



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 078 700 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.02.2001 Patentblatt 2001/09

(51) Int. Cl.⁷: **B21B 37/78**

(21) Anmeldenummer: **00250266.4**

(22) Anmeldetag: **09.08.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **24.08.1999 DE 19941163**

(71) Anmelder: **SMS Demag AG
40237 Düsseldorf (DE)**

(72) Erfinder:
• **Pehle, Hans Joachim Dr.Ing.
41363 Jüchen (DE)**
• **Thieven, Peter Dr.Ing.
52064 Aachen (DE)**

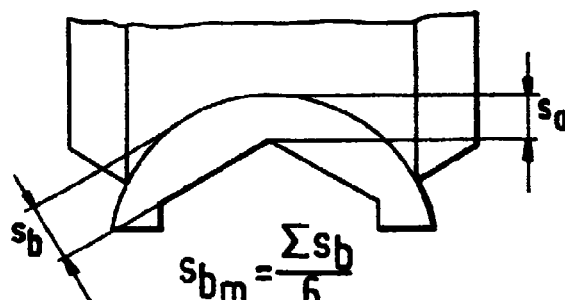
(74) Vertreter:
**Meissner, Peter E., Dipl.-Ing. et al
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)**

(54) **Verfahren zur Drehzahlsteuerung zwecks Minimierung der Innenpolygonbildung**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke in einer vielgerüstigen kontinuierlichen Streckreduzierwalzstraße mit Einrichtungen zur Messung der Rohrwanddicke hinter der Streckreduzierwalzstraße, einer Rechneinheit zur Meßwertverarbeitung und einer Einrichtung zur Drehzahlsteuerung der Antriebsmotoren.

Dabei wird durch rechnergesteuerte Veränderung der Drehzahlen der Antriebsmotoren während des Rohrdurchlaufes die Gesamtstreckung konstant gehalten und dadurch die Innenpolygonbildung auf ein Minimum reduziert.

Fig.1



$$s_{bm} = \frac{\sum s_b}{6}$$

$$s_{am} = \frac{\sum s_a}{6}$$

$$p = \frac{s_{bm} - s_{am}}{s_{bm} + s_{am}} 100\%$$

EP 1 078 700 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke in einer vielgerüstigen kontinuierlichen Streckreduzierwalzstraße mit Einrichtungen zur Messung der Rohrwanddicke hinter der Streckreduzierwalzstraße, einer Rechneinheit zur Meßwertverarbeitung und einer Einrichtung zur Drehzahlsteuerung der Antriebsmotoren

[0002] Bei der Herstellung nahtloser und geschweißter Stahlrohre wird häufig das sogenannte Streckreduzieren eingesetzt, um in sehr flexibler Weise aus wenigen Vorproduktabmessungen eine Vielzahl in Durchmesser und Wanddicke unterschiedlicher Fertighrohrabmessungen zu erzeugen. Der Vorteil dieses Verfahrens, das ohne Innenwerkzeug auskommt, liegt in der schnellen und kostengünstigen Variation von Wanddicke und Durchmesser.

[0003] Die Umformung des Rohres erfolgt beim Streckreduzieren in einer Vielzahl hintereinander angeordneter Gerüste, wobei durch Drehzahlvariation in den einzelnen Gerüsten eine Wechselwirkung zwischen den Gerüsten erzeugt und damit die Wanddicke des Fertighrores gezielt eingestellt wird. Die Umformung in der Streckreduzierwalzstraße (SRW) erfolgt heute in der Regel in Dreiwälzengerüsten. Damit das Walzgut bei der Reduktion des Rohrdurchmessers nicht in den Spalt zwischen den Walzen eintritt und infolgedessen Oberflächenmarkierungen auftreten, wird das Kaliber der Walzen nicht kreisrund sondern - im Dreiwälzengerüst dreiseitig - oval ausgeführt. Diese dreiseitige Form des Kalibers ist grundsätzlich unvermeidbar. Nur das letzte Gerüst einer eingesetzten Gerüstreihe wird im allgemeinen kreisrund ausgeführt. Dies ist möglich, da die Durchmesseränderung in diesem Gerüst klein ist. Es ist erforderlich, da das fertig gewalzte Rohr weitestgehend kreisrund sein soll.

[0004] Die "Ovalität" des Kalibers muß in Abhängigkeit von der Durchmesserreduktion, der Wanddicke des Rohres etc. optimal eingestellt werden. Wird die Ovalität zu klein gewählt, erhält man Markierungen und Beschädigungen der Außenoberfläche. Wird die Ovalität zu groß gewählt, kommt es zu ausgeprägten Wanddickenungleichmäßigkeiten im Querschnitt des streckreduzierten Rohres. Diese Wanddickenungleichmäßigkeiten haben eine sechseckige Form (beim Dreiwälzengerüst) und werden als Innenpolygon bezeichnet. Wie alle Wanddickenabweichungen so bedeutet auch die Innenpolygonbildung eine Qualitätseinbuße. Da die Innenpolygonbildung u.a. von der Wanddicke oder besser gesagt vom Verhältnis Wanddicke zu Rohrdurchmesser abhängig ist, benötigt man zur Erzeugung eines großen Wanddickenbereiches in der Regel unterschiedliche Kalibrierungen der Walzen, d.h. unterschiedliche Ovalitäten der Walzenkalibrierung. Da das Vorhalten von Walzgerüsten einen erheblichen Aufwand bedeutet, setzt man im allgemeinen nur zwei unterschiedliche Kalibrierungen ein, eine runde

mit geringer Ovalität der Kaliberöffnung für dickwandige Rohre sowie eine ovale mit großer Ovalität der Kaliberöffnung für dünnwandige Rohre. Im übrigen wird versucht die Innensechskantbildung klein zu halten, indem die mittlere Zugspannung oder der „Zug“ im Walzgut bei der Umformung optimal eingestellt wird.

[0005] Wählt man ein bestimmtes Maß der Innenpolygonbildung, so stellt man durch Versuche fest, daß sich das Polygonmaß in Abhängigkeit vom Zug linear ändert. Zur Änderung des Zuges wird die Wanddicke des Vorrohres geändert. Da die Steigung und die Lage der Kurve von vielen Einflußgrößen (Verhältnis Wanddicke zu Durchmesser des Rohres, Kaliberform, Walzendurchmesser, Temperatur, Werkstoff,...) abhängig ist, bedarf es eines großen Versuchsaufwandes, um für ein komplettes Walzprogramm eine Zugoptimierung durchzuführen. Hat man diese Optimierung mit viel Mühe durchgeführt, erzielt man trotzdem nicht immer innenpolygonarme Rohre, da aktuelle Änderungen der Einflußgrößen unvermeidbar sind. In dieser Situation kann wieder versucht werden, die Innenpolygonbildung zu reduzieren, indem die Luppenwanddicke geändert wird. Dies ist aber je nach Rohrwalzverfahren der vorgeschalteten Umformstufe nicht ohne Zeitverlust und Aufwand möglich. Letztendlich sind viele Rohrhersteller mit diesem Problem der Qualitätseinbuße aufgrund von Innenpolygonbildung konfrontiert, treiben einen erheblichen Aufwand um die Produktqualität zu verbessern oder nehmen geringe Produktqualität in Kauf.

[0006] Neben den Wanddickenabweichungen, die im Querschnitt des Rohres auftreten und über der Länge des Rohres nahezu konstant sind, gibt es Wanddickenabweichungen, die über der Länge der Rohre auftreten. Es existieren zwar Drehzahlsteuerungsverfahren und -einrichtungen mit denen diese Wanddickenabweichungen über der Länge des Walzgutes ausgeglichen werden, nicht jedoch Drehzahlsteuerungsverfahren zur Reduzierung der Innenpolygonbildung. Für die oben beschriebene Zugoptimierung ist eine gezielte Variation der Luppenwanddicke erforderlich. Die Luppenwanddicke kann aber nicht Steuerglied eines Regelkreises sein, da sie in einem anderen, unabhängig vom SRW arbeitenden Walzaggregat erzeugt wird. Nach dem Stand der Technik muß eine Innenpolygonbildung infolge aktuell sich ändernder Umformbedingungen in Kauf genommen werden und es muß ein erheblicher Aufwand getrieben werden, um im Vorfeld der Produktion eine Optimierung durchzuführen.

[0007] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, unter Einsatz der Drehzahlsteuerung der Walzen ein Verfahren zur Minimierung der Innenpolygonbildung beim Streckreduzieren nahtloser Rohre zu schaffen.

[0008] Zur Lösung der Aufgabe wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß durch rechnergesteuerte Veränderung der Drehzahlen der Antriebsmotoren während des Rohrdurchlaufes die Gesamtstreckung konstant gehalten und dadurch die Innenpolygonbil-

dung auf ein Minimum reduziert wird.

[0009] Das erfindungsgemäße Verfahren löst das eingangs beschriebene Problem des Standes der Technik dadurch, daß während des Produktionsprozesses eine Reduktion der Innenpolygonbildung mittels eines Regelkreises und Variation eines Zugparameters durchgeführt wird. Der Zugparameter definiert eine Änderung der Drehzahlreihe und damit der Zugverteilung im Walzwerk in der Weise, daß die Gesamtstreckung im Walzwerk unbeeinflusst bleibt. Da zwischen dem Parameter der Zugverteilung und der Innenpolygonbildung ein eindeutiger Zusammenhang existiert, gelingt es, die Innenpolygonbildung automatisch zu reduzieren, ohne die Wanddicke des Vorrohres zu beeinflussen.

[0010] Der Zugparameter wird so definiert, daß bei seiner Änderung die Drehzahlverhältnisse in einer Walzgerüstgruppe erhöht werden und zugleich in einer anderen Walzgerüstgruppe vermindert werden, so daß die Streckung des Rohres insgesamt konstant bleibt. Hierbei wird davon Gebrauch gemacht, daß die die Innenpolygonbildung beeinflussenden Größen innerhalb der Gerüstreihe der Streckreduzierwalzstraße im allgemeinen sehr unterschiedlich sind. Vergleicht man den einlaufseitigen Bereich der Streckreduzierwalzstraße mit dem auslaufseitigen, so stellt man hier

- ein kleineres Verhältnis von Rohrwanddicke zu Rohrdurchmesser
- ein größeres Verhältnis von Rohrdurchmesser zu Walzendurchmesser
- eine höhere Temperatur
- eine größere Kaliberovalität

fest. Hinzu kommen Einflüsse von der Bauweise des SRW, wie zum Beispiel eine festgelegte Charakteristik der einstellbaren Drehzahlkurven.

[0011] Eine Änderung des Zuges hat hinsichtlich der Innenpolygonbildung unterschiedliche Effekte, abhängig davon, ob sie im einlaufseitigen oder im auslaufseitigen Bereich des SRW stattfindet. Mithin ergibt sich eine Abhängigkeit der Innenpolygonbildung vom Zugparameter. Damit ist die Voraussetzung für einen Steuerungsvorgang zur Reduzierung der Innenpolygonbildung gegeben.

[0012] Ein möglicher Regelkreis sieht wie folgt aus. Das Polygonmaß an dem aus dem SRW auslaufenden Rohr wird während des Rohrdurchlaufes meßtechnisch erfaßt (z.B. mittels US-Wanddickenmessung), die Abhängigkeit des Polygonmaßes bei Variation des Zugparameters wird ermittelt und der Parameter so eingestellt, daß die Innenpolygonbildung minimal ist.

[0013] Die Konstanz der Streckung wird z.B. dadurch sicher gestellt, daß die Drehzahlvariation schon bei der Prozeßplanung für jede Abmessung des Walzprogrammes so definiert wird, daß der mittlere Zug im SRW gleich bleibt. Auch kann während des Produktionsbetriebes ein adaptives Berechnungsverfahren

hierfür eingesetzt werden.

[0014] Die Erfindung wird anhand der Abbildungen 1 bis 4 erläutert:

[0015] Abbildung 1 beschreibt die Ausbildung eines Innenpolygons und die Berechnung des Polygonmaßes P. Die Wanddicke des Rohres im Bereich des Kalibergrundes der Walze wird hier mit s_a gekennzeichnet, die Wanddicke im Bereich der Mitte der Kaliberflanke mit s_b . Aufgrund der sechseckig symmetrischen Ausbildung der Rohrrinnenkontur findet man Rohrquerschnittsbereiche s_a und s_b nahezu gleicher Deformation jeweils an sechs Stellen. Die an diesen Stellen gemessenen Wanddickenwerte werden wie in der Abbildung 1 angegeben gemittelt. Das Polygonmaß P hat einen positiven Wert, wenn die Stelle der kleineren Wanddicke im Kalibergrund liegt, es hat einen negativen Wert, wenn die Stelle der kleineren Wanddicke in der Mitte der Kaliberflanke liegt.

[0016] Abbildung 2 veranschaulicht die Abhängigkeit des Polygonmaßes vom Zug. Das Polygonmaß nimmt mit größer werdendem Zug linear zu. Bei kleinen Zugwerten ist es negativ, bei großen Zugwerten positiv. Der Zugwert, bei dem das Polygonmaß gleich Null ist wird als „optimaler Zug“ bezeichnet.

[0017] Abbildung 3 stellt eine mögliche Variation der Zugverteilung dar, bei der die Gesamtstreckung in der Streckreduzierwalzstraße konstant bleibt. Beim Zugverlauf ZP_1 wird im einlaufseitigen Bereich der Streckreduzierwalzstraße der Zug und damit die Streckung des Walzgutes höher als im auslaufseitigen Bereich. Bei der Zugverteilung ZP_2 sind Zug und Streckung über den Gerüstplätzen etwa gleich verteilt. Bei ZP_3 sind Zug und Streckung in den einlaufseitigen Gerüsten kleiner als in den auslaufseitigen.

[0018] In Abbildung 4 ist die Abhängigkeit des Polygonmaßes vom Zugparameter ZP dargestellt. In diesem Beispiel nimmt das Polygonmaß mit Erhöhung des Zugparameters linear zu. ZP_1 , ZP_2 und ZP_3 sind konkrete Zustände der Zugvariation, die stufenlos einstellbar ist. Aus der während des Walzbetriebes ermittelten Abhängigkeit des Polygonmaßes vom Zugparameter wird der Wert des Zugparameters bestimmt, für den das Polygonmaß gleich Null ist.

45 Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke in einer vielgerüstigen kontinuierlichen Streckreduzierwalzstraße mit Einrichtungen zur Messung der Rohrwanddicke hinter der Streckreduzierwalzstraße, einer Rechneinheit zur Meßwertverarbeitung und einer Einrichtung zur Drehzahlsteuerung der Antriebsmotoren, dadurch gekennzeichnet, daß durch rechnergesteuerte Veränderung der Drehzahlen der Antriebsmotoren während des Rohrdurchlaufes die Gesamtstreckung konstant gehalten und dadurch die Innenpolygonbildung auf

ein Minimum reduziert wird.

2. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach
Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, 5
daß durch Veränderung der Drehzahlen der
Antriebsmotoren die Drehzahlverhältnisse in einer
Walzgerüstgruppe erhöht werden und zugleich in
einer anderen Walzgerüstgruppe vermindert wer-
den, so daß die Streckung des Rohres insgesamt 10
konstant bleibt.

3. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach
Anspruch 1 und 2,
dadurch gekennzeichnet, 15
daß das Polygonmaß an dem aus dem SRW aus-
laufenden Rohr (z.B. mittels US-Wanddickenmes-
sung) während des Rohrdurchlaufes meßtechnisch
erfaßt wird, die Abhängigkeit des Polygonmaßes
bei Variation des Zugparameters ermittelt wird und 20
der Parameter so eingestellt wird, daß die Innenpo-
lygonbildung minimal ist.

4. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach
Anspruch 1 bis 3, 25
dadurch gekennzeichnet,
daß zur Sicherstellung der Konstanz der Streckung
bei der Prozeßplanung die Drehzahlvariation für
jede Abmessung des Walzprogrammes so definiert
wird, daß der mittlere Zug im SRW gleich bleibt. 30

5. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach
Anspruch 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß während des Produktionsbetriebes ein adapti- 35
ves Berechnungsverfahren für die Drehzahlvaria-
tion eingesetzt wird.

40

45

50

55

Fig.1

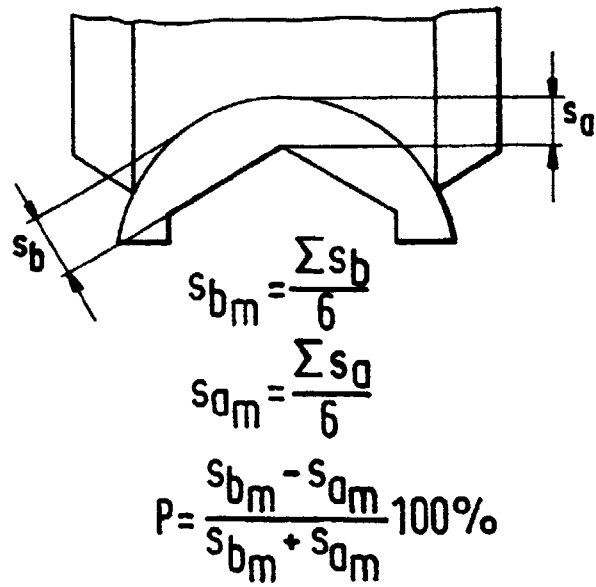


Fig.2

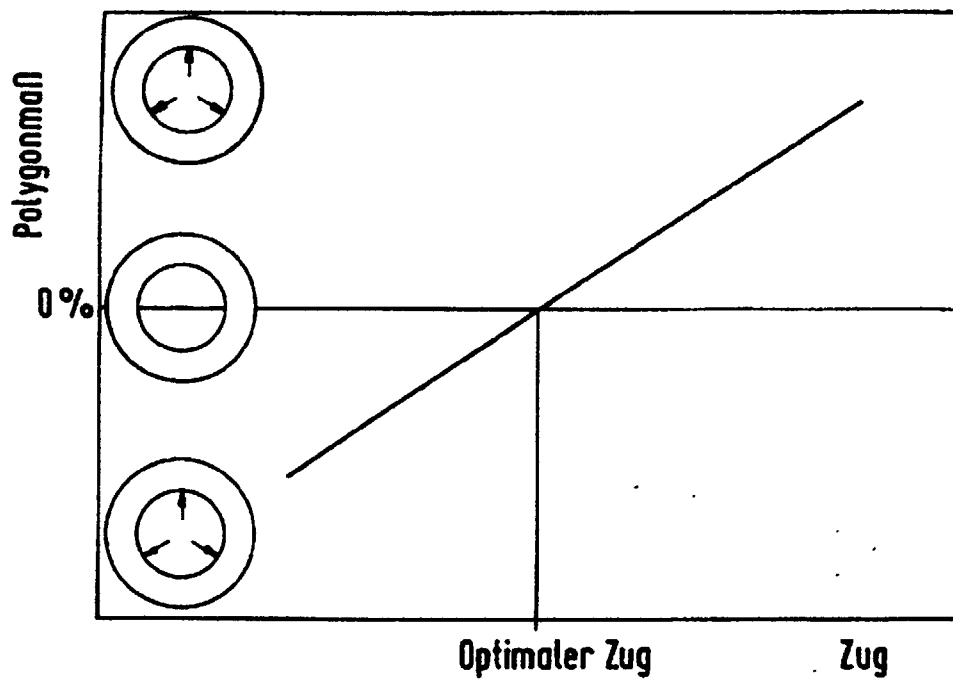


Fig.3

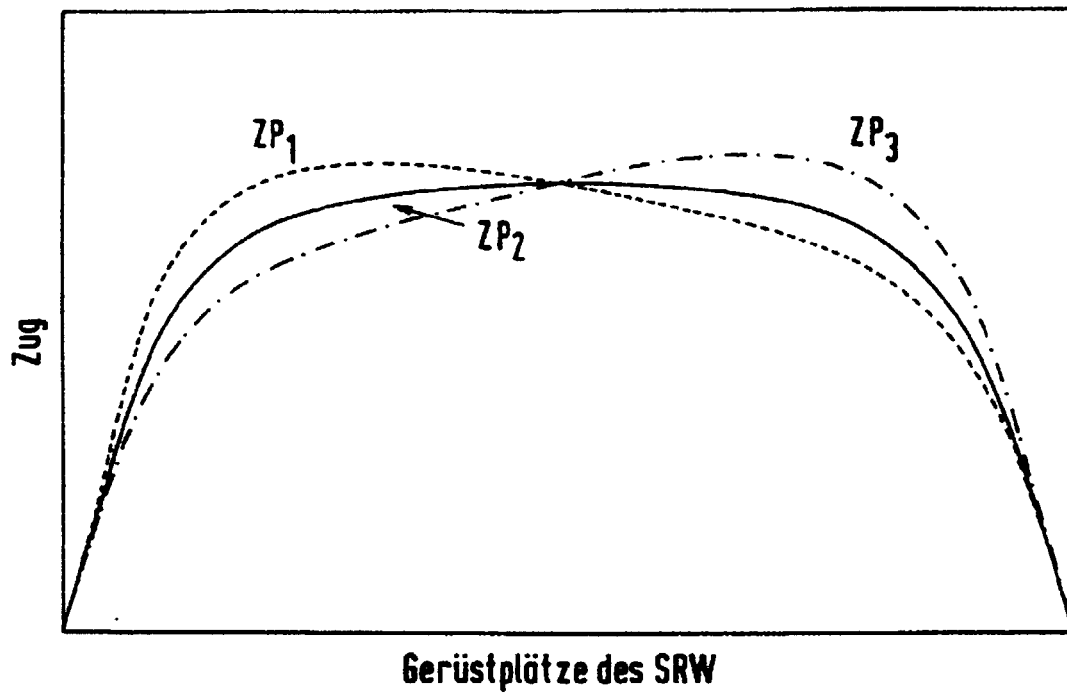


Fig.4

