

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 85100675.9

(51) Int. Cl.⁴: **B 21 D 22/16**

(22) Anmeldetag: 23.01.85

(30) Priorität: 24.01.84 DE 3402301

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.08.85 Patentblatt 85/34

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT NL

(71) Anmelder: Fischer, Fritz, Prof. Dr.-Ing.
Merowingerstrasse 19
D-5450 Neuwied 11(DE)

(71) Anmelder: Gütlbauer, Franz, Dr.
Münchner Strasse 35a
D-8046 Garching(DE)

(72) Erfinder: Fischer, Fritz, Prof. Dr.-Ing.
Merowingerstrasse 19
D-5450 Neuwied 11(DE)

(72) Erfinder: Gütlbauer, Franz, Dr.
Münchner Strasse 35a
D-8046 Garching(DE)

(74) Vertreter: Glawe, Delfs, Moll & Partner Patentanwälte
Postfach 26 01 62 Liebherrstrasse 20
D-8000 München 26(DE)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Drückwalzen.**

(57) Eine Vorrichtung zum Drückwalzen hat an mindestens einer der Drückrollen eine Meßeinrichtung zum Bestimmen der auf die Drückrolle wirkenden radialen, axialen und tangentialen Kräftekomponenten. Diese Kräftekomponenten bzw. vorzugsweise ihr Verhältnis zueinander kann als Kriterium für das anfängliche Einstellen und/oder das kontinuierliche Regeln der beim Drückwalzen einzuhaltenden Parameter, insbesondere Vorschub, Drehzahl, Rollenzustellung, Rollenversatz dienen.

Prof. Dr. Fritz Fischer

Dr. Franz Gütlbauer

Vorrichtung und Verfahren
zum Drückwalzen

A 05

B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Drückwalzen von der im Anspruch 1 angegebenen Gattung, sowie auf ein Verfahren zum Drückwalzen unter Verwendung dieser Vorrichtung.

- 5 Als Drückwalzen, häufig auch Fließdrücken genannt, bezeichnet man ein spanloses Kaltumformverfahren, bei dem ein rotationssymmetrischer Rohling durch eine oder mehrere gegen seine Außenumfangsfläche anliegende Drückrollen, mittels Drehung und Axialvorschub zwischen Rohling und Rollen,
- 10 zu einem dünnwandigen rotationssymmetrischen Hohlkörper, meistens über einen Dorn, abgestreckt wird.

Beim Drückwalzen ist man für das Auffinden, Einstellen und Einhalten der optimalen Werte von Parametern wie Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl des Werkstücks, Rollenzustellung usw. im wesentlichen auf empirische Versuche angewiesen. Ändern sich die Werkstoffeigenschaften, die Abmessungen und/oder die gewünschte Verformung des Werkstücks, dann müssen die genannten Parameter nach Gefühl oder anhand von neuen Versuchen neu eingestellt werden,

was zu ungenauen Ergebnissen führt. Es ist auch auf diese Weise nicht möglich, die Maßhaltigkeit, Werkstoffverfestigung und Eigenspannungen des fertigen Werkstücks gezielt zu beeinflussen. Insbesondere können die beim Fließdrücken
5 entstehenden Eigenspannungen die Festigkeitseigenschaften, insbesondere bezüglich Dehnung und Kerbschlagzähigkeit, stark beeinflussen.

Aus DE-PS 24 57 504 ist es beim Fließdrücken von Rohren mit zylindrischer Innenwand zwecks Verbesserung
10 der Maßhaltigkeit bekannt, während des Fließdruckvorgangs das Drehmoment oder die auf das Werkstück ausgeübte Vorschubkraft durch Änderung des Verhältnisses der Vorschubgeschwindigkeit zur Drehzahl des Werkstücks auf einen vorgegebenen Sollwert einzuregeln. Hierdurch können jedoch
15 die an der tatsächlichen Verformungsstelle des Werkstücks herrschenden Kräfte nur unzureichend berücksichtigt und deshalb auch der Verformungsvorgang nur unzureichend gezielt beeinflußt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung der genannten Art so zu verbessern, daß sie eine vollständige
20 Berücksichtigung der tatsächlich auftretenden Umformkräfte ermöglicht, sowie Möglichkeiten zur Optimierung des Fließdruckvorgangs unter Berücksichtigung der ermittelten Umformkräfte aufzuzeigen.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebene Vorrichtung gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Vorrichtung, sowie bevorzugte Verfahren zum Fließdrücken unter Verwendung der Vorrichtung sind in den
5 Unteransprüchen angegeben.

Durch die erfindungsgemäße Bestimmung der bezüglich des Werkstücks axialen, radialen und tangentialen Kräftekomponenten an der Drückrolle ist eine präzise Aussage über die entsprechenden Kräftekomponenten an der Umform-
10 stelle des Werkstücks, und damit auch über das Fließverhalten des Werkstoffs, möglich. Die Kenntnis dieser Kräfte kann dann in vielfältiger Weise zur Verbesserung der Maßhaltigkeit, Oberflächengüte und mechanischen Eigenschaften der jeweils durch Fließdrücken hergestellten
15 Werkstücke genutzt werden. Insbesondere kann anhand dieser gemessenen Kräftekomponenten und/oder über deren Verhältnis zueinander eine laufende Steuerung der für das Fließdrücken entscheidenden Parameter wie Vorschubgeschwindigkeit, Drehzahl (bzw. deren Verhältnis zueinander)
20 und/oder Zustellung der Drückrollen vorgenommen werden. Dies erfolgt vorzugsweise anhand empirisch ermittelter Kurven, die den optimalen, werkstofftypischen Zusammenhang zwischen den jeweiligen Kräftekomponenten und der zu beeinflussenden Stellgröße angeben und in der Steuer- oder
25 Regeleinrichtung, an die die Meßeinrichtung angeschlossen ist, gespeichert oder einbaubar sind.

Die Erfindung wird anhand zweier Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsge-
mäß ausgebildeten Vorrichtung zum Fließdrücken ge-
5 gemäß einer ersten Ausführungsform;
Fig. 2 in ähnlicher Darstellung zwei geänderte Ausführungs-
und 3 formen.

Gemäß Fig. 1 weist die Vorrichtung in üblicher Weise eine Spindel 10 auf, an der ein Dorn 16 festge-
10 spannt ist, welcher das Werkstück 18 trägt. Angetrieben wird die Spindel 10 über eine Zwischenwelle 26 von einer Antriebs-
einheit 22, die entweder in ihrer Drehzahl stufenlos regelbar ist, oder ein stufenlos verstellbares Getriebe enthält.

Zum Vorschub der Spindel 10 in Achsrichtung dient ein
15 Vorschubzylinder 12, der über eine Pumpeneinheit 14 und ein Regelventil 15 mit Druckmittel versorgt wird. Beim Antrieb der Spindel 10 in Dreh- und Vorschubrichtung läuft das Werkstück 18 gegen einen Satz von Drückrollen 20, von denen lediglich eine dargestellt ist, und wird unter Verringerung
20 seines Außendurchmessers zu einem langgestreckten Rohr umgeformt.

Dorn 16 ausgebildet sein, z.B. zum Drückwalzen von
nicht zylindrischen Werkstücken, die auch an einem
Ende geschlossen sein können, wobei in diesem Fall das
5 Werkstück durch ein gestrichelt angedeutetes Spann-
futter 17 an der Spindel 10 festgespannt wird.

Die Drückrolle 20 ist drehbar an einem Lagerblock 28
gelagert, der auf einer Lagerplatte 30 befestigt ist, die
an ihren vier Ecken über vier Abstützpunkte 32 an einer
10 Stützplatte 34 abgestützt ist, die ihrerseits in nicht
näher dargestellter Weise mit dem Maschinengestell verbunden
ist. Jeder Abstützpunkt enthält einen piezoelektrischen Meß-
aufnehmer 36, z.B. mit Quarzelementen, der voneinander unab-
hängige Meßsignale für die drei zueinander senkrechten Kom-
15 ponenten der auf ihn wirkenden Kraft erzeugt. Die vier Meß-
aufnehmer 36 (von denen nur zwei in der Zeichnung sichtbar
sind) sind an eine Auswerteeinrichtung 38 angeschlossen,
die z.B. einen Rechner enthalten kann. Diese Auswerte-
einrichtung 38 ermittelt aus den Meßsignalen der piezo-
20 elektrischen Meßaufnehmer 36, unter Berücksichtigung
ihrer geometrischen Anordnung relativ zur Drückrolle 20,
die auf die Drückrolle 20 aufgrund der Belastung durch das
Werkstück 18 wirkenden Kräftekomponenten in den drei auf-
einander senkrecht stehenden Raumrichtungen, nämlich die
25 Kraft K_a parallel zur Achse des Werkstücks 18, die Kraft K_r
in Radialrichtung des Werkstücks 18 und die Kraft K_t in

Tangentialrichtung zum Werkstück 18. Die Auswerteeinrichtung 38 kann ferner so ausgebildet sein, daß sie weitere, von diesen Kräftekomponenten abgeleitete Größen ermittelt, insbesondere das Verhältnis der Kräftekomponenten zueinander, z.B. das Verhältnis K_r/K_t . Die Auswerteeinrichtung 38 ist an eine Steuereinrichtung 40 angeschlossen. In dieser sind Sollkurven gespeichert, die einen gewünschten Zusammenhang zwischen einer oder mehreren der in der Auswerteeinheit 38 ermittelten Größen, also der Kräftekomponenten oder ihrer Verhältnisse, und bestimmten Verfahrensparametern des Drückwalzens, z.B. dem einzuhaltenden Vorschub und/oder der Drehzahl des Werkstücks angeben. Von dieser Steuereinheit 40 wird die Drehzahl der Antriebseinheit 24 und/oder das den Axialvorschub steuernde Regelventil 15 so gesteuert, daß bei jeder Änderung der auf die Drückrolle 20 wirkenden Kräfte eine entsprechende Änderung des Vorschubs und/oder der Drehzahl entsprechend der/der Steuereinheit 40 vorgegebenen Sollkurve erfolgt. Vorzugsweise wird entweder nur die Drehzahl oder nur der Vorschub derart gesteuert, daß das Verhältnis zwischen Vorschub und Drehzahl, der sogenannte "bezogene Vorschub" auf einen bestimmten, durch die Sollkurve vorgegebenen Wert gebracht wird.

Die Auswerteeinheit 38 ist auch an ein Anzeige- und/oder Registriergerät 42 angeschlossen, durch die eine Dokumentation

der während des Drückwalzens auftretenden Meßwerte der Kräftekomponenten möglich ist.

Wenn mehrere Drückrollen 20 um den Umfang des Werkstücks 18 verteilt angeordnet sind, kann die erfindungsgemäße Meßeinrichtung entweder nur an einer Drückrolle oder an allen Drückrollen vorgesehen sein. Zum Steuern des Vorschubs und/oder der Drehzahl des Werkstücks kann dann ein aus den korrespondierenden Meßwerten der verschiedenen Drückrollen rechnerisch zusammengefaßte Wert herangezogen werden. Es können auch Meßaufnehmer 11, 13 für den Vorschub und die Drehung der Spindel 10 vorgesehen und ihre Ausgänge ebenfalls an die Auswerteeinrichtung 38 angeschlossen sein.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 sind um das teils im Schnitt, teils in Seitenansicht dargestellte Werkstück 18 drei Drückrollen 20, 20a, 20b in gleichmäßigen Winkelabständen angeordnet. Wie bei der Drückrolle 20 dargestellt, ist deren Lagerblock 28 über vier Abstützpunkte 32 mit Meßaufnehmern an einer Stützplatte 34 abgestützt, die ihrerseits in Radialrichtung des Werkstücks 18 verstellbar an einer das Werkstück 18 umgebenden, z.B. ringförmigen Halterung 46 befestigt ist. Zur radialen Verstellung können insbesondere hydraulische Arbeitszylinder 48 dienen. In gleicher Weise sind den beiden anderen Drückrollen 20a, 20b Meßaufnehmer und Verstelleinrichtungen (nicht dargestellt) zugeordnet.

Die piezoelektrischen Meßaufnehmer 36 sind mit einer Auswerteeinrichtung 38 verbunden, die wie bei der Ausführungs-

form nach Fig. 1 die auf die Drückrolle 20 wirkenden axialen, radialen und tangentialen Kräftekomponenten ermittelt und sie in eine Steuereinheit 40 eingibt, die z.B. wiederum durch Vergleich mit einer Sollkurve ein die Arbeitszylinder 48 mit Hydraulikdruck versorgendes Hydraulikgerät 49 ansteuert, so daß die Zustellung der Drückrolle 20 gegen das Werkstück 18 entsprechend geändert bzw. geregelt werden kann. Es können auch entsprechende Stelleinrichtungen zum axialen Verstellen jeder Drückrolle vorgesehen sein.

Der Einfachheit halber ist die Meßeinrichtung mit Steuer- bzw. Regelkreis nur für die Drückrolle 20 dargestellt, jedoch sind auch die Drückrollen 20a und 20b jeweils mit einem derartigen Steuer- bzw. Regelkreis versehen, so daß an jeder Drückrolle, unabhängig von den anderen Drückrollen, die Zustellung entsprechend den auf die Drückrolle wirkenden Kräftekomponenten geregelt werden kann.

Der Träger 46 für die Drückrollen kann am Maschinengestell unbeweglich befestigt sein. Es ist jedoch auch eine Anordnung möglich, bei der das Werkstück 18 nicht gedreht wird, sondern der Träger 46 mit den Drückrollen 20, 20a, 20b umlaufend angetrieben wird.

Die Ausführungsformen gemäß Fig. 1 und 2 können auch miteinander kombiniert werden. d.h. es kann jede Drückrolle mit einem eigenen Regelkreis für die Zustellung gemäß Fig. 2 versehen werden, und es können außerdem die Meßeinrichtungen sämtlicher Drückrollen an eine gemeinsame Auswerte- und

Steuereinheit zum zusätzlichen Steuern oder Regeln weiterer Betriebsparameter, wie z.B. der Vorschubgeschwindigkeit, der Drehzahl des Werkstücks, der Kühlmittelbeaufschlagung u.dgl. angeschlossen sein.

- 5 Die erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht eine große Vielzahl unterschiedlicher Betriebs- und Steuervariationen, je nachdem, auf welche Eigenschaften des Werkstücks besonderer Wert gelegt wird. Hierfür können die folgenden Beispiele genannt werden :
- 10 Erzielung engster Innendurchmesser-Toleranzen:
Jeder Werkstoff hat in bestimmten Durchmesserbereichen bei einer bestimmten Werkstofffestigkeit eine optimale Verformungsgeschwindigkeit (Volumen/t), die es beim Fließdrücken gestattet, zwischen Drückdorn und gedrücktem
- 15 Werkstück einen Spalt von max. 0,05 mm zu erhalten. Zu Beginn des Fließdruckvorgangs werden die auf die Drückrolle wirkenden Axial- und Tangentialkräfte gemessen, die ein Maß für die jeweils vorhandene Werkstofffestigkeit sind, und entsprechend von vorher empirisch ermittelten werk-
- 20 stoff- und abmessungsspezifischen Sollkurven wird das Verhältnis zwischen Vorschubgeschwindigkeit und Drehzahl des Werkstücks eingeregelt.

Erzielung engster Waddicken-Toleranzen: Bei Festig-
keitsschwankungen und Toleranzabweichungen der zu ver-
formenden Rohlinge entstehen höhere Radialkräfte, die ein
Auffedern des Systems bewirken. Über die Federcharakteristik
5 wird die Rollenzustellung so korrigiert, daß sich ein neuer
Radialkraftsollwert einstellt.

Erzielung bestimmter Eigenspannungsverhältnisse : Durch
Veränderung der Vorschubgeschwindigkeit relativ zur Dreh-
zahl des Werkstücks kann auf das Verhältnis der Axial- und
10 Tangentialkräfte eingewirkt werden. Dieses Kräfteverhältnis
beeinflusst die beim Fließdrücken auftretende Verdrillung des
Werkstücks um die Längsachse, und damit die Eigenspannungen.
In diesem Fall dient daher vorzugsweise das in der Auswerte-
einrichtung ermittelte Verhältnis zwischen der Axial- und
15 Tangentialkraft an der Drückrolle die Steuergröße für die
Regelung der Vorschubgeschwindigkeit. Weicht das gemessene
Verhältnis zwischen Axial- und Tangentialkraft soweit vom
Sollwert ab, daß es durch Vorschubregelung nicht mehr
korrigiert werden kann, so kann dies als Anzeige dafür
20 herangezogen werden, daß eine Drückrolle mit anderem Durch-
messer verwendet werden soll.

Unterschiedliche Zustellung der Rollen : Die Eigen-
schaften des fertigen Werkstücks, insbesondere die Faser-
drehung um die Längsachse, kann auch durch unterschiedliche
25 Aufteilung der Anteile jeder Drückrolle an der Gesamtumfor-

5 mung beeinflußt werden. Die in Fig. 2 dargestellte Aus-
führungsform ermöglicht es, dem Regelkreis jeder einzelnen
Drückrolle eine unterschiedliche Sollwertcharakteristik
vorzugeben und damit unterschiedliche Zustellungen der
5 Rollen einzuregeln.

Bestimmung der günstigsten Rollengeometrie : Die
erfindungsgemäße Vorrichtung ermöglicht es, durch eine
Probemessung bei Beginn des Fließdrückens Meßwerte für
die verschiedenen Kräftekomponenten an der Drückrolle
10 zu gewinnen, die eine Aussage darüber ermöglichen, ob
die jeweils gewählte Rollengeometrie (Durchmesser, Ein-
laufwinkel, Auslaufwinkel u.dgl.) optimal gewählt ist.
Vom erwarteten Wert stark abweichende Meßwerte können
als Anzeige dafür dienen, daß eine Drückrolle mit anderer
15 Geometrie verwendet werden sollte.

Fließdrücken von nicht zylindrischen Werkstücken :
Bei nicht zylindrischen, insbesondere ogivalen (im Längs-
schnitt spitzbogenförmigen) Werkstücken mittels in Längs-
richtung des Werkstücks versetzt angeordneter Drückrollen
20 können ebenfalls die an jeder einzelnen Drückrolle ge-
messenen Kräftekomponenten für die optimale Einstellung
jeder einzelnen Drückrolle verwendet werden.

In Fig. 1 sind zwischen der Lagerplatte 30 und der Stützplatte 34 außer den Meßaufnehmern 36 kleine Stellzylinder 37 dargestellt, die mit einem hydraulischen oder pneumatischen Druckmittel beaufschlagt werden können, um die Platten 30 und 34 mit einer Sollkraft gegeneinander zu ziehen. Damit kann das Funktionieren der Meßaufnehmer 36 getestet und das von ihnen abgegebene Meßsignal entsprechend der vorgegebenen Sollkraft geeicht werden. Außerdem können dadurch die Meßaufnehmer so auf Druck vorgespannt werden, daß im Betrieb keine Zugkräfte an ihnen auftreten können.

Abweichend von den Ausführungsbeispielen können auch andere als hydraulische Vorschubmittel für das Werkstück verwendet werden, z.B. ein Spindelantrieb. Auch kann Drehung und/oder Vorschub statt am Werkstück auch am Drückrollenhalter zur Einwirkung gebracht werden.

Eine wichtige Einflußgröße beim Drückwalzen mit mehreren Rollen ist der axiale Versatz der in Drehrichtung aufeinanderfolgenden Rollen, der in Fig. 2 mit Δx bezeichnet ist, sowie die unterschiedliche radiale Zustellung der versetzten Rollen. Hiervon hängt der Anteil der einzelnen Rolle an der Gesamtumformung ab, und dieses beeinflußt die als Ergebnis des Umformens erhaltene Gefügestruktur des Werkstücks. Die Erfindung ermöglicht es, bei jedem Werkstück mittels Probenmessung der Kräftekomponenten an den Rollen auf einem Anfangsabschnitt des Werkstücks, der meistens ohnehin weggeschnitten wird, den Versatz der Rollen und/oder deren unter-

schiedliche Zustellung zu überprüfen und ggf. auf den optimalen Wert zu korrigieren, sowie während des laufenden Drückwalzvorgang ständig zu überwachen. Dies ist auch vorteilhaft für die Herstellung von Werkstücken mit sich
5 über die Länge ändernden Innen- und/oder Außendurchmesser.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann auch der axiale Versatz der Drückrollen zu einem im laufenden Betrieb kräfteabhängig gesteuerten Parameter gemacht werden. Hierzu ist bei der Ausführungsform nach Fig. 3 vorgesehen, daß der Lagerblock 28 jeder Drückrolle 20, 20a,
10 20b mit einer Stellvorrichtung 50 versehen ist. Diese ist in Fig. 3 der Einfachheit halber nur für die Drückrolle 20a angedeutet und kann z.B. aus einem hydraulischen Stellzylinder bestehen, der von einem Hydraulikgerät 52
15 beaufschlagt wird, welches seinerseits von der Steuer- und Regeleinrichtung 40 in Abhängigkeit von den gemessenen Kräftekomponenten gesteuert wird. Selbstverständlich kann die Stellvorrichtung 50 auch anders, z.B. als elektromotorisch angetriebener und entsprechend elektrisch ge-
20 steuerte Stellspindel ausgebildet sein.

Mittels der Stellvorrichtungen 50 kann ein gewünschter axialer Versatz Δx zwischen jeweils benachbarten Drückrollen eingestellt und im laufenden Betrieb ständig nachgeregelt werden, z.B. in der Weise, daß die an den

Drückrollen auftretenden axialen Kräftekomponenten einander gleich oder in einem bestimmten, konstanten Verhältnis gehalten werden. Durch geeignete Vorgabe des einzustellenden axialen Versatzes Δx in der Steuer- und Regeleinrichtung 40 kann vor allem auch die beim Umformen auftretende Verfestigung des Werkstückes 18 beeinflußt werden.

Ferner kann erfindungsgemäß berücksichtigt werden, daß eine Wechselwirkung zwischen dem axialen Versatz Δx der Drückrollen und der optimalen radialen Zustellung der einzelnen Drückrollen besteht. Wenn die Drückrollen nicht axial gegeneinander versetzt sind, erfolgt die radiale Zustellung der Drückrollen vorzugsweise so, daß die radialen Kräftekomponenten K_r an allen Drückrollen gleich sind. Wenn dagegen ein bestimmter axialer Versatz Δx der Drückrollen entweder fest eingestellt oder im Betrieb laufend eingeregelt wird, dann muß auch eine entsprechend unterschiedliche radiale Zustellung der Drückrollen erfolgen, da eine kräftegleiche radiale Zustellung von axial versetzten Drückrollen zu einem gekrümmten Verlauf des Werkstückes führen kann. Deshalb wird die radiale Zustellung der Drückrollen vorzugsweise so gesteuert, daß das Verhältnis der radialen Kräftekomponenten an jeweils zwei benachbarten Drückrollen auf einem konstanten, an den jeweils gewählten axialen Versatz Δx der Drückrollen angepaßten Wert gehalten wird.

Prof. Dr. Fritz Fischer

Dr. Franz Gütlbauer

Vorrichtung und Verfahren
zum Drückwalzen

A 05

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zum Drückwalzen von rotationssymmetrischen hohlen Werkstücken, mit einem Dorn und/oder einer Halterung für das Werkstück, mindestens einer an das Werkstück radial zustellbaren Drückrolle, und Antriebs-
- 5 mitteln zum Erzeugen einer relativen Drehung und Axialverschiebung des Werkstücks gegenüber der Drückrolle, dadurch gekennzeichnet, daß der Drückrolle (20) eine Meßeinrichtung (36, 38) zugeordnet ist, mit der während des Drückwalzens eine oder mehrere der drei
- 10 bezüglich des Werkstücks axialen, radialen und tangentialen Kräftekomponenten der auf die Drückrolle wirkenden Kraft getrennt voneinander bestimmbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1 , dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Meßeinrichtung und/oder eine an
sie angeschlossene Auswerteeinrichtung (38) zum Bestimmen
des Verhältnisses zwischen je zwei der Kräftekomponenten
5 ausgebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2 , dadurch g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die Meßeinrichtung an eine
Steuer- oder Regeleinrichtung (40) zum Steuern von während
des Drückwalzens einzuhaltenden Parametern, insbesondere
10 der Vorschubgeschwindigkeit, der Drehzahl, der Drückrollen-
zustellung und/oder des Kühlmitteldurchflusses, als Stell-
größen in Abhängigkeit von den Kräftekomponenten und/oder
ihren Verhältnissen als Meßgrößen, angeschlossen ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3 , dadurch g e k e n n -
15 z e i c h n e t , daß in der Steuer- oder Regeleinrich-
tung (40) vorgegebene Sollkurven für den Zusammenhang zwi-
schen den Meßgrößen und den Stellgrößen gespeichert und
eingebbar sind.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4 , da-
20 durch g e k e n n z e i c h n e t , daß eine die Lagerung
der Drückrolle tragende Lagerplatte (30) an einer Stütz-
platte (34) über mindestens zwei, vorzugsweise drei oder vier
mit piezoelektrischen Meßaufnehmern (36) versehene Abstütz-

punkte abgestützt ist und die Signalausgänge der Meßaufnehmer an eine Auswerteeinrichtung (38) zum getrennten Bestimmen der an der Rolle axial, radial und tangential zum Werkstück wirkenden Kräftekomponenten angeschlossen sind.

- 5 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung (37) zum Vorspannen der Lagerplatte gegen die Stützplatte und/oder zum Erzeugen einer vorgegebenen Belastung der Lagerplatte zwecks Eichung und/oder Prüfung der Meßaufnehmer vorgesehen ist.
- 10 7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, mit zwei oder mehr um den Umfang des Werkstücks verteilten Drückrollen, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Drückrollen (20, 20a, 20b) mit einer Meßeinrichtung versehen ist und die Meßeinrichtungen aller Drückrollen an
15 eine Auswerteeinrichtung (38) angeschlossen sind, die die Bestimmung der axialen, radialen und/oder tangentialen Kräftekomponenten wahlweise für jede Drückrolle einzeln oder in Form von aus den korrespondierenden Werten von zwei oder mehr Drückrollen zusammengefaßten Werten ermöglicht.
- 20 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Drückrollen (20, 20a, 20b) gegeneinander axial versetzt angeordnet sind und daß die Steuer- oder Regeleinrichtung zum Steuern der Parameter derart, daß von Drückrolle zu Drückrolle eine vorgegebene Zu- oder Ab-
25 nahme der jeweiligen Kräftekomponenten eingehalten wird, ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß zusätzliche
Meßaufnehmer (11, 13) für die Drehzahl und/oder den Vorschub
des Werkstücks vorgesehen und ebenfalls an die Auswerteein-
5 richtung (38) oder die Steuer- oder Regeleinrichtung ange-
schlossen sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß jede
Drückrolle (20, 20a, 20b) durch eine Stellvorrich-
tung (50) in axialer Richtung verstellbar ist und
daß die Stellvorrichtungen (50) der Drückrollen durch
die Steuer- oder Regeleinrichtung (40) zum Einstellen
und/oder Regeln des axialen Versatzes (Δx) der Drückrollen
steuerbar sind.

11. Verfahren zum Drückwalzen unter Verwendung einer
Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß während des Drückwal-
zens die Vorschubgeschwindigkeit und/oder Drehzahl des
Werkstücks und/oder die Drückrollenzustellung und/oder
der axiale Versatz benachbarter Drückrollen und/oder die
Durchflußmenge eines das Werkstück kühlenden Kühlmittels
in Abhängigkeit von den gemessenen Werten mindestens einer
der axialen, radialen und tangentialen Kräftekomponenten
gesteuert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch g e k e n n -
z e i c h n e t , daß die Steuerung in Abhängigkeit vom
Verhältnis der Kräftekomponenten zueinander und/oder vom
Verhältnis der an verschiedenen Drückrollen gemessenen
Kräftekomponenten erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12 ,
mit mehreren axial versetzten und fortschreitend stärker
zugestellten Drückrollen , dadurch g e k e n n z e i c h -
n e t , daß die Zustellung der Drückrollen unter Berück-
5 sichtigung der gemessenen Kräftekomponenten so erfolgt,
daß das Verhältnis der an den verschiedenen Rollen ge-
messenen Werte mindestens einer der Kräftekomponenten im
wesentlichen gleich bleibt.

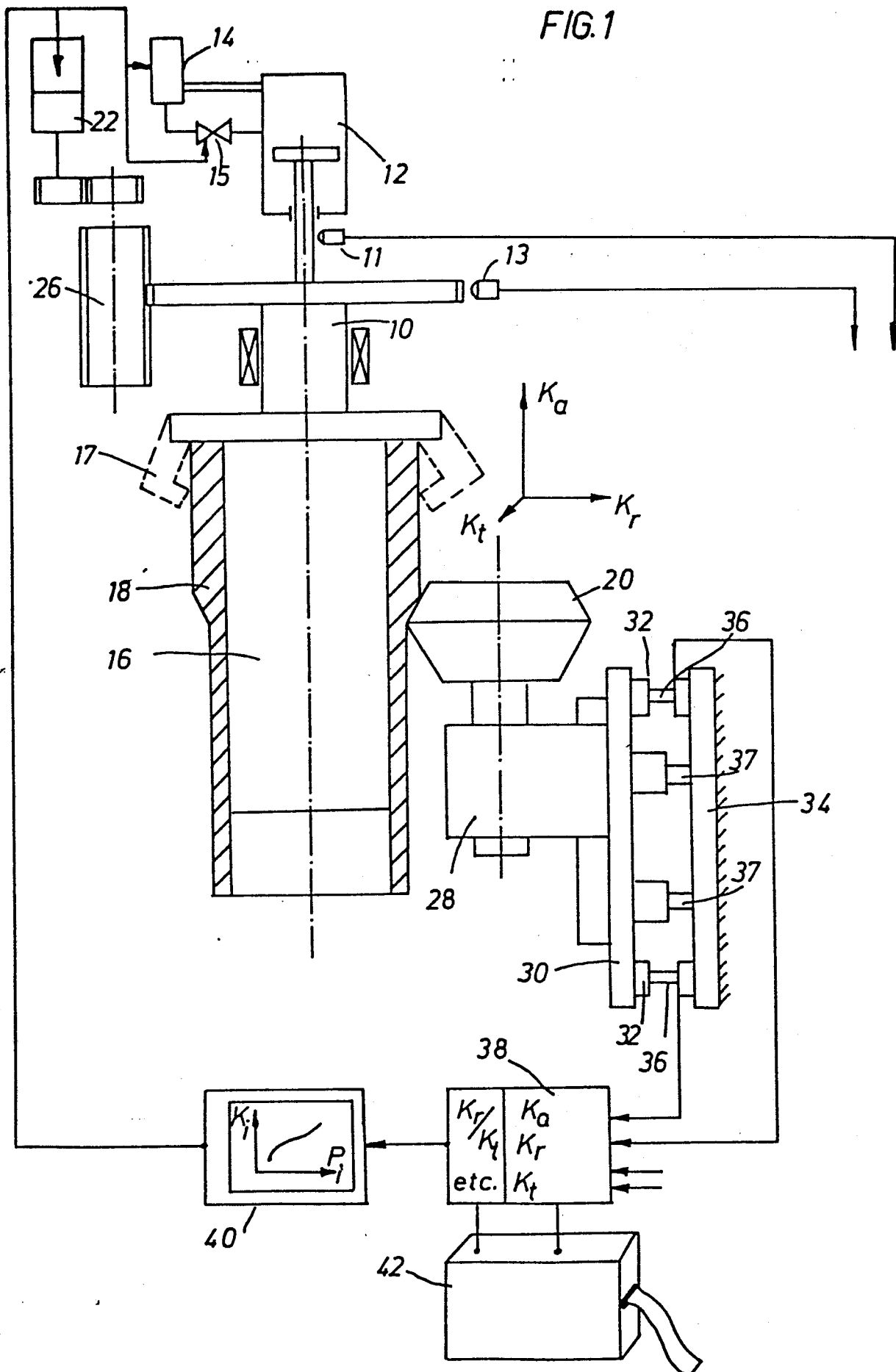
14. Verfahren zum Drückwalzen unter Verwendung einer
10 Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 , dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß in Abhängigkeit vom
Ergebnis einer oder mehrerer zu Beginn vorgenommener
Probemeßungen der axialen, radialen und tangentialen
Kräftekomponenten Drückrollen mit geeigneter Rollengeometrie
15 (Einlaufwinkel, Arbeitsradius, Auslaufwinkel, Rollendurch-
messer) ausgewählt und/oder die Zustellung und/oder der
axiale Versatz der Drückrollen auf einen bestimmten Wert
eingestellt wird.

15. Verfahren zum Drückwalzen unter Verwendung einer
20 Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 , dadurch
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Meßwerte der Kräfte-
komponenten, oder eine aus ihnen rechnerisch gebildete
Größe, aufgezeichnet und als Kriterium für die Aussortierung
der Werkstücke verwendet werden.

16. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch g e -
k e n n z e i c h n e t , daß die radiale Zustellung
der Drückrollen im laufenden Betrieb derart gesteuert
wird, daß das Verhältnis der radialen Kräftekomponenten
jeweils zweier benachbarter Drückrollen auf einem kon-
stanten, an den axialen Versatz der Drückrollen ange-
paßten Wert gehalten wird.

17. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem für das Drück-
walzen von Werkstücken mit sich über die Länge ändernden
Innen- und/oder Außendurchmessern die Zustellung der Drück-
rollen entsprechend dem Vorschub des Werkstücks gesteuert
wird, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die
Steuerung der Zustellung der Drückrollen unter Berück-
sichtigung der gemessenen Kräftekomponenten erfolgt.

FIG. 1



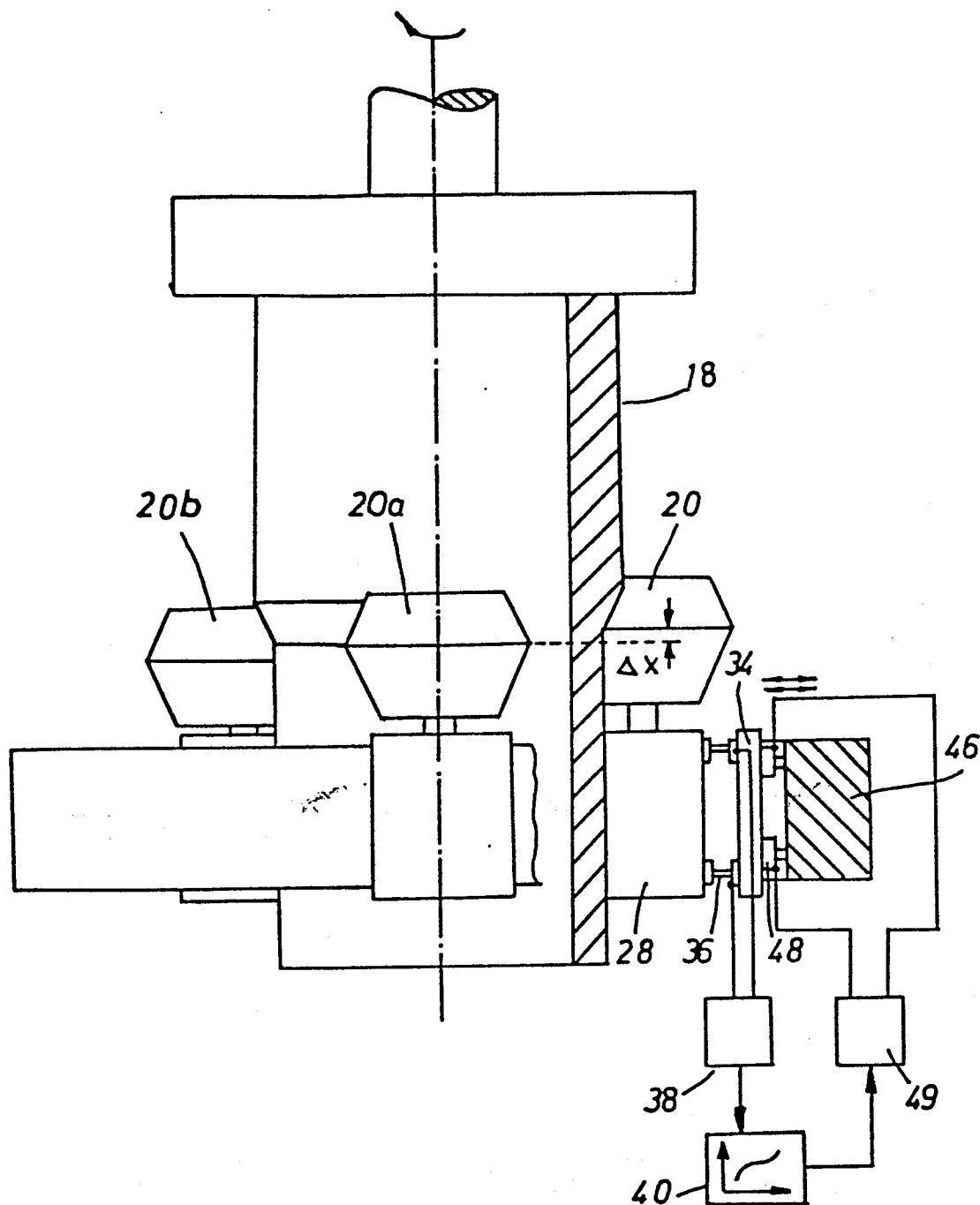


FIG. 2

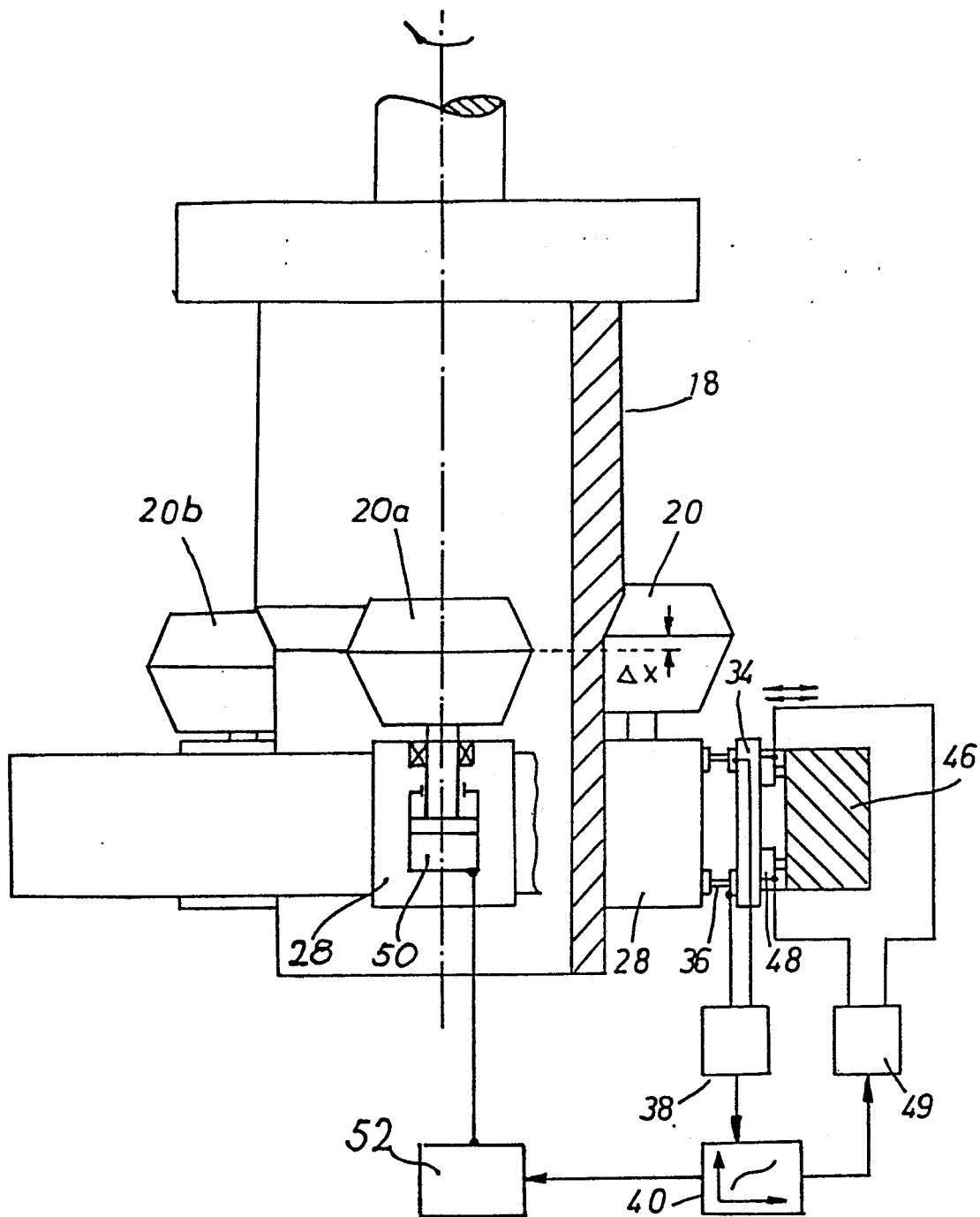


FIG. 3