



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 078 700 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
19.10.2005 Patentblatt 2005/42

(51) Int Cl.7: **B21B 37/78**

(21) Anmeldenummer: **00250266.4**

(22) Anmeldetag: **09.08.2000**

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

Method of speed control in order to minimize the formation of inner polygons

Procédé pour commander la vitesse de rotation pour minimiser la formation de polygones intérieurs

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
28.02.2001 Patentblatt 2001/09

(73) Patentinhaber: **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. et al
Meissner & Meissner,
Patentanwaltsbüro,
Hohenzollerndamm 89
14199 Berlin (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no.
039 (M-665), 5. Februar 1988 (1988-02-05) -& JP
62 192210 A (KAWASAKI STEEL CORP), 22.
August 1987 (1987-08-22)**
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 008, no.
002 (M-266), 7. Januar 1984 (1984-01-07) -& JP 58
167003 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 3.
Oktober 1983 (1983-10-03)**
• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no.
054 (M-563), 19. Februar 1987 (1987-02-19) -& JP
61 216811 A (NIPPON KOKAN KK), 26.
September 1986 (1986-09-26)**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 078 700 B1

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 (siehe z.B. JP-A-62 192 210).

[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 Fertighrohres 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 Ka-

liberöffnung 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 Rohrersteller 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 Steuerungsglied 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 Innenpolygonbildung 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.

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, wobei die Veränderung

der Drehzahlen der Antriebsmotoren in der Weise erfolgt, dass die Drehzahlverhältnisse in einer Walzgerüstgruppe erhöht werden und zugleich in einer anderen Walzgerüstgruppe vermindert werden.

2. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Polygonmaß an dem aus dem SRW auslaufenden Rohr, z.B. mittels US-Wanddickenmessung, während des Rohrdurchlaufes messtechnisch erfasst wird, die Abhängigkeit des Polygonmaßes bei Variation des Zugparameters ermittelt wird und der Parameter so eingestellt wird, daß die Innenpolygonbildung minimal ist.
3. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach Anspruch 2,
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.
4. Verfahren zur Steuerung der Rohrwanddicke nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass während des Produktionsbetriebes ein adaptives Berechnungsverfahren für die Drehzahlvariation eingesetzt wird.

Claims

1. A method of controlling the tube wall thickness in a multi-stand, continuous stretch-reducing mill with devices for measuring the tube wall thickness downstream of the stretch-reducing mill, a computer unit for processing the measured values and a device for controlling the speed of the drive motors, **characterised in that**, by varying the speeds of the drive motors by computer control during the passage of the tube, the overall extension is kept constant and the formation of inner polygons is thereby reduced to a minimum, wherein the speeds of the drive motors are varied in such a way that the speed ratios are increased in one group of rolling stands and simultaneously reduced in another group of rolling stands.
2. A method of controlling the tube wall thickness according to claim 1, **characterised in that** the polygon size on the tube issuing from the SRM is determined during the passage of the tube by means of a measuring technique, e.g. by means of ultrasonic wall thickness measurement, the dependence of

the polygon size on variation of the drawing parameter is determined and the parameter is set so that the formation of inner polygons is minimal.

3. A method of controlling the tube wall thickness according to claim 2, **characterised in that**, in order to ensure constancy of elongation, the speed variation for each dimension of the rolling schedule is defined, during process planning, so that the average tension in the SRM remains the same.
4. A method of controlling the tube wall thickness according to claim 3, **characterised in that** an adaptive calculation method is used for speed variation during the production operation.

Revendications

1. Procédé de commande de l'épaisseur de paroi de tubes dans un train de laminoir étireur-réducteur continu à plusieurs cages comportant des dispositifs pour mesurer l'épaisseur de paroi de tubes en aval du train de laminoir étireur-réducteur, un ordinateur pour le traitement des valeurs mesurées et un dispositif pour commander la vitesse des moteurs d'entraînement,
caractérisé en ce que l'ensemble de l'étirage est maintenu constant par la variation commandée par ordinateur des vitesses des moteurs d'entraînement pendant le passage du tube et **en ce que** la formation de polygones intérieurs est ainsi réduite à un minimum, la variation des vitesses des moteurs d'entraînement s'effectuant de telle manière que les rapports de vitesse augmentent dans un groupe de cages de laminoir et en même temps diminuent un autre groupe de cages de laminoir.
2. Procédé de commande de l'épaisseur de paroi de tubes selon la revendication 1,
caractérisé en ce que la dimension des polygones est déterminée par des appareils de mesure sur le tube sortant du train de laminoir étireur-réducteur pendant le passage du tube, par mesure d'épaisseur de paroi par ultrasons, par exemple, la relation de la dimension des polygones étant déterminée lors de la variation du paramètre de traction et le paramètre étant réglé de façon à ce que la formation de polygones intérieurs soit minimale.
3. Procédé de commande de l'épaisseur de paroi de tubes selon la revendication 2,
caractérisé en ce que, pour garantir la constance de l'étirage, la variation de vitesse est définie lors de l'étude du processus pour chaque dimension du programme de laminage de façon à ce que la traction centrale dans le train de laminoir étireur-réducteur reste constante.

4. Procédé de commande de l'épaisseur de paroi de tubes selon la revendication 3,
caractérisé en ce qu'un procédé de calcul adaptatif pour la variation de vitesse est utilisé pendant le fonctionnement de la production.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

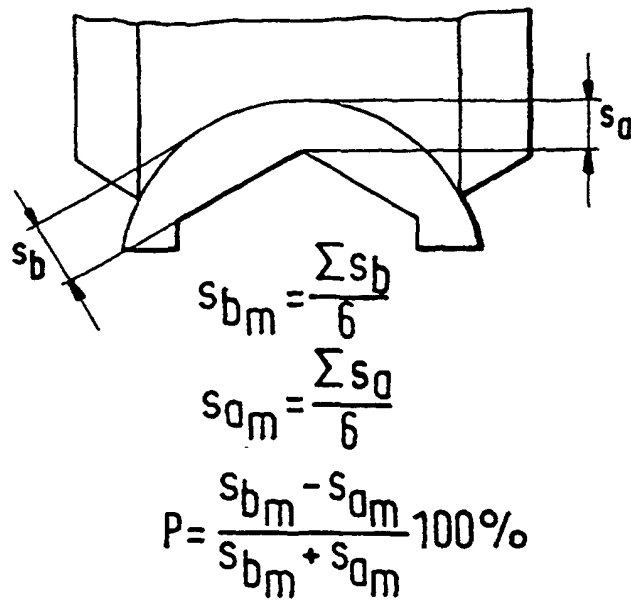


Fig.2

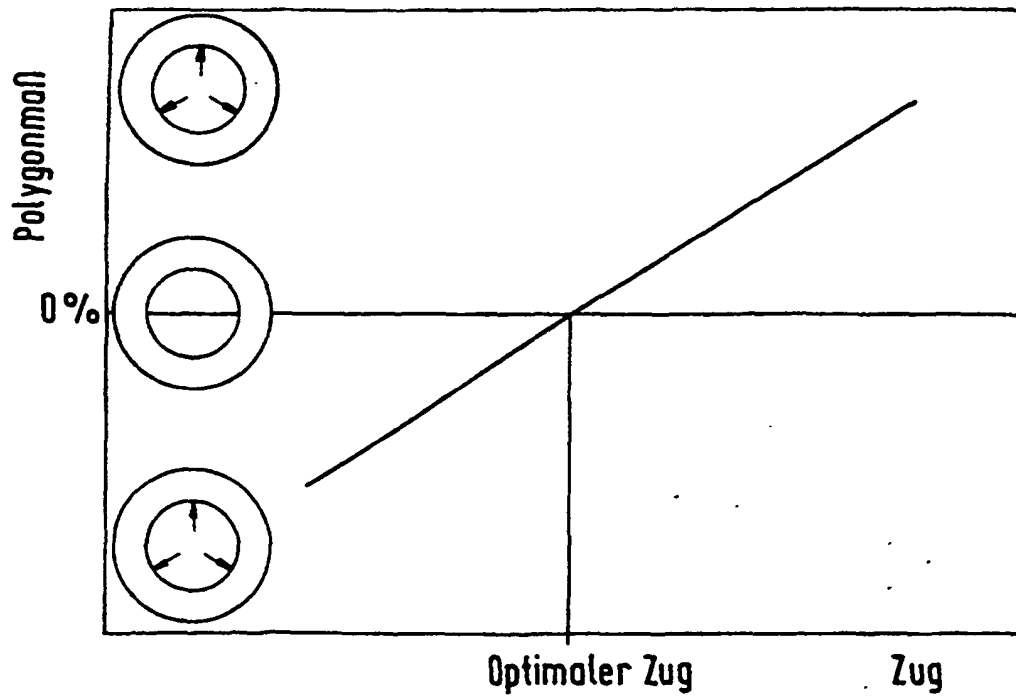


Fig.3

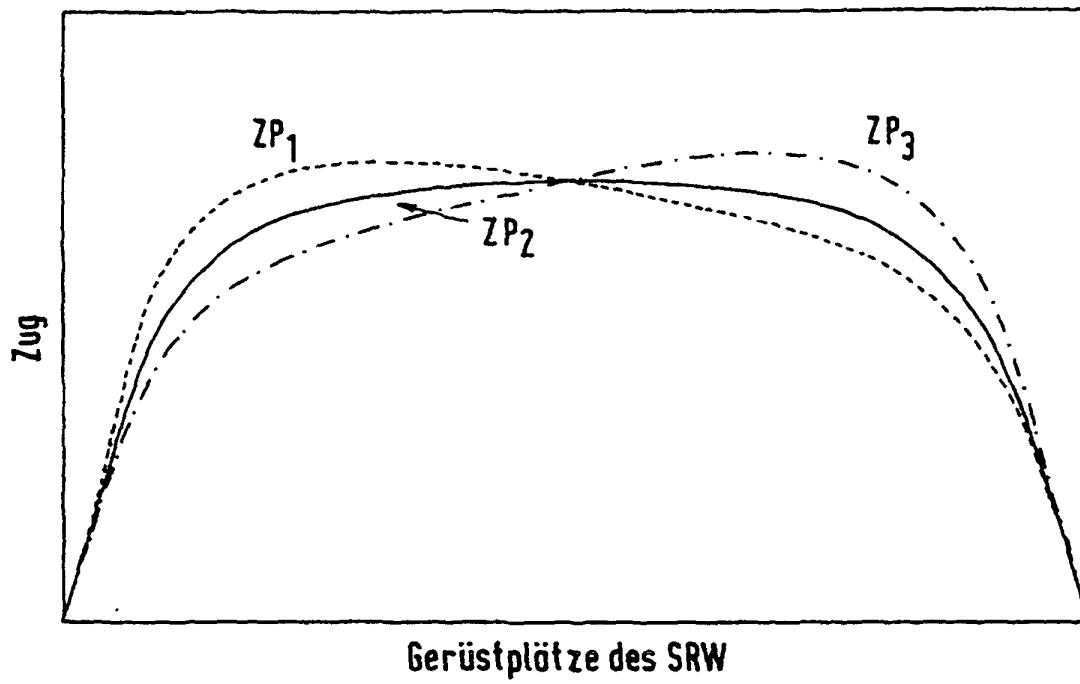


Fig.4

