

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 811 435 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.12.1997 Patentblatt 1997/50

(51) Int. Cl.⁶: B21B 37/28, B21B 37/16

(21) Anmeldenummer: 97108853.9

(22) Anmeldetag: 03.06.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
FR GB SE

(30) Priorität: 07.06.1996 DE 19622825

(71) Anmelder:
BETRIEBSFORSCHUNGSINSTITUT VDEH,
INSTITUT FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG
GmbH
D-40237 Düsseldorf (DE)

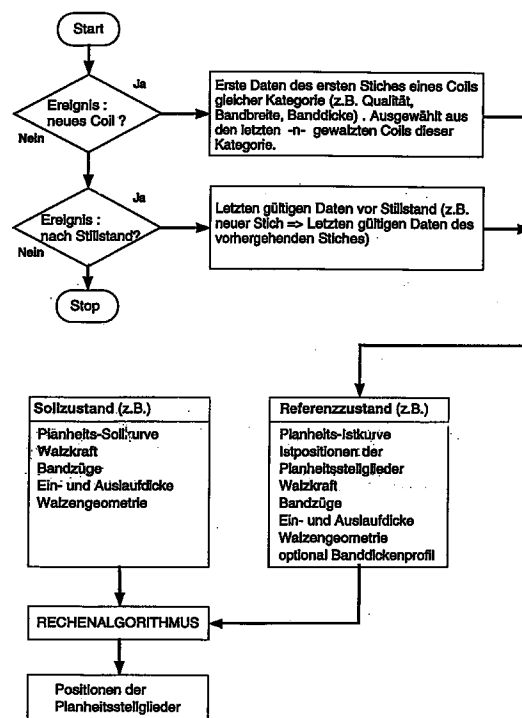
(72) Erfinder:
• Neuschütz, Eberhard Dr.
40880 Ratingen (DE)

• Mücke, Gert
40724 Hilden (DE)
• Lathe, Roger
42855 Remscheid (DE)
• Gorgels, Frank
52080 Aachen (DE)

(74) Vertreter:
König, Reimar, Dr.-Ing. et al
Patentanwälte Dr.-Ing. Reimar König
Dipl.-Ing. Klaus Bergen,
Wilhelm-Tell-Strasse 14
40219 Düsseldorf (DE)

(54) Voreinstellung für Kaltwalzreversiergerüst

(57) Bei einem Verfahren zum Voreinstellen der Stellgliedpositionen eines Walzgerüsts beim Walzen eines neuen Coils oder für den jeweils nächsten Stich beim Kaltwalzen von Bändern, werden die Stellgliedpositionen für die Bandplanheit ausgehend von den entsprechenden Ist-Daten des ersten Stiches eines Referenz-Coils, dessen Referenzdaten die beste Übereinstimmung mit den Zieldaten des neuen Coils ergeben oder den Ist-Daten des vorhergehenden Stiches eingesetzt. Zugleich kann die Banddicke unter Vorgabe einer über einen bestimmten Zeitraum aus den Ist-Daten von Referenzzuständen des Walzgerüsts oder der Walzstraße adaptierten Walzkraft oder Anstellposition voreingestellt werden.



Tafel 1: Vorgehensweise bei der Bezugnahme auf einen Referenzzustand

EP 0 811 435 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Voreinstellen der Stellgliedpositionen der Bandplanheit bei einem Reversiergerüst oder einer Walzstraße für den ersten Stich eines neuen Coils beim Kaltwalzen von Bändern insbesondere aus Edelstahl. Sie betrifft ferner ein Verfahren zum Voreinstellen der geregelten Stellgliedpositionen der Bandplanheit bei einem Reversiergerüst oder einer Walzstraße für das Wiederanfahren nach einem Stillstand, beispielsweise bei einem neuen Stich oder einem Walzenwechsel.

Beim Kaltwalzen von Bändern, speziell Edelstahlbändern, treten bei ungeeigneter Einstellung der Walzspaltkontur in dem gewalzten Band Längenunterschiede - sogenannte Planheitsfehler - auf. Wird mit Längszug gewalzt, so führen diese Längenunterschiede zu einer ungleichmäßigen Zugspannungsverteilung über die Bandbreite. Die Längen- bzw. Zugspannungsdifferenzen können sehr unterschiedlich sein.

Zur Beeinflussung der Längen- bzw. Zugspannungsverteilung wurden verschiedene Regelverfahren entwickelt, welche die über die Bandbreite gemessene Zugspannungs- bzw. Längenmeßwerte auswerten und danach die Stellglieder beispielsweise die Walzenbiegung der Walzstraße betätigen. Die deutsche Offenlegungsschrift 44 21 005 beschreibt eine Vorrichtung zum Steuern des Walzens, insbesondere des Kaltwalzens von Edelstahl, bei der umform- und anlagentechnische Restriktionen zur von walztechnischen Messungen ausgehenden Gestaltung eines reibungslosen Betriebsablaufs und eines einwandfreien Walzgutes einzuhalten sind.

Weitere Regelverfahren sind in der Zeitschrift "Iron and Steel Engineer", Juni 1979, Seiten 55 bis 60 und März 1984, Seiten 31 bis 38 beschrieben. Bei diesen Regelverfahren werden von den gemessenen Zugspannungs- bzw. Längenwerten lediglich einige Werte an den Bandkanten und in der Bandmitte zum Berechnen der Verstellwerte herangezogen. Ein weiteres Regelverfahren ist beschrieben in "Neue Hütte" 1986, Seiten 365 bis 370. Bei diesem Verfahren werden die Zugspannungs- und Längenmeßwerte nach der Fehlerquadratmethode durch ein Polynom n-ten-Grades angenähert. Schließlich ist in "Metallurgical Plant and Technology" 1984, Seiten 72 bis 77, ein Planheitsregelverfahren beschrieben, bei dem die Stellglieder so kombiniert verstellt werden, daß das Verhältnis der Verstellwege auch während des Verstellens konstant bleibt.

Beim Einsatz des zuletzt erwähnten Planheitsregelverfahrens zum Herstellen kalt gewalzter Bänder ergibt sich im allgemeinen ein qualitativ gutes Band, wenn der Prozeß in der stationären Walzphase abläuft. Dies gilt für die Banddicke, die mechanischen Eigenschaften und die Bandplanheit. Wesentlich ungünstiger stellen sich die Verhältnisse in der instationären Phase, wenn sich das Band nur in einem Teil der Gerüste einer Walzstraße befindet, dar, d.h. in der Band einfädelphase,

aber auch in der Anfangsphase jedes Walzstiches. Diese Phasen laufen bisher weitgehend ohne automatische Regelung ab. Sie bleiben in starkem Maße dem Eingriff des Walzers vorbehalten, der im Hinblick auf eine bestimmte Banddicke und Bandplanheit unter anderem die folgenden Werte einstellt: Walzkraft, Anstellposition, Position der Stellglieder zum Beeinflussen des Walzspaltes, Vor- und Rückzugskräfte, Walzgeschwindigkeit und Kühlmittelmenge.

Bei der Vorgabe der Walzkraft wird das Walzensystem im Hinblick auf eine bestimmte auf das Band auszuübende Kraft eingestellt. Bei der Vorgabe der Stellgliedpositionen dagegen wird das Walzensystem im Hinblick auf eine bestimmte Geometrie des Walzspaltes eingestellt.

Die Größenvoreinstellung richtet sich dabei nach den jeweils bei Stichbeginn gegebenen Bandabmessungen, also der Banddicke und -breite, dem jeweiligen Werkstoff und der Querschnittsabnahme. Die Voreinstellung des Reversiergerüsts oder der Walzstraße durch den Walzer kann erheblich von betrieblichen Vorgaben abweichen. Außerdem sind bei gleichem Walzprogramm beträchtliche individuelle Unterschiede beim Einstellen der Walzparameter in der Anfangsphase eines Walzstiches möglich. Die Ursache hierfür liegt sowohl in einer Überforderung des Steuermannes als Folge der Vielzahl der auszuführenden Stellmaßnahmen, als auch in einer unterschiedlichen individuellen Bewertung des Walzgeschehens. Daher ist es nicht zu vermeiden, daß sich Bandanfang und Bandende in ihren geometrischen Eigenschaften, vorwiegend der Banddicke und -ebenheit, von dem stationär gewalzten Mittelabschnitt des Bandes unterscheiden und daher in den Schrott gehen.

Besondere Schwierigkeiten bereitet sowohl für den Handbetrieb als auch für den automatischen Betrieb das Voreinstellen der Gerüste für den ersten Stich, da in den wenigsten Fällen das hierfür benötigte Dickenprofil bekannt ist.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, sowohl die Voreinstellung der für ein neues Coil als auch für ein kaltangewalztes Coil - nach einem Walzenstillstand vor dem nächsten Stich oder bei Walzenwechsel erforderlichen Stellgliedpositionen der Bandplanheit zu automatisieren. Außerdem sollte die Bandplanheits-Voreinstellung des jeweiligen Walzgerüsts für den ersten Stich eines neuen Coils auch ohne Kenntnis des bei Stichbeginn vorhandenen Band- bzw. Dickenprofils des Warmbandes möglich sein.

Die Lösung besteht bei einem aktuellen Coil darin, daß erfindungsgemäß als Stellgliedpositionen für die Bandplanheit die entsprechenden Ist-Daten des ersten Stiches eines aus n zuvor gewalzten Coils ausgewählten Referenz-Coils eingesetzt werden, dessen Referenzdaten, nämlich die Gerüsteinstell-, Bandplanheits- und Coildaten, die beste Übereinstimmung mit den Zieldaten des aktuellen Coils ergeben und daß jeweils eine aus den Daten des einzelnen Ist-Referenzzustandes zuzüglich einer von der Differenz der Daten des Referenz-

renzzustandes und des Zielzustandes abhängigen Stellgliedänderung gebildete Stellgliedposition eingesetzt wird. Darin gilt $n = 1, 2, \dots$. Das aktuelle Coil wird auf der Basis desjenigen historischen Datensatzes gewalzt, der die größte Planheitsähnlichkeit mit dem Sollzustand besitzt.

Für das Verfahren zum Voreinstellen beim Wiedereinfahren nach einem Stillstand bzw. von Stich zu Stich besteht die Lösung darin, daß die Stellgliedposition für die Bandplanheit ausgehend von den entsprechenden Ist-Daten, die unmittelbar vor dem Stillstand vorlagen, eingesetzt werden und daß jeweils eine aus den Daten des einzelnen Ist-Referenzzustandes zuzüglich einer von der Differenz der Daten des Referenzzustandes und des Zielzustandes abhängigen Stellgliedänderung gebildete Stellgliedposition eingesetzt wird. Dies erlaubt es, die sich bei jedem Stich zwangsläufig ergebende Kaltverfestigung des Bandes zu berücksichtigen, die sich genauso auswirkt, wie wenn ein anderer Werkstoff gewalzt würde.

Erfindungsgemäß können die Stellglieder für die Bandplanheit automatisch voreingestellt werden. Für die Bestimmung der einzelnen Stellgliedpositionen wird erfindungsgemäß Bezug genommen auf einen Referenzzustand mit Ist-Daten aus einem bzw. aus dem vorangegangenen Prozeß. Dazu werden n vorher gewalzte Coils betrachtet und dasjenige Coil zum Vergleich herangezogen, dessen Referenzdaten den Zieldaten des aktuellen Coils am nächsten kommen. Als Prozeßdaten des Referenz-Coils kommen für die Bandplanheit beispielsweise infrage: Walzkraft, Bandzug, Ein- und Auslaufdicke, Position der Planheitsstellglieder und Walzengeometrie.

Erfindungsgemäß ist zum Ermitteln der Stellgliedpositionen beim Voreinstellen der Stellglieder für die Bandplanheit die Kenntnis des Dickenprofils des aktuellen Coils nicht erforderlich. Der Walzspalt läßt sich auch einem unbekannten Bandprofil anpassen. Das ist sehr vorteilhaft, denn das Band soll beim Kaltwalzen das Profil behalten, das es vom Warmwalzen her hatte; eine Profiländerung beim Kaltwalzen würde zu Wellen im Band führen. Wenn das Banddickenprofil bekannt ist, kann es jedoch ebenfalls beim Bestimmen der Stellgliedpositionen berücksichtigt werden.

Die Erfindung bezieht sich auf eine Automatik für die instationäre Walzphase sowohl bei einem neuen Coil als auch nach einem Stillstand. Im Rahmen der Erfindung können als Referenzdaten für den ersten Stich eines neuen Coils die Ist-Daten vom Stichbeginn der letzten n gewalzten Coils aus einer nach Kategorien unterteilten Datensammlung entnommen werden. Die Kategorien sind beispielsweise: Qualität, Bandbreite und Banddicke.

Als Referenz-Coils für das Walzen eines neuen Coils wird erfindungsgemäß - wie gesagt - dasjenige früher gewalzte Coil ausgewählt, dessen Gerüsteinstellung, Bandplanheits- und Werkstoffdaten die beste Übereinstimmung mit dem Zielzustand des neuen Coils ergeben. Hierdurch ergibt sich auch eine automatische

Adaption von Änderungen, die sich bei längerem Walzbetrieb, beispielsweise durch längerfristige Änderung des Warmbanddickenprofils einstellen.

Sowohl bei dem erfindungsgemäßen Voreinstellen der geregelten Stellgliedpositionen bei einem neuen Coil als auch nach einem Stillstand des Walzgerüsts kann jeweils eine aus der Summe des einzelnen Ist-Referenzzustandes und einer von der Differenz des Referenz-Zustandes und des Zielzustandes abhängigen Stellgliedänderung gebildete Stellgliedposition eingesetzt werden. In beiden Fällen wird die Stellgliedänderung berechnet, die sich aus den Daten der Differenz des Referenzzustandes und des Zielzustandes ergibt. Mit anderen Worten: Die neue Stellgliedposition ergibt sich aus der früheren Stellgliedposition des Referenzzustandes zuzüglich einer gesondert bestimmten Stellgliedänderung. Diese läßt sich entweder unter Verwendung eines Walzspaltmodells bestimmen oder die Einflußfunktionen der Planheitsstellglieder und der Einfluß der Walzkraft werden vorab mit einem Walzspaltmodell ermittelt. Diese Vorabermittlung kann im Rahmen der Erfindung auch in Kombination mit einer Prozeßparametrierung oder allein durch eine Prozeßparametrierung erfolgen. Bei einer Prozeßparametrierung werden die Parameter eines empirischen Algorithmusses durch Versuche ermittelt, die an dem für den jeweiligen Anwendungsfall benutzten Gerüst durchzuführen sind.

Die Erfindung betrifft des weiteren ein Verfahren zum Voreinstellen der Banddicke bei einem Reversiergerüst oder einer Walzstraße für ein neues Coil oder den jeweils nächsten Stich eines angewalzten Coils beim Kaltwalzen von Bändern insbesondere aus Edelstahl. Dem liegt das Problem zugrunde, die bei jedem Stichbeginn erforderlichen Stellgliedpositionen der Banddicke zu automatisieren. Das Walzgerüst soll bei Stichbeginn automatisch auf eine Walzdicke eingestellt werden, die während des stationären Zustands exakt eingehalten wird. Vorzugsweise soll die Banddicken-Voreinstellung des jeweiligen Walzgerüsts für den ersten Stich eines neuen Coils auch ohne Kenntnis des bei Stichbeginn vorhandenen Band- bzw. Dickenprofils des Warmbandes möglich sein.

Für das Voreinstellen der Banddicke besteht die Lösung im Rahmen der Erfindung bevorzugt darin, daß die Banddicke durch Vorgabe einer über einen bestimmten Zeitraum aus den Ist-Daten von Referenzzuständen des jeweiligen Walzgerüsts adaptierten Walzkraft oder Anstellposition voreingestellt wird.

Demgemäß wird bevorzugt die Banddicke über die Vorgabe einer vorbestimmten Walzkraft oder über die Vorgabe einer vorbestimmten Anstellposition voreingestellt. Dabei sollten die Fließkurven zum Bestimmen der Vorgabedaten über einen gewissen vorausgegangenen Zeitraum aus den aktuellen Prozeßdaten für das jeweilige Walzgerüst adaptiert werden. Dadurch wird erreicht, daß auch bei noch unbekanntem Dickenprofil des Bandes praktisch unmittelbar bei Stichbeginn automatisch die Banddicke eingestellt wird, die auch im sta-

tionären Bereich gewalzt wird. Wegen der Automatik fallen zeitaufwendige Anfahrvorgänge weg, Prozeßstörungen wie Bandrisse sind praktisch ausgeschlossen.

Bei dem bevorzugten Verfahren zum Voreinstellen der Banddicke vor einem neuen Stich wird - wie üblich - beim Übergang vom Stich n zum Stich n+1 (n = 0, 1, 2...) nicht nur ein kleinerer Walzspalt eingestellt, sondern es werden auch die übrigen Kennwerte des Walzgerüsts so geändert, daß das Band bei unverändertem relativen Dickenprofil dünner wird. Vorzugsweise lassen sich somit Walzdicken bzw. Walzspaltweiten bei Stichbeginn automatisch voreinstellen, die im weiteren Verlauf des Walzens exakt eingehalten werden.

Anhand der schematischen Darstellung in den beiliegenden Flußschemata werden Einzelheiten der Erfindung erläutert. Es zeigen:

- | | |
|---------|---|
| Tafel 1 | die Vorgehensweise bei der Bezugnahme auf einen Referenzzustand beim Voreinstellen der Bandplanheit; |
| Tafel 2 | die Ermittlung der neuen Stellgliedpositionen für die Bandplanheit mit Hilfe einer On-line-Berechnung des Walzspalts unter Berücksichtigung des Referenzzustandes; |
| Tafel 3 | die Ermittlung der neuen Stellgliedpositionen mit Hilfe von Einflußfunktionen und Einflußfaktoren, die für die verschiedenen Planheitsstellglieder sowie die Walzkraft über eine Vorabbestimmung mit einem Walzspaltmodell ermittelt werden und |
| Tafel 4 | die Ermittlung der Walzkraft bzw. Anstellposition für eine gewünschte Banddicke. |

In Tafel 1 wird der Referenzzustand für die verschiedenen Ereignisse, nämlich für das Walzen eines neuen Coils oder für das Wiederanfahren nach einem Stillstand des Walzgerüsts unterschieden. Im ersten Fall dienen als Referenzdaten für den ersten Stich des neuen Coils die Ist-Daten vom Stichbeginn eines Coils gleicher Kategorie, beispielsweise Qualität, Bandbreite und Banddicke, das aus den letzten n gewalzten Coils ausgewählt wurde. Im anderen Fall nach einem Stillstand, z.B. bei jedem neuen Stich oder bei einem Walzenwechsel dienen als Referenzdaten die Ist-Daten, die unmittelbar vor dem Stillstand bei demselben Coil angefallen sind. Der so bestimmte Referenzzustand (die einzelnen Werte oder Wertbeispiele sind in Tafel 1 angegeben) wird zusammen mit dem Sollzustand (auch hierzu sind die einzelnen Daten in der Tafel 1 angegeben) einem Rechenalgorithmus zugeführt, der die Stellgliedpositionen für die Bandplanheit liefert.

Nach den Flußschemata von Tafel 2 und 3 werden die erfindungsgemäßen Stellgliedpositionen ermittelt, die sich aus der Stellgliedposition des Referenzzustandes zuzüglich der berechneten Stellgliedänderung ergeben. Gemäß Tafel 2 erfolgt die Berechnung On-Line unter Verwendung eines Walzspaltmodells. Die Berechnung der neuen Stellgliedpositionen soll iterativ erfolgen. Die Iteration wird gegebenenfalls dann be-

endet, wenn die Differenz der Stellgliedpositionen des aktuellen Iterationsschrittes zu den Stellgliedpositionen des vorhergehenden Schrittes einen bestimmten, vorgegebenen Grenzwert unterschreitet. Dieser Grenzwert orientiert sich an der Positionsgenauigkeit des Stellgliedes.

Gemäß Tafel 3 werden die Einflußfunktionen der Planheitsstellglieder und der Einfluß der Walzkraft vorab mit Hilfe des Walzspaltmodells ermittelt. Die Einzelheiten der aufeinanderfolgenden Operationen ergeben sich in übersichtlicher Weise aus den Tafeln 2 und 3.

Die Tafel 4 veranschaulicht ein Ausführungsschema des Verfahrens zum Ermitteln der vorzugebenen Walzkraft bzw. Anstellposition zwecks Erreichens der gewünschten Soll-Auslaufdicke unter Berücksichtigung eines Referenzzustandes. Der Zielzustand ist definiert durch: die Einlaufdicke des Bandes, die Soll-Auslaufdicke und den Bandzug. Zum Erreichen des Ziels werden die Werte des Referenzzustandes - vorzugsweise on-line - über eine Einflußfunktion abhängig von den Meßwerten des Referenzzustandes, beispielsweise Walzkraft/Anstellposition, Einlaufdicke, Auslaufdicke und Bandzug korrigiert. Das Ergebnis ist die vorzugebende Walzkraft oder Anstellposition, mit der das Band bei jedem neuen Stich, auch beim ersten Stich, automatisch gewalzt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Voreinstellen der Stellgliedpositionen eines Reversiergerüsts oder einer Walzstraße für den ersten Stich eines neuen Coils beim Kaltwalzen von Bändern insbesondere aus Edelstahl, dadurch gekennzeichnet, daß als Stellgliedpositionen für die Bandplanheit die entsprechenden Ist-Daten des ersten Stiches eines aus n zuvor gewalzten Coils ausgewählten Referenz-Coils, dessen Referenzdaten eingesetzt werden, die beste Übereinstimmung mit den Zieldaten des neuen Coils ergeben und daß jeweils eine aus den Daten des einzelnen Ist-Referenzzustandes zuzüglich einer von der Differenz der Daten des Referenzzustandes und des Zielzustandes abhängigen Stellgliedänderung gebildete Stellgliedposition eingesetzt wird.
2. Verfahren zum Voreinstellen der Stellgliedpositionen eines Reversiergerüsts oder einer Walzstraße für das Wiederanfahren nach einem Stillstand beim Kaltwalzen von Bändern insbesondere aus Edelstahl, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgliedpositionen für die Bandplanheit ausgehend von den entsprechenden Ist-Daten eingesetzt werden, die unmittelbar vor dem Stillstand vorlagen, und daß jeweils eine aus den Daten des einzelnen Ist-Referenzzustandes zuzüglich einer von der Differenz der Daten des Referenzzustandes und des Zielzustandes abhängigen Stellgliedänderung gebildete

Stellgliedposition eingesetzt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine auf der Basis eines Walzspaltmodells oder einer Prozeßparametrierung bestimmte Stellgliedänderung eingesetzt wird. 5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die auf der Basis eines Walzspaltmodells oder einer Prozeßparametrierung bestimmten Einflüsse der Planheitsdaten und der Walzkraft berücksichtigt werden. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Voreinstellen der Stellgliedposition der Banddicke bei einem Reversiergerüst oder einer Walzstraße für ein neues Coil oder den jeweils nächsten Stich eines angewalzten Coils beim Kaltwalzen von Bändern, dadurch gekennzeichnet, daß die Banddicke durch Vorgabe einer über einen bestimmten Zeitraum aus den Ist-Daten von Referenzzuständen des Walzgerüsts oder der Walzstraße adaptierten Walzkraft oder Anstellposition voreingestellt wird. 15 20
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß in den Ist-Daten des jeweiligen Referenzzustandes die Walzkraft, Anstellposition, die Einlaufdicke, die Auslaufdicke und/oder der Bandzug berücksichtigt werden. 25 30

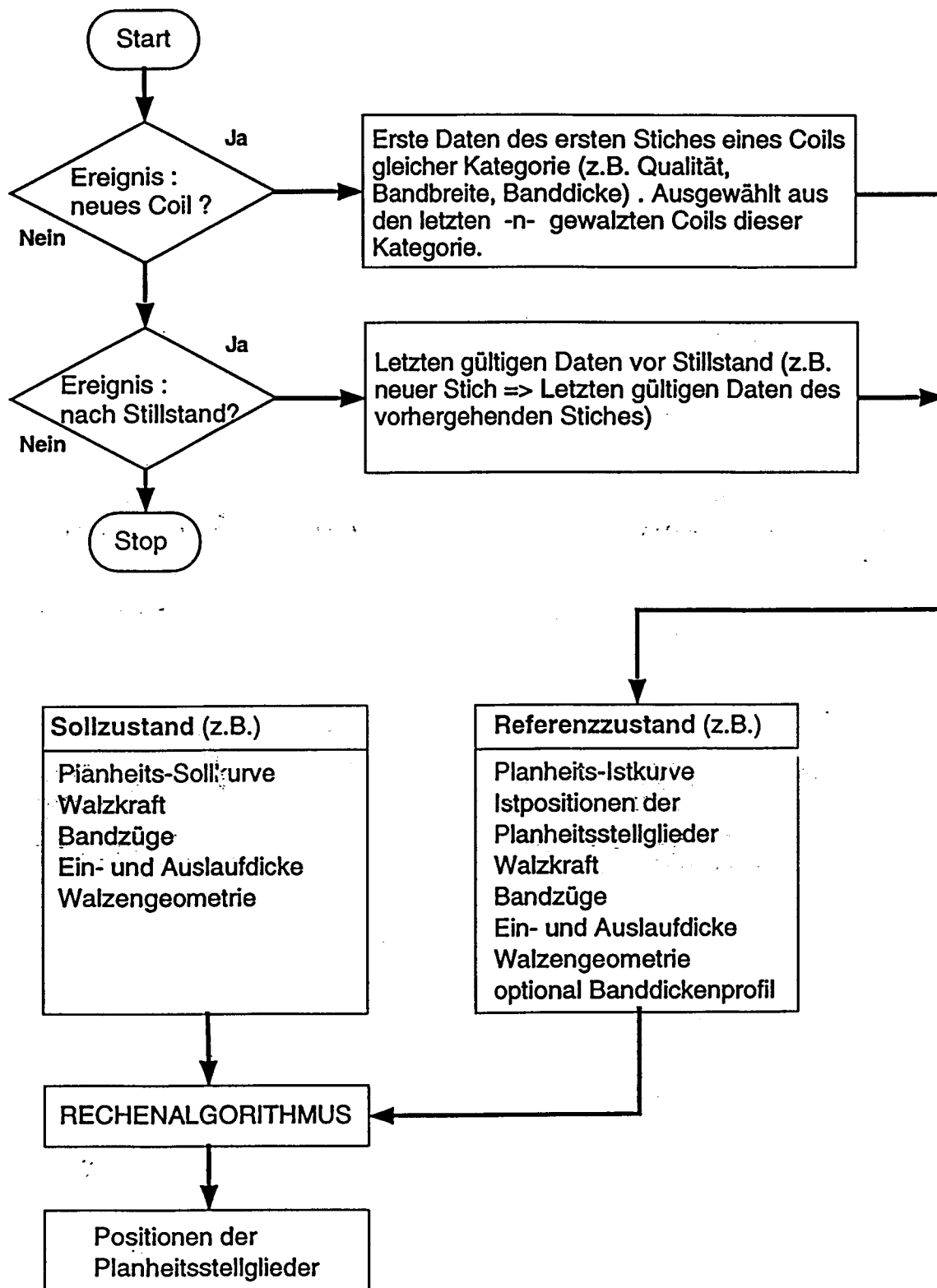
35

40

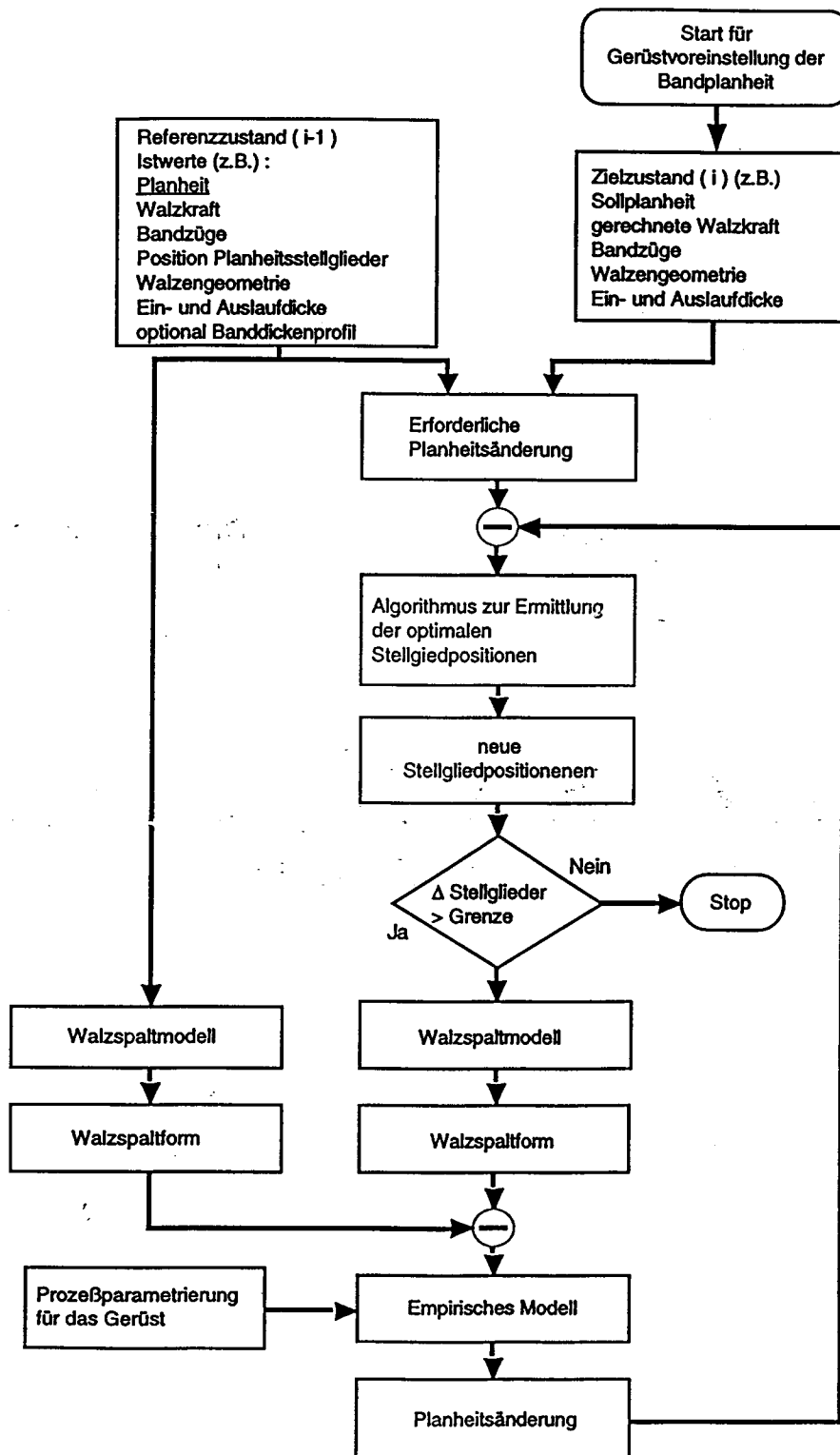
45

50

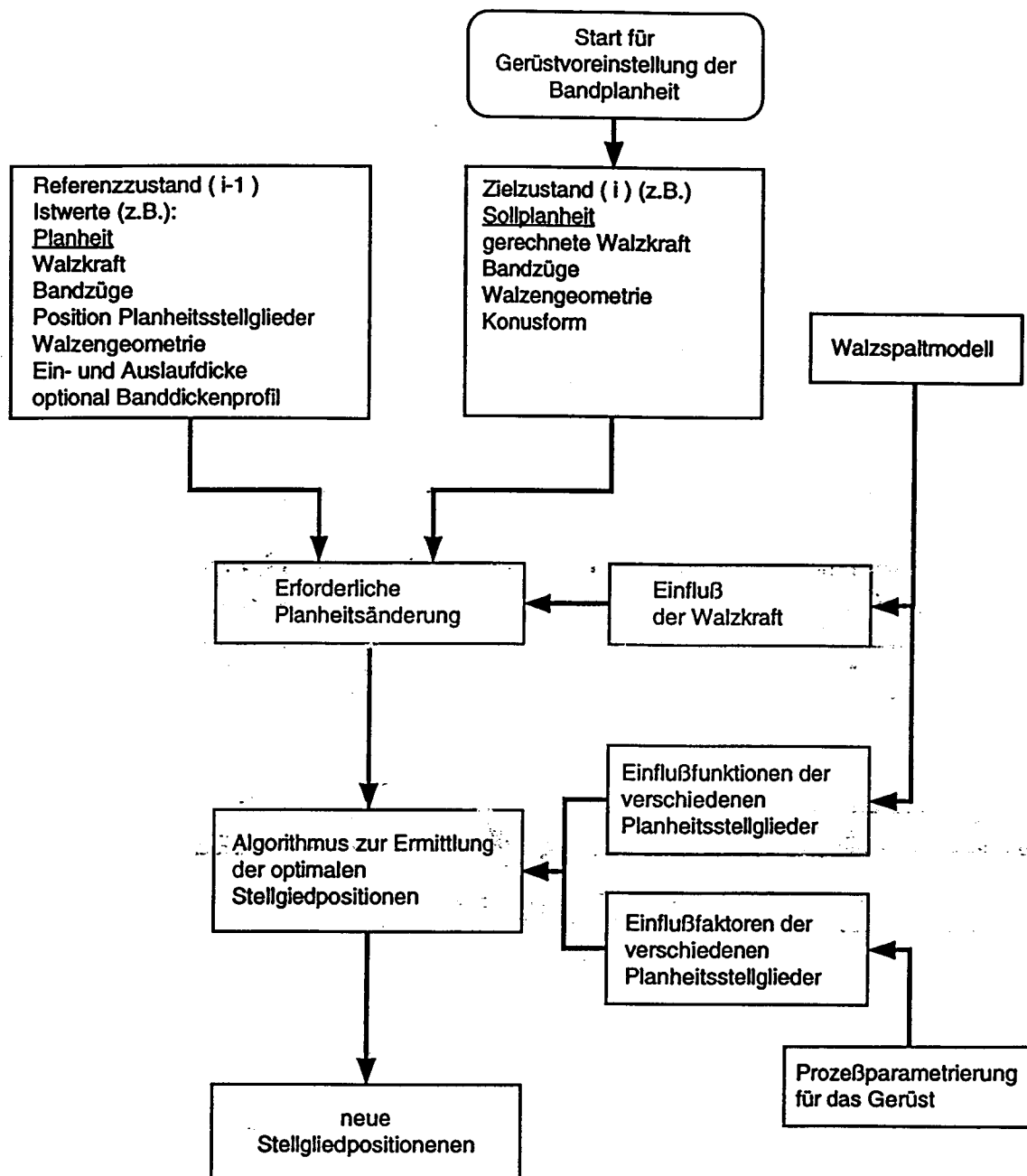
55



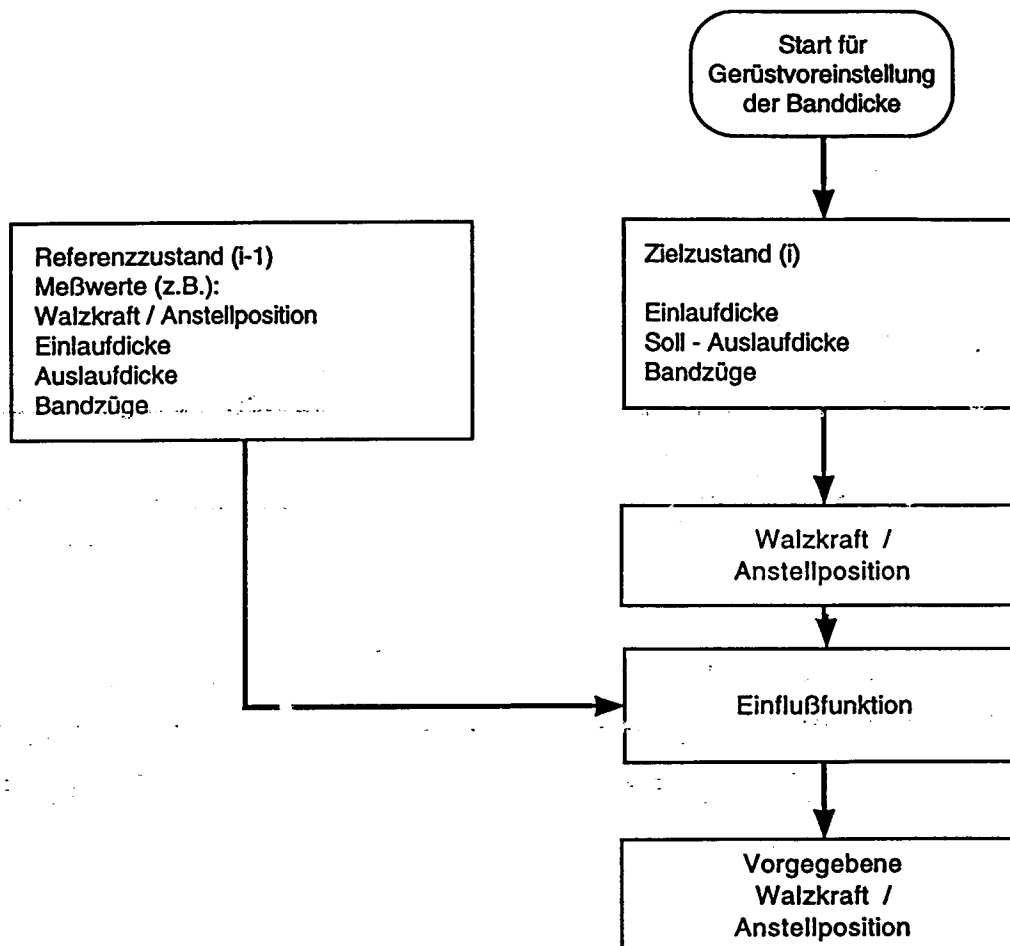
Tafel 1: Vorgehensweise bei der Bezugnahme auf einen Referenzzustand



Tafel 2: Ermittlung der neuen Stellgliedpositionen mit Hilfe einer on-line-Berechnung der Walzspaltform unter Berücksichtigung des Referenzzustandes



Tafel 3: Ermittlung der neuen Stellgliedpositionen mit Hilfe von Einflußfunktionen und Einflußfaktoren, die für die verschiedenen Planheitsstellglieder sowie die Walzkraft über eine Vorabberechnung mit einem Walzspaltmodell berechnet werden.



Tafel 4: Ermittlung der vorzugebenden Walzkraft bzw. Anstellposition zum Erreichen der gewünschten Soll-Auslaufdicke unter Berücksichtigung des Referenzzustandes