994
JP 57115909	A	19-07-1982	NONE	
JP 55068101	A	22-05-1980	NONE	
JP 59166310	A	19-09-1984	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B21B37/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B21B

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

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

EP0-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 55 061309 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 9. Mai 1980 (1980-05-09) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1-10
A	JP 62 179803 A (HITACHI LTD) 7. August 1987 (1987-08-07) Zusammenfassung	1-10
A	JP 57 115909 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 19. Juli 1982 (1982-07-19) Zusammenfassung	1-10
A	JP 55 068101 A (KAWASAKI STEEL CO) 22. Mai 1980 (1980-05-22) Zusammenfassung	1-10
	----- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. Januar 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

16/02/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Forciniti, Marco

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 59 166310 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 19. September 1984 (1984-09-19) Zusammenfassung -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/011486

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 55061309	A	09-05-1980	KEINE		
JP 62179803	A	07-08-1987	JP	1955786 C	28-07-1995
			JP	6059486 B	10-08-1994
JP 57115909	A	19-07-1982	KEINE		
JP 55068101	A	22-05-1980	KEINE		
JP 59166310	A	19-09-1984	KEINE		