



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**08.09.2004 Patentblatt 2004/37**

(51) Int Cl.7: **B21H 1/00, B21H 1/18**

(21) Anmeldenummer: **04002972.0**

(22) Anmeldetag: **11.02.2004**

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

- **Katsibardis, Stelios**  
96450 Coburg (DE)
- **Hausdörfer, Siegfried**  
96268 Mitwitz (DE)
- **Zwilling, Henry**  
96515 Sonneberg (DE)
- **Vogler, Günther**  
96472 Rödental (DE)
- **Rüger, Herbert**  
96277 Schneckenlohe (DE)

(30) Priorität: **08.04.2003 DE 10316249**  
**04.03.2003 DE 10309536**

(71) Anmelder: **LANGENSTEIN & SCHEMANN GMBH**  
**D-96450 Coburg (DE)**

(74) Vertreter: **Schröer, Gernot H., Dipl.-Phys. et al**  
**Meissner, Bolte & Partner**  
**Bankgasse 3**  
**90402 Nürnberg (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Hofmann, Günther**  
**96450 Coburg (DE)**

(54) **Verfahren zum Umformen eines Werkstücks und Walzmaschine**

(57) Gemäß der Erfindung werden thermische und mechanische Form- oder Volumenveränderungen in einer Walzmaschine (1) korrigiert, indem die relative Lage der Walzen (2,3) oder Werkzeuge zueinander während der Umformung bestimmt wird und nach der Umformung auf eine Soll-Relativlage korrigiert wird, wenn unzulässige Abweichungen von der Soll-Relativlage auftreten.

In der Umformphase werden die Walzenachsen (A, B) abhängig von der Drehposition gesteuert.

In der Umformphase werden die Walzenachsen (A, B) abhängig von der Drehposition gesteuert.

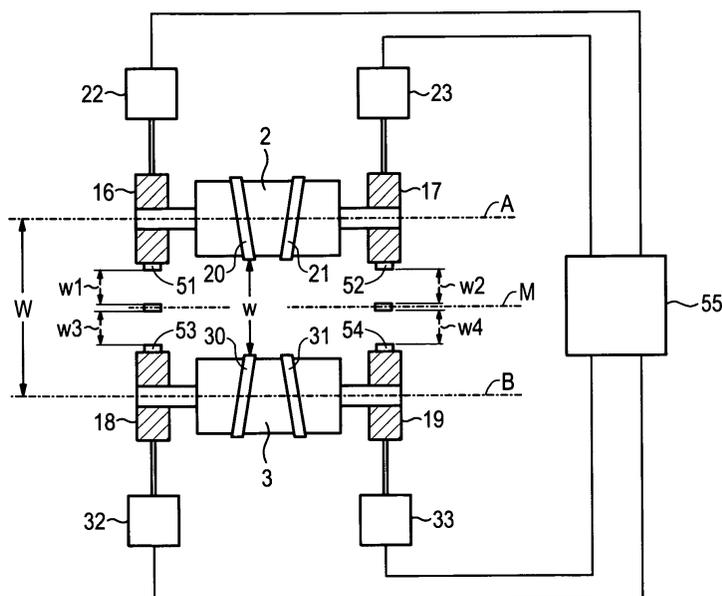


FIG 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Umformen eines Werkstückes und eine Walzmaschine, die zum Durchführen des Verfahrens geeignet ist.

**[0002]** Zum Umformen von Werkstücken aus einer Ausgangsform in eine gewünschte Zwischenform (Halbzeug, Vorformen) oder Endform (Fertigprodukt, Fertigformen) sind neben vielen anderen Verfahren auch Walzverfahren bekannt, die zu den Druckumformverfahren gezählt werden. Beim Walzen wird das Werkstück (Walzgut) zwischen zwei rotierenden Walzen angeordnet und durch Ausüben eines Umformdrucks durch die rotierenden Walzen in seiner Form verändert. Beim Profilwalzverfahren sind Werkzeugprofile am Umfang der Walzen angeordnet, die die Erzeugung entsprechender Profile im Werkstück ermöglichen. Beim Flachwalzen wirken die zylindrischen oder kegeligen Außenflächen der Walzen unmittelbar auf das Werkstück.

**[0003]** Bezüglich der Relativbewegung der Werkzeuge oder Walzen einerseits und des Werkstückes andererseits unterteilt man Walzverfahren in Längswalzen, Querwalzen und Schrägwalzen. Beim Längswalzen wird das Werkstück senkrecht zu den Drehachsen der Walzen in einer translatorischen Bewegung und meist ohne Drehung durch den Zwischenraum zwischen den Walzen (Walzenspalt) bewegt. Beim Querwalzen bewegt sich das Werkstück nicht translatorisch bezüglich der Walzen oder deren Drehachsen, sondern dreht sich nur um seine eigene Achse, die üblicherweise eine Hauptträgheitsachse, insbesondere die Symmetrieachse bei einem rotationssymmetrischen Werkstück, ist. Bei Kombination beider Bewegungsarten beim Längswalzen und beim Querwalzen spricht man von Schrägwalzen. Die Walzen stehen dabei in der Regel schräg zueinander und zum Werkstück, das translatorisch und rotatorisch bewegt wird.

**[0004]** Profilquerwalzmaschinen, bei denen zwei Walzen mit am Außenumfang angeordneten keilförmigen Profilwerkzeugen um zueinander parallele Drehachsen gleichsinnig rotieren, bezeichnet man mitunter auch als Querkeilwalzen. Die Werkzeuge weisen dabei eine keilförmige oder im Querschnitt dreieckförmige Geometrie auf und können entlang des Umfangs in ihrer axialen Abmessung in einer Richtung zunehmen und/oder schräg zur Drehachse der Walzen verlaufen.

**[0005]** Diese Querkeilwalzen oder Profilquerwalzen erlauben ein vielfältiges Umformen von Werkstücken in hoher Präzision oder Maßgenauigkeit. Infolge der von den keilförmigen Werkzeugen auf das Werkstück ausgeübten Druckkraft wird dabei die Materialverteilung im Werkstück während des Umlaufs der Walzen durch einen Fließvorgang im Werkstück verändert. Die keilförmigen Werkzeuge können umlaufende Nuten und andere Verjüngungen in dem rotierenden Werkstück erzeugen. Durch den axialen Versatz in Umfangsrichtung oder die schräge Anordnung der Werkzeugkeile relativ

zur Drehachse können beispielsweise axial zur Drehachse sich ändernde Strukturen und Verjüngungen im Werkstück erzeugt werden. Durch die Zunahme oder Abnahme des Außendurchmessers der Werkzeugkeile beim Verlauf um die Drehachse können in Kombination mit der schrägen Anordnung axial verlaufende Schrägen und kontinuierliche Übergänge zwischen zwei Verjüngungen unterschiedlichen Durchmessers im Werkstück erzeugt werden. Die Keilform der Werkzeuge erlaubt die Herstellung feiner Strukturen durch die Keilaußenkanten oder -außenflächen. Besonders geeignet sind Querkeilwalzen zum Herstellen von langgestreckten, rotationssymmetrischen Werkstücken mit Einschnürungen oder Erhöhungen wie Nocken oder Rippen.

**[0006]** Die Umformdruckkraft sowie die Umformtemperatur sind abhängig von dem Werkstoff, aus dem das Werkstück besteht, sowie von den Anforderungen an die Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität nach der Umformung. Insbesondere bei Eisen- oder Stahlwerkstoffen wird üblicherweise die Umformung beim Walzen bei erhöhten Temperaturen durchgeführt, um die zum Umformen erforderliche Umformbarkeit oder Fließfähigkeit des Werkstoffes zu erreichen. Diese, insbesondere beim Schmieden auftretenden, Temperaturen können bei einer sogenannten Kaltumformung im Bereich von Raumtemperatur, bei einer Halbwarmumformung zwischen 550°C und 750°C und bei einer sogenannten Warmumformung oberhalb 900°C liegen.

**[0007]** Es sind Querkeilwalzmaschinen (oder: Profilquerwalzmaschinen) bekannt, bei denen die Werkstücke zu Beginn des Walzprozesses mittels einer Positioniereinrichtung, die zwei Positionierträger (sogenannte Leitlineale) umfasst, in eine Ausgangsposition zwischen den beiden Walzen, die üblicherweise der geometrischen Mitte oder der Mitte des Walzenspaltens entspricht, positioniert. Die Position der Walzen und ihr Abstand zueinander werden dabei vorab fest eingestellt. Nun werden die Positionierträger der Positioniereinrichtung zurückgezogen, so dass sich das Werkstück frei zwischen den Walzen dreht und zwischen den Werkzeugen in die gewünschte Form geknetet wird. Nach diesem Walz- oder Knetvorgang und der entsprechenden Fertigstellung des Werkstückes wird das Werkstück über eine Aussparung im rotierenden Walzwerkzeug erfasst und ausgeworfen.

**[0008]** Aus *DE 1 477 088 C* ist eine Querkeilwalzmaschine bekannt zum Querwalzen von Rotationskörpern oder flachen Werkstücken mit zwei in gleicher Drehrichtung rotierenden Arbeitswalzen, auf deren Walzenflächen Keilwerkzeuge austauschbar angeordnet sind. Die Keilwerkzeuge weisen jeweils keil- oder dreieckförmig verlaufende, vom Walzenmantel aus bis zu einer dem herzustellenden Werkstück angepassten Höhenendlage ansteigende, durch Rändelung oder auf andere Weise aufgeraute Reduktionsleisten und im gleichen Abstand zum Walzenmantel verlaufende, keilförmige glatte Formflächen mit Kalibrieffekt auf. Die Keilwerk-

zeuge sind als Verformungssegmente ausgebildet und verlaufen nur über einen Teilumfang der zugehörigen Walzenoberfläche. Am Werkstück bewegen sich die einander zugewandten Oberflächen und Werkzeuge der beiden Arbeitswalzen gegenläufig oder gegensinnig zueinander.

**[0009]** Die EP 1 256 399 A1 offenbart eine Querwalzmaschine mit zwei parallel betriebenen Modulen von jeweils zwei in gleicher Drehrichtung rotierenden Walzen, die halbschalenförmig ausgebildete Werkzeuge mit radial vorstehenden Werkzeugkeilen auf ihrer Umfangsfläche aufweisen, wobei die Umformung eines Werkstücks nur die Drehung um den halben Umfang eines Walzenpaares erfordert. Alle vier Walzen werden von nur einem Antriebsmotor über jeweils eine dazwischengeschaltete Getriebeeinheit und Antriebswelle angetrieben.

**[0010]** Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein neues Verfahren zum Umformen von Werkstücken und eine neue Walzmaschine, mit der dieses Verfahren durchführbar ist, anzugeben.

**[0011]** Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich der Walzmaschine durch die Merkmalen des Anspruchs 17 gelöst.

**[0012]** Das Verfahren gemäß Anspruch 1 zum Umformen eines Werkstücks umfasst die folgenden Verfahrensschritte:

- a) Umformen des Werkstücks während einer Umformphase (oder: eines Umformschrittes, eines Umformprozesses) zwischen den Oberflächen oder Werkzeugen wenigstens zweier um jeweils eine Drehachse (oder: Rotationsachse) rotierender Walzen,
- b) Steuern, Regeln oder Korrigieren der ermittelten relativen Lage (oder: Relativlage, Relativposition) auf wenigstens eine Soll-Relativlage, insbesondere mit Hilfe wenigstens einer Kontrolleinrichtung und wenigstens eines wenigstens einer der Walzen zugeordneten und von der Kontrolleinrichtung angesteuerten Stellantriebes.

**[0013]** Die Walzmaschine gemäß Anspruch 17 ist zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche geeignet und vorzugsweise auch bestimmt und umfasst

- a) wenigstens zwei um jeweils eine Drehachse rotierbare oder rotierende, insbesondere mit Werkzeugen bestückbare oder bestückte, Walzen (oder: Arbeitswalzen),
- b) wenigstens einen Rotationsantrieb zum Rotieren der Walzen während einer Umformphase zum Umformen eines zwischen den Walzen anordenbaren oder angeordneten Werkstücks,
- c) wenigstens einen Stellantrieb zum Einstellen der Position(en) der Drehachse(n) einer der Walzen

oder beider Walzen und

d) wenigstens eine mit jedem Stellantrieb verbundene (oder: in Wirkverbindung stehende) Kontrolleinrichtung zum Steuern, Regeln oder Korrigieren der relativen Lage der Drehachsen der Walzen auf eine (konstante oder variable) Soll-Relativlage mittels des oder der Stellantriebe(s).

**[0014]** Unter dem Begriff "Umformen" wird dabei jede Umwandlung der Form eines Werkstückes in eine andere Form verstanden, wie auch eingangs beschrieben, einschließlich Vorformen und Fertigformen. Die Drehachsen der Walzen sind als geometrische oder mathematische Achsen im (euklidischen, dreidimensionalen) Raum zu verstehen, um die sich die Walzen drehen. Kraftübertragende oder mechanische Achsen werden in dieser Anmeldung dagegen als Wellen bezeichnet.

**[0015]** Die Erfindung beruht auf der Überlegung, eine automatisierte oder automatische (oder: selbsttätige) Einstellung der relativen Lage der Drehachsen der Walzen der Walzmaschine vorzunehmen, wobei im Allgemeinen wenigstens ein Stellantrieb verwendet wird. Es wird also gemäß der Erfindung insbesondere eine Steuerung, Regelung oder Korrektur durchgeführt, deren Steuer-, Regel bzw. Korrekturgröße die relative Lage der Drehachsen der Walzen ist.

**[0016]** Dabei wird nicht die Drehposition der Walzen oder Werkzeuge um ihre Drehachsen, die für die Umformung des Werkstücks maßgeblich ist, beeinflusst, sondern die Raumposition der Walzen oder Werkzeuge, die durch die Position der Drehachsen der Walzen oder eines dazu ortsfesten oder translationsinvarianten Raumpunktes definiert werden kann. Die relative Lage der Walzendrehachsen bestimmt auch die Position der Walzen oder der Werkzeuge relativ zum Werkstück bei vorgegebenen Drehpositionen der Walzen.

**[0017]** Bei einer reinen Steuerung (oder: open-loop control im Englischen) wird die relative Lage gemäß einem vorgegebenen Steuerverlauf oder -algorithmus ohne Rückkopplung oder Bestimmung der relativen Lage gesteuert, im Allgemeinen aufgrund voreingestellter Stellgrößenwerte als Sollwerte für den Stellantrieb.

**[0018]** Bei einer Regelung (closed-loop control) oder auch Korrektur wird dagegen eine Rückkopplung vorgesehen, d.h. die relative Lage wird gemessen und dann wird durch Verringerung der Abweichung von der Soll-Relativlage die aktuelle relative Lage immer möglichst nahe an dem Sollwert gehalten. Soweit in dieser Anmeldung von Sollwerten oder Sollgrößen gesprochen wird, wird darunter neben einer Konstanten auch eine Variable oder eine Führungsgröße verstanden, die während des Steuer-, Regel- oder Korrekturprozesses nachgeführt oder gemäß einem vorgegebenen oder vorgebbaren Verlauf verändert werden kann oder wird.

**[0019]** In der Ausführungsform einer Regelung oder Korrektur kann das Umformverfahren gemäß der Erfindung auch alternativ und unabhängig oder abhängig (hier in Anspruch 2) beanspruchbar durch die folgenden

Verfahrensschritte charakterisiert werden:

- a) Umformen des Werkstücks während einer Umformphase zwischen den Oberflächen oder Werkzeugen wenigstens zweier um jeweils eine Drehachse rotierender Walzen,
- b) Ermitteln (oder: Erfassen, Bestimmen), insbesondere Messen, der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander,
- c) Vergleich der ermittelten relativen Lage (oder: Ist-Relativposition, Istwert der relativen Lage) mit wenigstens einer vorgegebenen konstanten oder variablen Soll-Relativlage (oder: Sollwert(e) der relativen Lage),
- d) Kompensation oder Ausgleich einer außerhalb eines Toleranzbereiches liegenden (oder: unzulässigen) Abweichung (oder: Differenz) der ermittelten relativen Lage von der Soll-Relativlage durch Stellen (oder: Korrigieren, Steuern) der relativen (Ist-) Lage der Drehachsen.

**[0020]** Die Walzmaschine enthält entsprechend bei einer Regelung oder Korrektur in einer unabhängig beanspruchbaren Variante oder auch in einer in Anspruch 26 abhängig beanspruchten Ausführungsform zusätzlich zu den Umformwalzen, dem oder den Rotationsantrieb(en) und dem wenigstens einen Stellantrieb gemäß Anspruch 17 auch noch wenigstens eine Einrichtung zum Ermitteln der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander, insbesondere während der Umformphase, und wenigstens eine Kontrolleinrichtung, die mit der Einrichtung zum Ermitteln der relativen Lage der Drehachsen und mit jedem Stellantrieb verbunden ist oder in Wirkverbindung steht zum Korrigieren der relativen Lage der Drehachsen auf eine Soll-Relativlage mittels des oder der Stellantriebe(s). Insbesondere vergleicht die Kontrolleinrichtung dann die ermittelten Werte oder Signale zur relativen Lage der Drehachsen mit der Soll-Relativlage und verändert bei Feststellung einer unzulässigen Abweichung von der Soll-Relativlage die relative Lage der Walzendrehachsen über den oder die Stellantrieb(e) solange, bis die Abweichung wieder in einem zulässigen Toleranzbereich liegt.

**[0021]** Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens sowie der Walzmaschine ergeben sich aus den vom Anspruch 1 bzw. Anspruch 17 jeweils abhängigen Ansprüchen.

**[0022]** In einer ersten vorteilhaften Ausführungsform wird die relative Lage der Drehachsen der Walzen während der Umformphase ermittelt, vorzugsweise bei einer vorgegebenen Drehwinkelstellung wenigstens einer der Walzen und/oder einer vorgegebenen Kraftbelastung der Walze(n) oder Umformkraft. Es kann dann insbesondere eine Drehwinkelsensoreinrichtung zum Bestimmen des Walzendrehwinkels und/oder eine Kraftsensoreinrichtung zur Bestimmung der Umformkraft vorgesehen sein.

**[0023]** Die Korrektur oder Einstellung der relativen

Lage der Drehachsen der Walzen kann nun in Echtzeit oder unmittelbar während der Umformphase, insbesondere im Rahmen einer kontinuierlichen oder in kleinen Zeitintervallen erfolgenden Regelung, vorgenommen werden. Die Soll-Relativlage entspricht dann der gewünschten Walzenlage während der Umformung.

**[0024]** Vorzugsweise wird jedoch die, insbesondere während der Umformphase, bestimmte Istlage der relativen Lage der Walzendrehachsen erst nach oder auch vor der Umformung und/oder nach Auswerfen des Werkstücks aus dem Zwischenraum zwischen den Werkzeugen oder den Walzen und/oder in einem umformkraftentlasteten Zustand der Walzen auf eine Soll-Relativlage korrigiert. Die Soll-Relativlage ist dann gegebenenfalls auf eine Sollage im belasteten Zustand oder während der Umformphase abgestimmt. Es kann dann während der Umformphase eine Änderung der relativen Lage durch den wenigstens einen Stellantrieb unterbleiben.

**[0025]** In einem typischen Umformprozess werden mehrere Werkstücke in aufeinanderfolgenden Umformphasen nacheinander zwischen den Walzen oder den Werkzeugen der Walzen umgeformt und nach den zugehörigen Umformphasen aus dem Zwischenraum zwischen den Walzen oder den Werkzeugen ausgeworfen. Es wird nun vorzugsweise in jeder oder jeder n-ten (mit einer natürlichen Zahl n größer 1) Umformphase die relative Lage der Drehachsen der Walzen ermittelt und nach jeder oder jeder n-ten Umformphase und/oder nach Auswerfen des jeweiligen Werkstücks die Korrektur der relativen Lage der Drehachsen der Walzen durchgeführt.

**[0026]** Die Walzen sind im Allgemeinen in jeweils zwei Lagereinrichtungen rotierbar oder rotierend gelagert.

**[0027]** Es kann nun zur Korrektur oder Einstellung der relativen Lage der Walzen zueinander in einer einfachen Ausführungsform nur die Position der Drehachse einer der Walzen auf eine Sollposition geregelt oder gesteuert werden und die Position der Drehachse der anderen Walze(n) dagegen unverändert oder ortsfest zur Umgebung, insbesondere zum Erdboden, bleiben. Hier kann insbesondere die untere Walze ortsfest bleiben und nur die obere Walze verstellt werden.

**[0028]** Vorzugsweise sind aber die Positionen der Drehachsen beider Walzen zur Korrektur oder Änderung der Relativposition ihrer Drehachsen verstellbar oder veränderbar und auf zugehörige Sollpositionen regelbar oder korrigierbar. Es können die Walzen nun entweder unabhängig voneinander, d.h. ohne eine Kopplung ihrer Bewegung, mit eigenen Stellantrieben oder auch abhängig voneinander, d.h. mit einer steuerungstechnischen oder mechanischen Kopplung, einstellbar sein oder eingestellt werden. Es können aber auch die Bewegungen und Positionen der Drehachsen beider Walzen derart miteinander gekoppelt sein, dass die Drehachsen beider Walzen gleichzeitig, vorzugsweise auch mit der gleichen Geschwindigkeit, auf eine zwischen den Walzen liegende Referenzposition, vorzugs-

weise die Mittelachse, zu oder von dieser weg bewegbar sind oder bewegt werden. Eine solche synchrone Bewegung kann insbesondere mit unabhängigen Stellantrieben durch eine gemeinsame Ansteuerung oder auch durch eine mechanische Kopplung mit Getriebe(n) realisiert werden.

**[0029]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform werden zur Ermittlung der relativen Lage der Drehachsen der Walzen ein Abstand an einer Stelle oder zwei Abstände an unterschiedlichen Stellen der Drehachsen von wenigstens zwei Walzen voneinander oder jeweils ein oder zwei Abstände jeder Drehachse zu einer Mittelachse zwischen den beiden Walzen ermittelt und diese(r) ermittelte Abstand/Abstände zur Korrektur der relativen Lage der Drehachsen auf die Soll-Relativlage herangezogen. Insbesondere kann jeder ermittelte Abstand für sich mit einem zugehörigen Sollabstand verglichen werden und bei einer Abweichung von dem Sollabstand außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches auf den Sollabstand korrigiert werden. Es ist aber auch möglich, aus den einzelne Abständen (oder Positionen) eine geometrische Relativlage der Drehachsen rechnerisch zu ermitteln und diese zu korrigieren.

**[0030]** Die Mittelachse (oder: geometrischen Mitte, Mittellage) im zur Aufnahme des Werkstücks vorgesehenen Zwischenraum zwischen den Walzen oder Werkzeugen kann insbesondere durch eine Positioniereinrichtung zum Positionieren des Werkstücks zwischen den Walzen definiert sein, wobei die Mittelachse innerhalb einer Bewegungsebene oder auf einer Bewegungsachse zweier zueinander beweglicher Positionierteile der Positioniereinrichtung zum Festhalten des Werkstücks zwischen den beiden Positionierteilen liegen kann. Diese Bestimmung der Walzenpositionen oder des Walzenabstandes relativ zum Werkstück hat den Vorteil, dass durch die in der Lage relativ zum Werkstück ortsfesten Positioniereinrichtung eine zuverlässige Referenzposition begründet ist, die die Lage des Werkstücks definiert. Die Abstände der Drehachsen zu

der Mittelachse stehen überdies in eindeutigem Zusammenhang zu den Abständen der Drehachsen zueinander.

**[0031]** Die Ermittlung der relativen Lage der Drehachsen zueinander kann also in nur einer Dimension oder Projektion auf eine Koordinatenrichtung (Raumrichtung) oder in zwei oder sogar drei Dimensionen oder Koordinatenrichtungen erfolgen.

**[0032]** Zum Messen der Position(en) oder des Abstandes/der Abstände der Drehachsen der Walzen umfasst die Walzmaschine im Allgemeinen eine Messeinrichtung, die insbesondere wenigstens einen berührungslosen Sensor, insbesondere einen Ultraschallsensor und/oder einen optischen Sensor und/oder einen induktiven Sensor und/oder einen magnetischen Sensor, und/oder einen berührenden Sensor, beispielsweise einen Seilzuggeber, umfasst. Insbesondere können die Abstände zwischen den Lagereinrichtungen und der

Positioniereinrichtung gemessen werden, wobei die Sensoren an deren Außenseiten angebracht werden können.

**[0033]** Zur Einstellung der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander werden in einer vorteilhaften Ausführungsform eine der beiden Lagereinrichtungen oder beide Lagereinrichtungen wenigstens einer Walze über wenigstens einen Stellantrieb bewegt.

**[0034]** In einer bevorzugten Ausführungsform wird oder werden die verstellbaren Walze(n) oder deren Lagereinrichtung(en) zur Korrektur oder Einstellung der relativen Lage auf die Soll-Relativlage oder zur Einstellung der Position(en) ihrer Drehachse(n) oder des Abstandes der Drehachsen der Walzen linear (oder: geradlinig, translatorisch) bewegt. Eine lineare, rein translatorische Bewegung ist antriebstechnisch einfach zu realisieren. Die Bewegungsrichtung der linearen Bewegung oder Verschiebung der Walze(n) ist vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht (oder: orthogonal) zu den Drehachsen der Walzen gerichtet. Ferner kann die Bewegung insbesondere in einer vertikalen Richtung, d.h. parallel zur Gravitationskraft, erfolgen. Auch eine andere Bewegungsart für die Walzen kann vorteilhaft sein, besonders bei asymmetrischen thermischen oder mechanischen Form- oder Volumenänderungen in der Walzmaschine, so beispielsweise eine Rotations- oder Kippbewegung oder eine aus translatorischer und rotatorischer Bewegung zusammengesetzte oder entlang einer vorgegebenen, nicht geradlinigen Trajektorie (oder: Bewegungsweg) erfolgende Bewegung der Drehachsen. Die Bewegung der Drehachsen der Walzen kann also mit einem, zwei oder auch drei Bewegungsfreiheitsgraden erfolgen. Um grundsätzlich sowohl lineare Bewegungen als auch Schwenkbewegungen der Drehachse(n) zuzulassen, wird eine zu verstellende Drehachse vorzugsweise in zwei Angriffspunkten außerhalb der Walze bewegt, die insbesondere in Lagereinrichtungen der Walze liegen können.

**[0035]** Die Drehachsen der Walzen werden im Allgemeinen auf eine wenigstens annähernd parallele Stellung zueinander eingestellt und sind in der Regel auch Hauptträgheitsachsen der Walzen, insbesondere Zylinder- oder Mittelachsen bei zylindrischen Walzen. In einer vorteilhaften Ausführungsform sind die Walzen und ihre Drehachsen, in Schwerkraftrichtung gesehen, übereinander oder vertikal zueinander angeordnet. Es ist aber auch eine horizontale oder auch schräge Anordnung der Walzen und ihrer Drehachsen möglich.

**[0036]** In einer besonderen Weiterbildung des Verfahrens und der Walzmaschine sind die Soll-Relativlage, Sollposition(en) oder Sollabstände der Drehachsen der Walzen abhängig von dem Material und/oder der Gestalt (oder: Geometrie) des umzuformenden Werkstück oder von der gewünschten Gestalt oder den gewünschten Abmessungen des Werkstücks nach der Umformung eingestellt. Dazu kann insbesondere die Gestalt des aktuellen Werkstücks vor der Umformphase vermessen werden. Es können aber auch die Parameter

eines Werkstücks vorab anhand eines Musters eingegeben werden.

**[0037]** Eine erste grundsätzliche, besonders vorteilhafte Anwendung der Erfindung, die im Folgenden auch als Kompensationsmodus bezeichnet wird, beruht auf der Erkenntnis, dass während des Umformprozesses eines Werkstückes oder eines Prozesses mit mehreren aufeinanderfolgenden Umformprozessen beim Bearbeiten mehrerer Werkstücke Ausdehnungen oder Kontraktionen innerhalb der Walzmaschine, insbesondere in der Trägereinrichtung der Walzen oder auch innerhalb der Walzen und Werkzeuge selbst, auftreten. Verursacht werden diese Form- und Volumenänderungen insbesondere durch die beim Umformen wirkenden Kräfte (mechanische Ausdehnung oder Kontraktion) und durch das Einbringen des bei Warm- oder Heißumformung auf relativ hohen Temperaturen befindlichen Werkstückes und die damit verbundenen zeitlichen und räumlichen Temperaturänderungen, die zu thermischer Ausdehnung oder Kontraktion führen. Diese Veränderungen der Form oder des Volumens in der Walzmaschine sind somit Störgrößen des Prozesses und verändern nachteilig die für den Umformprozess optimalen oder voreingestellten Relativpositionen der Walzen oder Werkzeuge zueinander.

**[0038]** Im Kompensationsmodus werden nun diese, insbesondere während der Umformphase auftretenden, thermischen und/oder mechanischen Form- oder Volumenänderungen in den Walzen oder deren Werkzeugen oder anderen Bereichen einer die Walzen umfassenden Walzmaschine, insbesondere Lagereinrichtungen für die Walzen und Trägereinrichtungen für die Lagereinrichtungen, durch die gemäß der Erfindung vorgesehene Korrektur oder Regelung der relativen Lage der Drehachsen der Walzen auf die Soll-Relativlage im Wesentlichen kompensiert oder ausgeglichen. Gemäß der Erfindung wird also mit anderen Worten zum automatisch oder selbsttätig durchführbaren Ausgleich (oder: zur Kompensation oder Korrektur) der genannten thermischen und mechanischen Form- oder Volumenveränderungen die relative Lage der Walzen oder Werkzeuge im Raum zueinander bestimmt (oder: ermittelt), insbesondere gemessen, und in einem Anpass- oder Korrekturschritt angepasst, wenn unzulässige oder nicht tolerierbare Abweichungen von einer für den Umformprozess vorgegebenen oder optimalen Soll-Relativlage der Drehachsen auftreten.

**[0039]** Eine zweite grundsätzliche Anwendung, die im Folgenden auch als Umformmodus bezeichnet wird und alternativ oder zusätzlich zum Kompensationsmodus vorgesehen sein kann, beruht auf dem Gedanken, die Steuerung oder Regelung der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zum Einstellen der Umformung und/oder des Umformdruckes am Werkstück zu verwenden.

**[0040]** Im Umformmodus wird bzw. werden die relative Lage, die Position(en) oder der Abstand oder die Abstände der Drehachsen der Walzen während der oder wenigstens einer Umformphase und/oder in einem um-

formkraftbelasteten Zustand der Walzen auf die Soll-Relativlage oder die Sollposition(en) oder den Sollabstand/die Sollabstände gesteuert, geregelt oder korrigiert. Dabei wird bzw. werden die Soll-Relativlage oder die Sollposition(en) oder der Sollabstand oder die Sollabstände während der Umformphase gemäß einem, im Allgemeinen in Anhängigkeit von der Winkel- oder Drehposition der Walzen (positionsgesteuert) oder von der Zeit (zeitgesteuert) vorgegebenen, Verlauf geführt, der einem gewünschten, insbesondere positionsabhängigen oder zeitlichen, Verlauf des beim Umformen des Werkstücks gewünschten Umformdruckes oder der Umformung des Werkstücks angepasst ist. Insbesondere können im Umformmodus aufgrund der variablen Walzenposition mit demselben wenigstens einen Werkzeug oder denselben Oberflächen der Walzen durch Einstellen unterschiedlicher Verläufe der Soll-Relativlage oder Sollposition(en) oder des Sollabstandes oder der Sollabstände in unterschiedlichen Umformphasen unterschiedliche Umformungen derselben oder unterschiedlicher Werkstücke erzeugt werden, insbesondere durch Verringern des Abstandes der Drehachsen während zumindest eines Teils der Umformphase. So kann beispielsweise die zunehmende radiale Ausdehnung eines Keilwerkzeuges durch eine Verringerung des Walzenabstandes zumindest teilweise nachgebildet oder ersetzt werden. Der vorgegebene Verlauf der Soll-Relativlage kann vorab ermittelt und gespeichert sein.

**[0041]** Außerdem können auch Abweichungen beim Werkzeug von einer vorgegebenen Form, zum Beispiel aufgrund Maßtoleranzen oder Verschleiß, durch Anpassen der Soll-Relativlage der Drehachsen der Walzen wenigstens annähernd ausgeglichen werden.

**[0042]** Der mit dem Verfahren und der Walzmaschine durchgeführte Umformprozess kann ein Kaltumformprozess sein, ist jedoch vorzugsweise ein Warmumformprozess oder ein Heißumformprozess. Bei Warm- und Heißumformung ist die Korrektur der Walzenpositionen gemäß der Erfindung zum Ausgleich oder zur Kompensation thermischer Veränderungen besonders vorteilhaft.

**[0043]** Das Material des Werkstücks kann eisenhaltig sein, beispielsweise Eisen selbst oder ein Stahl sein, oder auch ein nicht eisenhaltiger metallischer Werkstoff sein, beispielsweise Aluminium oder eine Aluminiumlegierung.

**[0044]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist die Walzmaschine als Profilquerwalzmaschine oder Querkeilwalzmaschine ausgebildet, deren grundsätzlicher Aufbau eingangs beschrieben wurde. Insbesondere weisen die Walzen also entsprechende Profil- oder Keilwerkzeuge auf und rotieren gleichsinnig zueinander, wobei das Werkstück sich nur um eine eigene Achse dreht und nicht von den Walzen translatorisch transportiert wird. Die Werkzeuge auf den Walzen sind insbesondere im Querschnitt keilförmig oder dreieckförmig und nehmen entlang des Umfangs in ihrer radialen Abmessung in einer Richtung zu und/oder verlaufen

schräg zur Drehachse der zugehörigen Walze.

**[0045]** Selbstverständlich ist die Erfindung außer bei Querwalzverfahren und -maschinen auch bei Längswalzverfahren und -maschinen anwendbar, beispielsweise zum Reckwalzen.

**[0046]** Wenigstens ein Stellantrieb kann nun ein hydraulischer Antrieb sein. Vorzugsweise ist jedoch wenigstens ein oder jeder Stellantrieb ein elektromotorischer Antrieb, insbesondere ein Spindeltrieb. Die Genauigkeit der Stellbewegung der Stellantriebe liegt vorzugsweise im Bereich von einigen Zehntel mm oder sogar einigen Hunderstel mm, vorzugsweise wenigstens 0,1 mm, und/oder einem Tausendstel des Verstellweges oder -hubs. Damit kann auch der Toleranzbereich für die Korrektur oder Abweichung der relativen Lage der Drehachsen auf die Soll-Relativlage in dieser Größenordnung gewählt werden.

**[0047]** In einer Weiterbildung der Walzmaschine ist eine ortsfeste, nicht mit den Walzen mitrotierende oder nicht mitrotierbare Trägereinrichtung (oder: Walzengerüst, Walzengestell) vorgesehen, an der der oder die Stellantrieb(e) gelagert oder getragen ist bzw. sind.

**[0048]** In einer Ausgestaltung der Walzmaschine sind für jede Walze jeweils zwei an Stirnseiten der Walze mit der Walze verbindbare oder verbundene und mit der Walze mitrotierbare oder mitrotierende Halteeinrichtungen vorgesehen. Die Verbindung der Halteeinrichtungen mit den Walzen ist vorzugsweise lösbar, um einen Wechsel der Werkzeuge oder der Walzen zu ermöglichen oder zu erleichtern. Für jede Halteeinrichtung ist ferner jeweils eine Lagereinrichtung, in der die Halteeinrichtung drehbar gelagert ist, vorgesehen. Die Lagereinrichtungen mit den in ihnen gelagerten Halteeinrichtungen wenigstens einer Walze sind mit dem oder den dieser Walze zugeordneten Stellantrieb(en) gekoppelt oder koppelbar ist und über den oder die Stellantrieb(e) bewegbar zum Verändern der Position der Drehachse der zugehörigen Walze. Insbesondere ist jede Lagereinrichtung jeweils mit einem Stellantrieb verbunden und die Regeleinrichtung steuert die Stellantriebe beider Lagereinrichtungen einer Walze entsprechend der gewünschten Bewegung der Drehachse der Walze an. Die Trägereinrichtung weist insbesondere Führungsbereiche zum Führen der Lagereinrichtungen bei deren Bewegung auf.

**[0049]** Die Führung der Lagereinrichtungen kann durch Gleitlager oder Wälzlager unterstützt werden.

**[0050]** In einer bevorzugten Ausgestaltung bilden die Walzen mit den zugehörigen Rotationsantrieben jeweils eine Einheit, die gemeinsam von den Stellantrieben verstellbar ist. Bei Bewegung einer Walze durch den oder die zugehörigen Stellantrieb(e) bleibt somit die relative Anordnung oder Position des der Walze zugeordneten Rotationsantriebs zur Walze unverändert oder translationsinvariant. Insbesondere sind an einer der Lagereinrichtungen jeder Walze die nicht rotierenden oder rotierbaren Teile des zugehörigen Rotationsantriebs zum Rotieren dieser Walze befestigt und die mitrotierenden

oder mitrotierbaren Antriebsteile des Rotationsantriebs an oder in der Lagereinrichtung drehbar gelagert sind.

**[0051]** Die Trägereinrichtung umfasst in einer besonderen konstruktiven Ausgestaltung vier Trägerelemente, wobei zwischen zwei der vier Trägerelementen eine der Lagereinrichtungen einer ersten der beiden Walzen und eine der Lagereinrichtungen der zweiten der beiden Walzen und zwischen den anderen zwei der vier Trägerelemente die andere Lagereinrichtung der ersten Walze und die andere Lagereinrichtung der zweiten Walze angeordnet und vorzugsweise beweglich geführt sind.

**[0052]** Die Stellantriebe für die Walzen sind im Allgemeinen an voneinander abgewandten Seiten der Walzen angeordnet, um zwischen den Walzen und seitlich davon Platz für die Werkstücke und weitere Maschinenteile zu lassen sind.

**[0053]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen weiter erläutert. Dabei wird auf die Zeichnungen Bezug genommen, in deren

FIG 1 eine Walzmaschine mit zwei Walzen und einer Kontrolleinrichtung zum Überwachen und Korrigieren des Walzenabstandes in einer Prinzipskizze,

FIG 2 eine Walzmaschine mit zwei Walzen mit zugeordneten unabhängigen Rotationsantrieben zum Rotieren der Walzen und Stellantrieben zum Verstellen der Walzen in einem Längsschnitt,

FIG 3 die Walzmaschine gemäß FIG 2 in einer um 90° nach einer Seite gedrehten Seitenansicht, FIG 4 die Walzmaschine gemäß FIG 2 in einer um 90° nach der anderen Seite gedrehten Seitenansicht und

FIG 5 die Walzmaschine gemäß FIG 2 bis 4 in einer quer zum Längsschnitt gemäß FIG 2 vorgenommenen Schnittdarstellung

jeweils schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Teile und Größen sind in den FIG 1 bis 5 mit denselben Bezugszeichen versehen.

**[0054]** Die dargestellte Walzmaschine gemäß FIG 1 bis 5 ist als Querkeilwalze oder Querkeilwalzmaschine ausgebildet und umfasst eine erste Arbeitswalze 2, die um eine Rotationsachse A rotierbar oder rotierend ist, und eine zweite Arbeitswalze 3, die um eine Rotationsachse B rotierbar oder rotierend ist. Der Drehsinn beider Arbeitswalzen 2 und 3 ist mit den dargestellten Pfeilen veranschaulicht und gleich. Die Rotationsachsen A und B sind im Wesentlichen parallel zueinander und senkrecht zur mit dem Pfeil gekennzeichneten Richtung der Gravitations- oder Schwerkraft (Erddanziehungskraft) angeordnet, so dass die Arbeitswalzen 2 und 3 übereinander angeordnet sind. Die Arbeitswalzen weisen eine im Wesentlichen zylindrische Außenfläche auf.

**[0055]** Der Abstand W zwischen den beiden Drehachsen A und B der Arbeitswalzen 2 und 3 ist im Folgenden als Walzenabstand bezeichnet. Der Abstand zwischen

den zylindrischen Außenflächen der beiden Arbeitswalzen 2 und 3 ist über die Walzendurchmesser eindeutig mit dem Abstand  $W$  verknüpft. Eine zwischen den beiden Arbeitswalzen 2 und 3 parallel zu den Drehachsen A und B verlaufende, die geometrische Mitte definierende Mittelachse (oder: Mittellage) ist mit  $M$  bezeichnet. Bei symmetrischer Lage der beiden Drehachsen A und B zu der Mittelachse  $M$  ist der Abstand beider Drehachsen A und B zur Mittelachse  $M$  gleich  $W/2$ .

**[0056]** An der Außenfläche oder Mantelfläche der Arbeitswalzen 2 und 3 sind jeweils im Querschnitt keilförmige Werkzeuge 20 und 21 bzw. 30 und 31 befestigt, insbesondere verspannt oder verschraubt. In den dargestellten Ausführungsformen gemäß FIG 1 bis 5 sind die Werkzeuge 20 und 21 der ersten Arbeitswalze 2 und die Werkzeuge 30 und 31 der zweiten Arbeitswalze 3 jeweils schräg und unter einem Winkel zu der jeweiligen Drehachse A und B angeordnet, wobei die Werkzeuge 20 und 21 der Arbeitswalze 2 bezüglich der Mittelachse  $M$  axial in den im Wesentlichen gleichen Positionen angeordnet sind. In der in FIG 2 gezeigten Stellung der Arbeitswalzen 2 und 3 sind die Werkzeuge 20 und 21 bzw. 30 und 31 an der einander zugewandten Innenseite näher beieinander als an der abgewandten Außenseite. Vorzugsweise nehmen die Werkzeuge 20 und 21 sowie 30 und 31 in Umfangsrichtung gesehen auch in ihrem Querschnitt zu, wobei die Zunahme des Querschnittes bei den Werkzeugen 20 und 21 in der gleichen Drehrichtung oder Orientierung ist und bei den Werkzeugen 30 und 31 der zweiten Arbeitswalze 3 entgegengesetzt oder gegensinnig zu der zu den Werkzeugen 20 und 21 der ersten Arbeitswalze 2 ist.

**[0057]** Jede der beiden Arbeitswalzen 2 und 3 ist nun an ihren beiden stirnseitigen Enden über jeweils einen Wellenfortsatz in jeweils zwei Lagereinrichtungen 16 und 17 bzw. 18 und 19 um die jeweilige Drehachse A bzw. B drehbar gelagert.

**[0058]** An den Lagereinrichtungen sind Abstandssensoren angeordnet und zwar ein erster Abstandssensor 51 zum Messen des Abstandes  $w_1$  im Wesentlichen zwischen der Lagereinrichtung 16 und der Mittelachse  $M$  (oder auch einer im Bereich der Mittelachse  $M$  angeordneten, in FIG 1 nicht gezeigten Positioniereinrichtung zum Positionieren des Werkstücks), ein zweiter Abstandssensor 52 zum Messen des Abstandes  $w_2$  im Wesentlichen zwischen der Lagereinrichtung 17 und der Mittelachse  $M$ , ein dritter Abstandssensor 53 zum Messen des Abstandes  $w_3$  im Wesentlichen zwischen der Lagereinrichtung 18 und der Mittelachse  $M$  sowie ein vierter Abstandssensor 54 zum Messen des Abstandes  $w_4$  im Wesentlichen zwischen der Lagereinrichtung 19 und der Mittelachse  $M$ . Die Abstandssensoren 51 bis 54 können insbesondere Ultraschallsensoren, optische, magnetische oder induktive Sensoren oder andere bekannte Abstandssensoren sein.

**[0059]** Die Lagereinrichtungen 16 bis 19 sind ferner jeweils in ihrer Lage oder Position verstellbar und zwar die Lagereinrichtung 16 von einem zugehörigen Stellan-

trieb 22, die Lagereinrichtung 17 von einem zugehörigen Stellantrieb 23 die Lagereinrichtung 18 von einem zugehörigen Stellantrieb 32 und die Lagereinrichtung 19 von einem zugehörigen Stellantrieb 33. Durch Verstellen der Position(en) der Lagereinrichtung(en) 16 und/oder 17 bzw. 18 und/oder 19 wird nun die Drehachse A bzw. B der Arbeitswalze 2 bzw. 3 in ihrer Lage verstellt. Beispielsweise wird bei Verstellen der beiden Lagereinrichtungen 16 und 17 der Arbeitswalze 2 parallel zueinander und senkrecht zur Drehachse A dieser Arbeitswalze 2 um den gleichen Verstellweg in der gleichen Richtung die Drehachse A parallel verschoben. Die Abstände  $w_1$  und  $w_2$  nehmen also beide um den gleichen Betrag zu. Bei gleichzeitigem Verstellen der Lagereinrichtungen 18 und 19 der anderen Arbeitswalze 3 parallel zueinander und senkrecht zur Drehachse B dieser Arbeitswalze 3 um den gleichen Verstellweg in der gleichen Richtung zueinander aber entgegengesetzt zur Richtung der Verstellung der Lagereinrichtungen 16 und 17 werden die Drehachse B parallel verschoben, die Abstände  $w_1$  bis  $w_4$  alle um den gleichen Betrag vergrößert und der Abstand  $W$  zwischen den Drehachsen A und B vergrößert. Bei Verstellen nur der Lagereinrichtung 16 der Arbeitswalze 2 beispielsweise nach oben werden der Abstand  $w_1$  vergrößert und der Abstand  $w_2$  im Wesentlichen gleich gehalten und somit die Drehachse A dieser Arbeitswalze 2 gedreht oder geschwenkt.

**[0060]** Es ist nun eine Kontrolleinrichtung 55 vorgesehen, die über, vorzugsweise elektrische, Steuerleitungen mit den Stellantrieben 22, 23, 32 und 33 verbunden ist und über, im Allgemeinen elektrische, Messleitungen zum Übertragen der Messsignale oder Messwerte mit den Abstandssensoren 51, 52, 53 und 54 verbunden ist. Die Kontrolleinrichtung 55 hält nun die Drehachsen A und B der Arbeitswalzen 2 und 3 in einer vorbestimmten relativen Lage zueinander, insbesondere der parallelen Stellung unter dem vorbestimmten Abstand  $W$ , indem sie die gemessenen Abstände  $w_1$  bis  $w_4$  mit vorbestimmten Sollabständen, die vorzugsweise alle gleich einem gemeinsamen Sollabstand sind, vergleicht und auf die Sollabstände regelt oder korrigiert durch Ansteuern der Stellantriebe 22, 23, 32 und/oder 34. Die Kontrolleinrichtung 55 enthält dazu vorzugsweise wenigstens einen digitalen Mikroprozessor oder Signalprozessor und wenigstens einen Speicher mit einem hinterlegten Steuer- oder Regelalgorithmus für den Prozessor sowie gespeicherten oder neu speicherbaren Soll- oder Führungswerten für die Steuerung oder Regelung.

**[0061]** Die FIG 2 bis 5 zeigen eine Ausführungsform einer Walzmaschine 1 in verschiedenen Darstellungen. Die FIG 2 zeigt einen Längsschnitt entlang einer die Längsrichtung der Walzmaschine und die Schwerkraftrichtung enthaltenden Schnittebene. Die FIG 3 und 4 zeigen Seitenansichten der Walzmaschine auf die beiden Stirn- oder Schmalseiten. Der Schnitt der FIG 5 ist in FIG 2, 3 und 4 mit den Pfeilen V-V gekennzeichnet.

**[0062]** Jede Arbeitswalze 2 und 3 ist zwischen zwei axial zur jeweiligen Drehachse A bzw. B an den Stirnseiten angeordneten Halteeinrichtungen 12A und 12B bzw. 13A und 13B lösbar gehalten und kann aus den Halteeinrichtungen 12A und 12B bzw. 13A und 13B in deren entriegelten Zustand herausgenommen werden zum Auswechseln der Werkzeuge 20 und 21 bzw. 30 und 31 oder der gesamten Arbeitswalzen 2 und 3 mit den Werkzeugen 20 und 21 bzw. 30 und 31. Es sind jeweils über nicht näher bezeichnete Drehlager, insbesondere Wälzlager, die Halteeinrichtung 12A in der Lagereinrichtung 16 und die Halteeinrichtung 12B in der Lagereinrichtung 17 jeweils um die Drehachse A der ersten Arbeitswalze 2 drehbar gelagert und die Halteeinrichtung 13A in der Lagereinrichtung 18 und die Halteeinrichtung 13B in der Lagereinrichtung 19 jeweils um die Drehachse B der zweiten Arbeitswalze 3 drehbar gelagert.

**[0063]** Zum Drehen der Arbeitswalzen 2 und 3 um ihre jeweiligen Drehachsen A und B sind ein erster Rotationsantrieb 42 für die erste Arbeitswalze 2 und ein zweiter, vom ersten Rotationsantrieb 42 unabhängiger Rotationsantrieb 43 für die zweite Arbeitswalze 3 vorgesehen. Jeder Rotationsantrieb 42 und 43 umfasst einen zugehörigen Rotationsantriebsmotor 44 bzw. 45 und ein - nicht näher dargestelltes - Rotationsantriebsgetriebe 46 bzw. 47, beispielsweise ein, insbesondere dreistufiges, Zahnradgetriebe, zum Übertragen des Drehmoments des Rotationsantriebsmotors 44 bzw. 45 auf die zugehörige Arbeitswalze 2 bzw. 3. Es sind die Drehachse C der Abtriebswelle des Rotationsantriebsmotors 44 des ersten Rotationsantriebs 42 und die Drehachse D der Abtriebswelle des Rotationsantriebsmotors 45 des zweiten Rotationsantriebs 43 orthogonal zu den Drehachsen A und B der jeweiligen Arbeitswalzen 2 und 3 gerichtet.

**[0064]** Die in FIG 1 links angeordneten Halteeinrichtungen 12A für die obere Arbeitswalze 2 und 13A für die untere Arbeitswalze 3 setzen sich jeweils als Vollwellen (oder auch Hohlwellen) axial zu den Drehachsen A bzw. B durch die zugehörigen Lagereinrichtungen 16 bzw. 18 fort und sind mit den - nicht näher dargestellten - Rotationsantriebsgetrieben 46 bzw. 47 der zugehörigen Rotationsantriebe 42 bzw. 43 gekoppelt oder in Eingriff. Ein Betrieb der Rotationsantriebsmotoren 44 und 45 führt also zur Übertragung einer Rotationsbewegung über das Rotationsantriebsgetriebe 46 bzw. 47 auf die Halteeinrichtung 12A bzw. 13A und damit auf die Arbeitswalze 2 bzw. 3 und die mitrotierende zweite Halteeinrichtung 12B und 13B.

**[0065]** Die Rotationsantriebsmotoren 44 und 45 sind vorzugsweise Permanentmagnet-Motoren, insbesondere sogenannte Torque-Motoren. Die hohe Dynamik oder Drehbeschleunigung und das hohe Drehmoment des Torque-Motors erlaubt eine sehr dynamische Steuerung oder Regelung der Drehzahl der rotierenden Arbeitswalzen 2 und 3 in Anpassung an den Walzprozess. Jeder der Permanentmagnet-Motoren 44 und 45

wird elektronisch, insbesondere über einen Umrichter, angesteuert.

**[0066]** Die Walzmaschine 1 umfasst ferner eine Trägereinrichtung (oder: ein Walzengerüst oder -gestell) 6. Die Trägereinrichtung 6 umfasst vier säulenartige Trägerelemente 6A bis 6D, die in einer rechteckigen Anordnung angeordnet sind und auf einer gemeinsamen Bodenplatte 6E, die auf dem Boden 50 abgestützt ist, montiert oder befestigt sind. Die Trägerelemente 6A bis 6D verlaufen in einer Längsrichtung vertikal oder senkrecht, d.h. parallel zur Gravitationskraft G.

**[0067]** In jedem der Trägerelemente 6A bis 6D ist ein zugehöriger Zuganker 7A bis 7B vertikal in der Längsrichtung des jeweiligen Trägerelements angeordnet, der unten an der Trägerplatte 6E befestigt ist und oben mittels einer zugehörigen, nicht näher bezeichneten Gegenmutter, vorzugsweise einer hydraulisch betätigten Gegenmutter, vorgespannt ist. Dabei wird unter die Hydraulikmutter vorzugsweise ein geteiltes Unterlagsringsegment gelegt, wenn die Hydraulikmutter im druckbeaufschlagten Zustand ist, und dann durch Entspannen des hydraulischen Druckes die Mutter auf das Unterlagsringsegment gepresst. Dadurch können die Trägerelemente 6A bis 6D unter eine bestimmte Zugspannung gesetzt und versteift werden. Dies führt zu einer Versteifung des Walzengerüsts der Walzmaschine 1.

**[0068]** Die Lagereinrichtung 16 ist über eine Antriebs spindle (oder: Verstellspindel) 26 von einem oberhalb angeordneten ersten Stellantrieb 22 höhenverstellbar entlang einer vertikalen, d.h. parallel zur Gravitationsrichtung G verlaufenden, Achse E und die Lagereinrichtung 17 ist über eine Antriebs spindle 27 von einem oberhalb angeordneten zweiten Stellantrieb 23 höhenverstellbar entlang einer vertikalen Achse F. Die Lagereinrichtung 18 ist über eine Antriebs spindle 36 von einem unterhalb angeordneten dritten Stellantrieb 32 höhenverstellbar entlang der vertikalen Achse E und die Lagereinrichtung 19 ist über eine Antriebs spindle 37 von einem unterhalb angeordneten vierten Stellantrieb 33 höhenverstellbar entlang der vertikalen Achse F.

**[0069]** Jeder Stellantrieb 22, 23, 32, 33 umfasst einen Antriebsmotor 24, 25, 34, 35, der über eine Abtriebswelle 28, 29, 38, 39 und ein nicht näher bezeichnetes Scheckengetriebe mit hoher Untersetzung die Antriebs spindle 26, 27, 36, 37 und damit die Lagereinrichtung 16, 17, 18, 19 antreibt. Die maximalen Verstellwege oder Verstellhöhe der Stellantriebe 22, 23, 32, 33 betragen typischerweise 50 mm bis 150 mm, die Verstellgenauigkeit oder Verstell Schritte betragen typischerweise in Anpassung an die Wärmeausdehnungen in der Walzmaschine einige 1/100 mm. Die Antriebsmotoren 24, 25, 34, 35 können Getriebemotoren sein und/oder Drehstrom-Asynchronmotoren oder Synchronmotoren und/oder Permanentmagnetmotoren (z.B. Servomotoren) mit einer elektronischen Ansteuerung und werden für die hohe Verstellgenauigkeit beim Verstellen nur mit Stromimpulsen im Millisekundenbereich beaufschlagt.

**[0070]** Die beiden Lagereinrichtungen 16 und 18 sind

für ihre Verstellbewegung über Führungen 8B des Trägerelements 6B und 8C des Trägerelements 6C in oder an den beiden Trägerelementen 6B und 6C vertikal geführt. Die beiden weiteren Lagereinrichtungen 17 und 19 sind entsprechend für ihre Verstellbewegung über Führungen 8A des Trägerelements 6A und 8D des Trägerelements 6D in oder an den beiden Trägerelementen 6A und 6D vertikal geführt.

**[0071]** Es sind somit Arbeitseinheiten aus jeweils einer Arbeitswalze 2 bzw. 3, zwei Halteeinrichtungen 12A und 12B bzw. 13A und 13B, zwei Lagereinrichtungen 16 und 17 bzw. 18 und 19 und einem Rotationsantrieb 42 bzw. 43 gebildet, die an jeweils zwei an der Trägereinrichtung 6 befestigten Stellantrieben 22 und 23 bzw. 32 und 33 höhenverstellbar aufgehängt sind und aufeinander zu oder voneinander weg sowie in oder an der Trägereinrichtung 6 geführt bewegbar sind.

**[0072]** Durch Verstellen der Lagereinrichtungen 16 und 17 - und damit der gesamten Arbeitseinheit einschließlich der zugehörigen Arbeitswalze 2 - mittels der Stellantriebe 22 und 23 in der gleichen Richtung und um den gleichen Betrag, also gleichzeitig um denselben Hubweg nach oben oder gleichzeitig um denselben Hubweg nach unten, wird die Drehachse A der ersten Arbeitswalze 2 parallel nach oben bzw. unten verschoben. Ebenso wird durch Verstellen der Lagereinrichtungen 18 und 19 und zugehörigen Arbeitseinheit mit Arbeitswalze 3 über die Stellantriebe 32 und 33 in der gleichen Richtung und um den gleichen Betrag die Drehachse B der zweiten Arbeitswalze 3 parallel nach oben bzw. unten verschoben.

**[0073]** Somit kann mittels der Stellantriebe 22 und 23 und/oder der Stellantriebe 32 und 33 der Walzenabstand  $W$  zwischen den Drehachsen A und B der beiden Arbeitswalzen 2 und 3 bzw. der Werkzeugabstand  $w$  variiert werden.

**[0074]** Im Betrieb der Walzmaschine unterscheidet man wenigstens drei Verfahrensschritte oder Prozessphasen. Die drei Prozessphasen bilden einen Arbeitszyklus. In einer Serienfertigung zum Erzeugen mehrerer umgeformter Werkstücke werden in der Regel mehrere solcher Arbeitszyklen hintereinander durchgeführt.

**[0075]** In einer ersten Prozessphase wird das Werkstück 10 zwischen den Walzen 2 und 3 positioniert. Das Werkstück 10 wird dazu gemäß FIG 3 mittels zweier Leitlineale oder Positionierteile 61 und 62 einer nur in FIG 3 dargestellten Positioniereinrichtung 60 in eine Position auf der Mittelachse M zwischen den Arbeitswalzen 2 und 3 gebracht. Die beiden Positionierteile 61 und 62 sind entlang einer Positionierachse P senkrecht zur Mittelachse M beweglich, wie durch die Doppelpfeile angedeutet, insbesondere mittels Rollen. Die Positionierteile 61 und 62 können in einer langen Führung derart zurückgefahren werden, dass die Arbeitswalze 2 und/oder 3 gewechselt werden kann, ohne dass die Positionierteile 61 und 62 demontiert werden müssen.

**[0076]** In einer zweiten Prozessphase, der Umformphase, wird das Werkstück 10 von den Werkzeugen der

Arbeitswalzen 2 und 3 erfasst und zwischen den drehenden Werkzeugen der Walzen umgeformt. In dieser Umformphase werden nun die Abstände  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  und  $w_4$  als Maß für die Abstände zwischen den Drehachsen A und B und der Mittelachse M gemessen.

**[0077]** In einer dritten Prozessphase wird das umgeformte Werkstück wieder aus dem Zwischenraum zwischen den Walzen entnommen oder ausgeworfen. Es werden nun die Abstände  $w_1$  und  $w_2$  sowie  $w_3$  und  $w_4$  insbesondere mit einem gemeinsamen Sollabstand verglichen, so dass also eine parallele Stellung der Drehachsen A und B angestrebt wird. Bei zu großer Abweichung eines der Abstände  $w_1$  bis  $w_4$  von dem Sollabstand werden die Drehachsen A und B in der beschriebenen Weise in ihrer Lage verändert, bis die Abweichung beseitigt oder innerhalb eines Toleranzbereichs liegt.

**[0078]** Alternativ oder zusätzlich können die Abstände  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  und  $w_4$  auch während der Umformphase gezielt gemäß einem vorgegebenen von der Winkelposition der Walze(n) abhängigen oder zeitlichen Verlauf verändert werden, um die Umformung des Werkstücks zu beeinflussen.

## 25 Bezugszeichenliste

### [0079]

1	Walzmaschine
2,3	Arbeitswalze
6A bis 6D	Trägerelement
6E	Bodenplatte
7A bis 7D	Zuganker
8A bis 8D	Führung
10	Werkstück
12A, 12B	Halteeinrichtung
13A, 13B	Halteeinrichtung
16,17,18,19	Lagereinrichtung
20, 21	Werkzeug
22, 23	Stellantrieb
24, 25	Getriebemotor
26, 27	Verstellspindel
28, 29	Antriebswelle
30, 31	Werkzeug
32, 33	Stellantrieb
34, 35	Getriebemotor
36, 37	Verstellspindel
38, 39	Antriebswelle
42, 43	Rotationsantrieb
44, 45	Rotationsantriebsmotor
46, 47	Rotationsantriebsgetriebe
50	Boden
51, 52	Abstandssensor
53, 54	Abstandssensor
55	Kontrolleinrichtung
60	Positioniereinrichtung
61, 62	Positionierteile

A, B	Drehachse	
C, D	Antriebsachse	
E, F	Achse	
G	Gravitationskraft	
M	Mittelachse	5
V	Verstellachse	
P	Positionierachse	
w	Werkzeugabstand	
w1,w2	Abstand	
w3,w4, W	Abstand	10

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Umformen eines Werkstücks, 15
  - a) bei dem das Werkstück (10) während einer Umformphase zwischen Oberflächen oder Werkzeugen von wenigstens zwei um jeweils eine Drehachse rotierenden Walzen (2, 3) umgeformt wird und 20
  - b) bei dem die relative Lage der Drehachsen der Walzen zueinander auf eine Soll-Relativlage gesteuert, geregelt oder korrigiert wird, insbesondere mittels wenigstens einer Kontrolleinrichtung (55) und wenigstens eines wenigstens einer der Walzen zugeordneten und von der Kontrolleinrichtung angesteuerten Stellantriebes (22, 23, 32, 33). 25
2. Verfahren nach Anspruch 1, 30
  - a) die relative Lage der Drehachsen der Walzen zueinander ermittelt wird,
  - b) die ermittelte relative Lage der Drehachsen mit der Soll-Relativlage verglichen wird und festgestellt wird, ob eine außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegende Abweichung der ermittelten relativen Lage der Drehachsen von der Soll-Relativlage vorliegt, 40
  - c) und, wenn eine solche außerhalb des Toleranzbereiches liegende Abweichung der ermittelten relativen Lage der Drehachsen von der Soll-Relativlage festgestellt wird, die relative Lage der Drehachsen der Walzen, insbesondere mittels des wenigstens einen Stellantriebes, derart verändert oder korrigiert wird, dass die Abweichung wieder innerhalb des Toleranzbereiches liegt. 45
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die relative Lage der Drehachsen der Walzen während der Umformphase, insbesondere bei einer vorgegebenen Drehwinkelstellung wenigstens einer der Walzen und/oder bei einer vorgegebenen Kraftbelastung der Walze(n), ermittelt wird. 55
4. Verfahren nach einem oder mehreren der vorher-

gehende Ansprüche, bei dem

- a) zur Steuerung, Regelung oder Korrektur der relativen Lage der Drehachsen der Walzen
  - b) wenigstens eine Position wenigstens einer der Drehachsen der Walzen
  - b1) auf jeweils eine zugehörige konstante oder variable Sollposition gesteuert, geregelt oder korrigiert wird und/oder
  - b2) ermittelt wird und mit jeweils einer zugehörigen konstanten oder variablen Sollposition verglichen wird und bei Abweichung von der Sollposition außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches auf die Sollposition korrigiert wird,
  - c) wobei gegebenenfalls die Position(en) der Drehachse(n) der anderen Walze(n) unverändert oder ortsfest zur Umgebung bleibt oder angenommen wird bzw. bleiben oder angenommen werden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, bei dem
    - a) zur Steuerung, Regelung oder Korrektur der relativen Lage der Drehachsen der Walzen
    - b) wenigstens ein Abstand der Drehachsen von wenigstens zwei Walzen voneinander oder der Drehachse wenigstens einer Walze zu einer vorgegebenen Mittelachse im zur Aufnahme des Werkstücks vorgesehenen Zwischenraum zwischen den Walzen oder Werkzeugen
    - b1) auf jeweils einen zugehörigen konstanten oder variablen Sollabstand gesteuert, geregelt oder korrigiert wird und/oder
    - b2) ermittelt wird und mit jeweils einem zugehörigen konstanten oder variablen Sollabstand verglichen wird und bei einer Abweichung von dem Sollabstand außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches auf den Sollabstand korrigiert wird.
  6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem zur Steuerung, Regelung oder Korrektur der relativen Lage der Drehachsen der Walzen jeweils wenigstens zwei Abstände der Drehachsen von zwei Walzen voneinander oder der Drehachse wenigstens einer Walze zur Mittelachse einerseits und zugehörige Sollabstände andererseits herangezogen werden, wobei diese Abstände vorzugsweise an, in Richtung der jeweiligen Drehachse gesehen, entgegengesetzten Seiten der Walzen, vorgesehen sind oder ermittelt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, bei dem die Mittelachse innerhalb einer Bewegungsebene oder auf einer Bewegungsachse zweier zueinander beweglicher Teile einer Positioniereinrichtung zum Positionieren des Werkstücks liegt oder die Achse definiert, auf der das Werkstück positioniert wird. 5
8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehende Ansprüche, bei dem eine oder jede Steuerung, Regelung oder Korrektur der relativen Lage der Drehachsen der Walzen auf die Soll-Relativlage vor oder nach der Umformphase und/oder nach Auswerfen des Werkstücks aus dem Zwischenraum zwischen den Werkzeugen oder den Walzen und/oder in einem umformkraftentlasteten Zustand der Walzen durchgeführt wird. 10
9. Verfahren nach Anspruch 2 oder einem oder mehreren der von Anspruch 2 abhängigen Ansprüche, bei dem 20
- a) mehrere Werkstücke in aufeinanderfolgenden Umformphasen nacheinander zwischen den Oberflächen oder Werkzeugen der Walzen umgeformt werden und nach der zugehörigen Umformphase jedes Werkstück aus dem Zwischenraum zwischen den Walzen oder den Werkzeugen ausgeworfen wird und 25
- b) in jeder Umformphase oder in jeder auf eine vorgegebenen Anzahl von Umformphasen folgenden Umformphase die relative Lage der Drehachsen der Walzen ermittelt wird, 30
- c) nach jeder Umformphase oder einer vorgegebenen Anzahl von Umformphasen und/oder nach Auswerfen des jeweiligen Werkstücks die Regelung oder Korrektur der ermittelten relativen Lage der Drehachsen der Walzen auf die Soll-Relativlage durchgeführt wird. 35
10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehende Ansprüche, bei dem, insbesondere während der Umformphase auftretende, thermische und/oder mechanische Form- oder Volumenänderungen in den Walzen oder deren Werkzeugen oder anderen Bereichen einer die Walzen umfassenden Walzmaschine, insbesondere Lagereinrichtungen für die Walzen und Trägereinrichtungen für die Lagereinrichtungen, durch die Korrektur der relativen Lage der Drehachsen der Walzen im Wesentlichen kompensiert werden. 40
11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die relative Lage, die Position(en) oder der Abstand oder die Abstände der Drehachsen der Walzen während der oder wenigstens einer Umformphase und/oder in einem umformkraftbelasteten Zustand der Walzen auf die Soll-Relativlage oder die Sollposition(en) oder den Sollabstand/die Sollabstände gesteuert, geregelt oder korrigiert wird oder werden, wobei die Soll-Relativlage oder die Sollposition(en) oder der Sollabstand oder die Sollabstände während der Umformphase gemäß einem vorgegebenen, insbesondere von der Winkelposition oder Drehposition wenigstens einer Walze abhängigen oder von der Zeit abhängigen Verlauf geführt wird bzw. werden, der einem gewünschten Verlauf des beim Umformen des Werkstücks gewünschten Umformdruckes oder der Umformung des Werkstücks angepasst ist. 45
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem mit demselben wenigstens einen Werkzeug oder denselben Oberflächen der Walzen durch Einstellen unterschiedlicher Verläufe der Soll-Relativlage oder Sollposition(en) oder des Sollabstandes oder der Sollabstände in unterschiedlichen Umformphasen unterschiedliche Umformungen derselben oder unterschiedlicher Werkstücke erzeugt werden, insbesondere durch Verringern des Abstandes der Drehachsen während zumindest eines Teils der Umformphase, und/oder Abweichungen beim Werkzeug von einer vorgegebenen Form durch Anpassen der Soll-Relativlage der Drehachsen der Walzen wenigstens annähernd ausgeglichen werden. 50
13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehende Ansprüche, bei dem die Walzen in jeweils zwei Lagereinrichtungen rotierbar oder rotierend gelagert sind und zur Einstellung der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander eine der beiden Lagereinrichtungen oder beide Lagereinrichtungen wenigstens einer Walze über wenigstens einen Stellantrieb bewegt werden. 55
14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehende Ansprüche, bei dem die Drehachse(n) der Walze(n) oder die Lagereinrichtung(en) der Walze(n) zur Steuerung, Regelung oder Korrektur der relativen Lage auf die Soll-Relativlage wenigstens teilweise in einer vorgegebenen Bewegungsrichtung linear bewegt wird bzw. werden, wobei die Bewegungsrichtung der linearen Bewegung vorzugsweise im Wesentlichen senkrecht zu den Drehachsen der Walzen und/oder im Wesentlichen parallel zur Schwerkraft gerichtet ist oder wird, und/oder wenigstens teilweise gedreht oder gekippt wird bzw. werden.
15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Werkstück warmumgeformt oder heißumgeformt wird und/oder aus einem eisenhaltigen oder einem nicht eisenhaltigen metallischen Werkstoff besteht.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der vorhergehende Ansprüche, bei dem die Soll-Relativlage oder die Sollposition(en) oder der Sollabstand/die Sollabstände der Drehachsen der Walzen abhängig von dem Material und/oder der Gestalt des umzuformenden Werkstück oder von der gewünschten Gestalt oder den gewünschten Abmessungen des umgeformten Werkstücks eingestellt oder gewählt werden oder sind, wobei vorzugsweise die Gestalt des Werkstücks vor der Umformphase vermessen wird und die Soll-Relativlage, Sollposition(en) oder der Sollabstand/die Sollabstände entsprechend eingestellt wird bzw. werden.
17. Walzmaschine, insbesondere zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit
- wenigstens zwei um jeweils eine Drehachse rotierbaren oder rotierenden, insbesondere mit Werkzeugen bestückbaren oder bestückten, Walzen,
  - wenigstens einem Rotationsantrieb zum Rotieren der Walzen um deren Drehachsen zumindest während einer Umformphase zum Umformen eines zwischen den Walzen anordenbaren oder angeordneten Werkstücks,
  - wenigstens einem Stellantrieb zum Einstellen der Position(en) der Drehachse(n) einer der Walzen oder beider Walzen,
  - einer mit jedem Stellantrieb in Wirkverbindung stehenden Kontrolleinrichtung zum Steuern, Regeln oder Korrigieren der relativen Lage der Drehachsen der Walzen auf eine konstante oder variable Soll-Relativlage mittels des oder der Stellantriebe(s).
18. Walzmaschine nach Anspruch 17 mit einer Positioniereinrichtung mit zwei zueinander beweglichen Positionierteilen zum Positionieren des Werkstücks im Bereich einer vorgegebenen Mittelachse zwischen den beiden Walzen.
19. Walzmaschine nach Anspruch 17 oder Anspruch 18, bei der jeder Walze wenigstens ein zugehöriger Stellantrieb zugeordnet ist zum unabhängigen Einstellen der Positionen der Drehachsen der Walzen, wobei die Stellantriebe vorzugsweise an voneinander abgewandten Seiten der Walzen angeordnet sind.
20. Walzmaschine nach Anspruch 17 oder Anspruch 18, bei der den Walzen ein gemeinsamer Stellantrieb zugeordnet ist, der über jeweils ein Getriebe mit jeder der Walzen koppelbar oder gekoppelt ist, wobei die Getriebe vorzugsweise so ausgebildet sind, dass die Drehachsen beider Walzen beim Antrieb durch den gemeinsamen Stellantrieb gleichzeitig, vorzugsweise auch mit der gleichen Geschwindigkeit, auf eine zwischen den Walzen liegende Referenzposition, vorzugsweise die Mittelachse, zu oder von dieser weg bewegbar sind.
21. Walzmaschine nach einem der Ansprüche 17 bis 20, die
- für jede Walze jeweils zwei an Stirnseiten der Walze mit der Walze, vorzugsweise lösbar, verbindbare oder verbundene und mit der Walze mitrotierbare oder mitrotierende Halteeinrichtungen und
  - für jede Halteeinrichtung jeweils eine Lagereinrichtung, in der die Halteeinrichtung drehbar gelagert ist, umfasst,
  - wobei die Lagereinrichtungen mit den in ihnen gelagerten Halteeinrichtungen wenigstens einer Walze mit dem oder den dieser Walze zugeordneten Stellantrieb(en) gekoppelt oder koppelbar ist und über den oder die Stellantrieb (e) bewegbar sind oder bewegt werden zum Verändern der Position der Drehachse der zugehörigen Walze, wobei vorzugsweise jede Lagereinrichtung jeweils mit einem zugehörigen Stellantrieb verbunden ist.
22. Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 21, bei der in der Soll-Relativlage die Drehachsen der Walzen im Wesentlichen parallel zueinander gerichtet sind und/oder im Wesentlichen, in Schwerkraftrichtung gesehen, übereinander angeordnet sind und/oder im Wesentlichen senkrecht zur Schwerkraftrichtung angeordnet sind.
23. Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 22, bei der wenigstens ein Stellantrieb wenigstens einen elektrischen Stellantriebsmotor und eine mit dem Stellantriebsmotor einerseits und der zugehörigen Walze andererseits koppelbare oder gekoppelte Kraftübertragungseinrichtung, die insbesondere wenigstens eine Antriebsspindel und/oder ein Schneckengetriebe umfasst, zum Übertragen der Antriebskraft oder des Antriebsdrehmoments des Stellantriebsmotors zur Bewegung der Walzen umfasst.
24. Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 23 mit einer nicht mit den Walze mitrotierenden oder nicht mitrotierbaren Trägereinrichtung, an der oder von der der oder die Stellantrieb(e) getragen oder gelagert ist bzw. sind, wobei die Trägereinrichtung vorzugsweise Führungsbereiche zum Führen der Walzen oder der Lagereinrichtungen bei deren Bewegung aufweist.
25. Walzmaschine nach Anspruch 24, bei der die Trä-

gereinrichtung vier, insbesondere säulenartige, Trägerelemente umfasst, wobei zwischen zwei der vier Trägerelementen eine der Lagereinrichtungen einer ersten der beiden Walzen und eine der Lagereinrichtungen der zweiten der beiden Walzen und zwischen den anderen zwei der vier Trägerelemente die andere Lagereinrichtung der ersten Walze und die andere Lagereinrichtung der zweiten Walze angeordnet und vorzugsweise beweglich geführt sind, wobei die Trägerelemente insbesondere mittels Zugankern und, vorzugsweise hydraulischen, Muttern vorgespannt sind.

**26.** Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 25 mit

a) einer Einrichtung zum Ermitteln der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander, insbesondere während der Umformphase,  
b) wobei die Kontrolleinrichtung mit der Einrichtung zum Ermitteln der relativen Lage der Drehachsen in Wirkverbindung steht und

b1) die von dieser Einrichtung ermittelte relative Lage der Drehachsen mit der Soll-Relativlage vergleicht,

b2) feststellt, ob eine außerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches liegende Abweichung der ermittelten relativen Lage der Drehachsen von der Soll-Relativlage vorliegt,

b3) und, wenn eine solche außerhalb des Toleranzbereiches liegende Abweichung der ermittelten relativen Lage der Drehachsen von der Soll-Relativlage vorliegt, die relative Lage der Drehachsen der Walzen, insbesondere mittels des wenigstens einen Stellantriebs, derart verändert, dass die Abweichung wieder innerhalb des Toleranzbereiches liegt.

**27.** Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 26, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander wenigstens zwei Abstandssensoren zum Messen der Abstände der Drehachsen der Walzen voneinander oder jeweils zur Mittelachse oder der Abstände der Lagereinrichtungen zur Mittelachse oder zur Positioniereinrichtung als Maß für die Position(en) oder den Abstand der Drehachsen der Walzen umfasst.

**28.** Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 27, bei der die Einrichtung zum Ermitteln der relativen Lage der Drehachsen der Walzen zueinander wenigstens einen berührungslosen Sensor und/oder einen Ultraschallsensor und/oder einen optischen Sensor und/oder einen induktiven

Sensor und/oder einen magnetischen Sensor umfasst.

**29.** Walzmaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 17 bis 28, die als Profilquerwalzmaschinen oder Querkeilwalzmaschine ausgebildet ist und/oder bei der die Werkzeuge auf den Walzen im Querschnitt keilförmige oder dreieckförmige Profile oder Gestalten aufweisen und entlang des Umfangs in ihrer radialen Abmessung in einer Richtung zunehmen und/oder schräg zur Drehachse der zugehörigen Walze verlaufen.

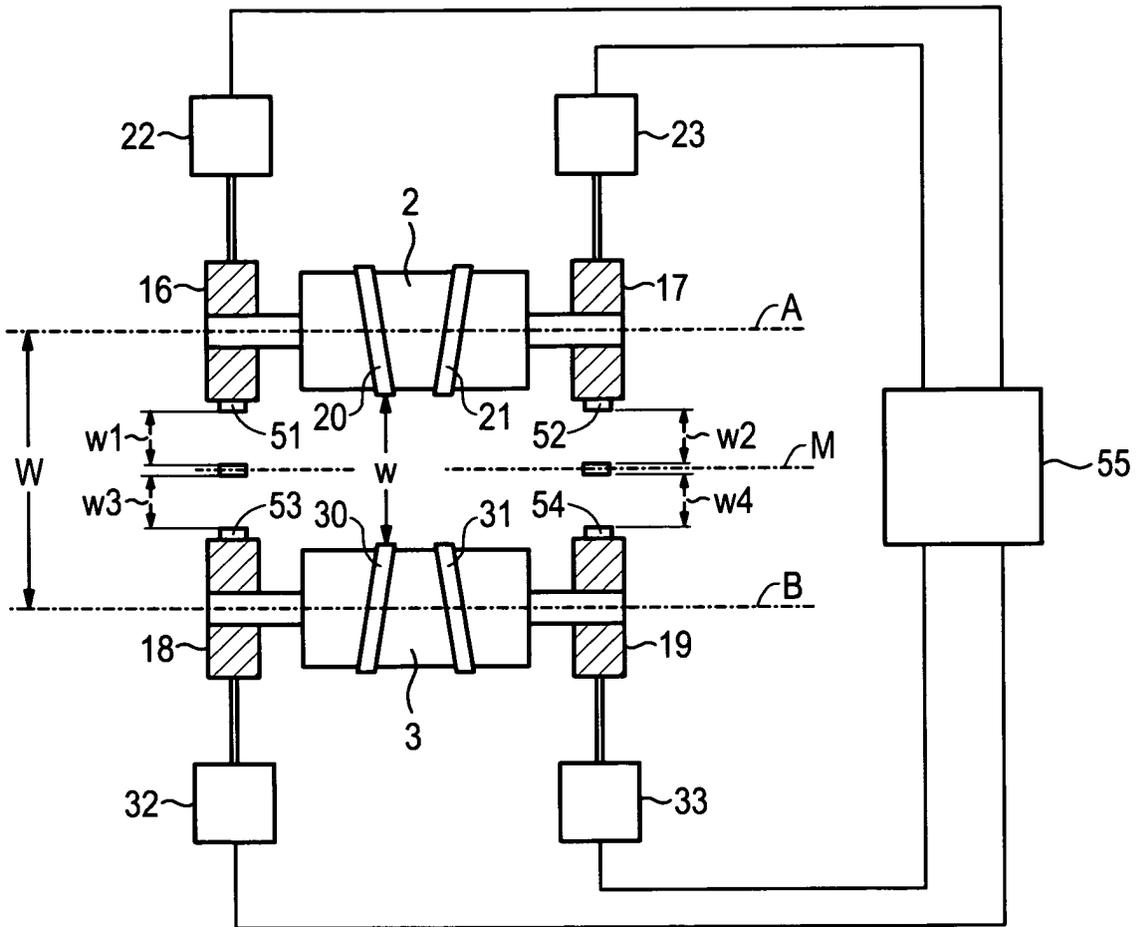
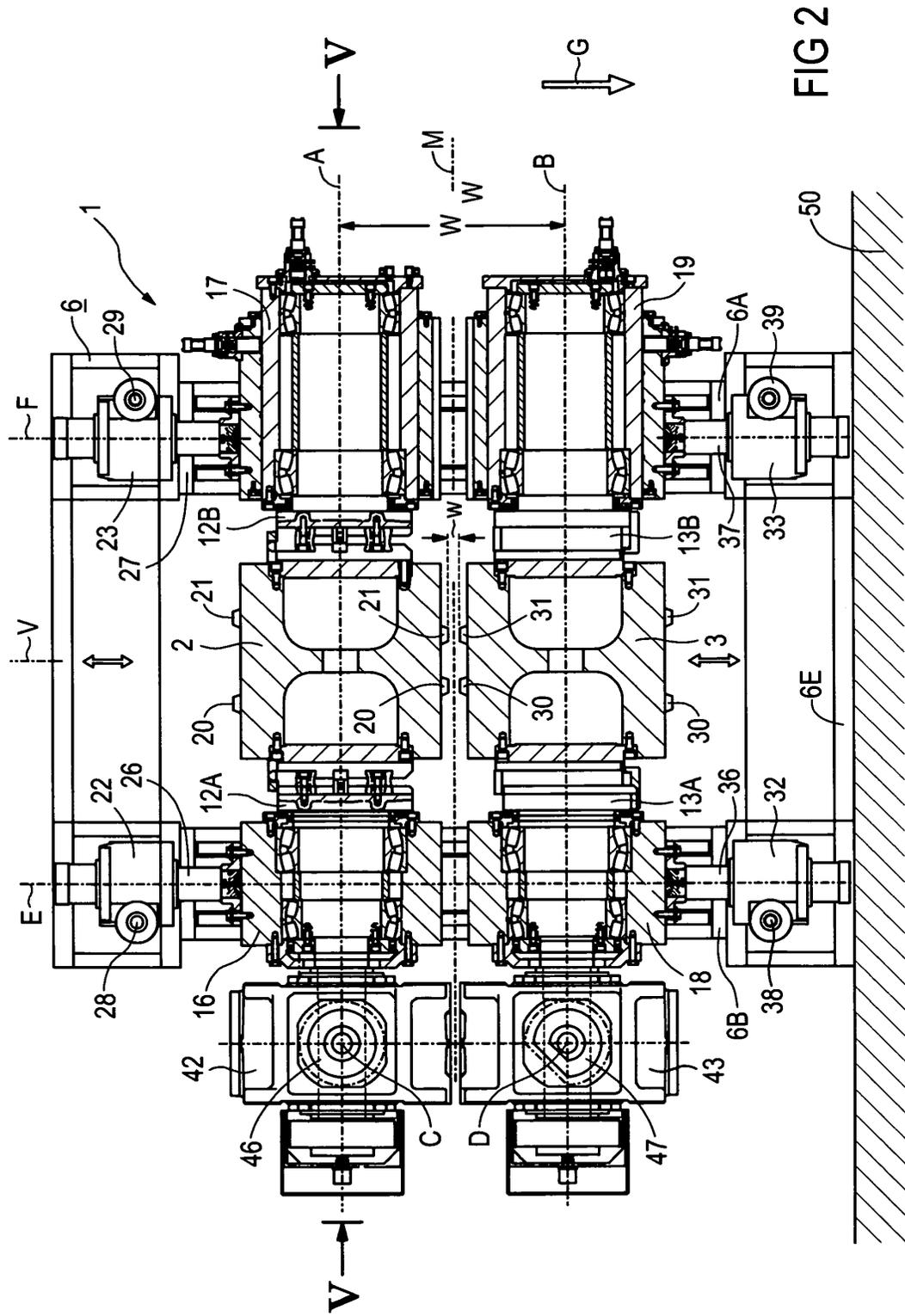
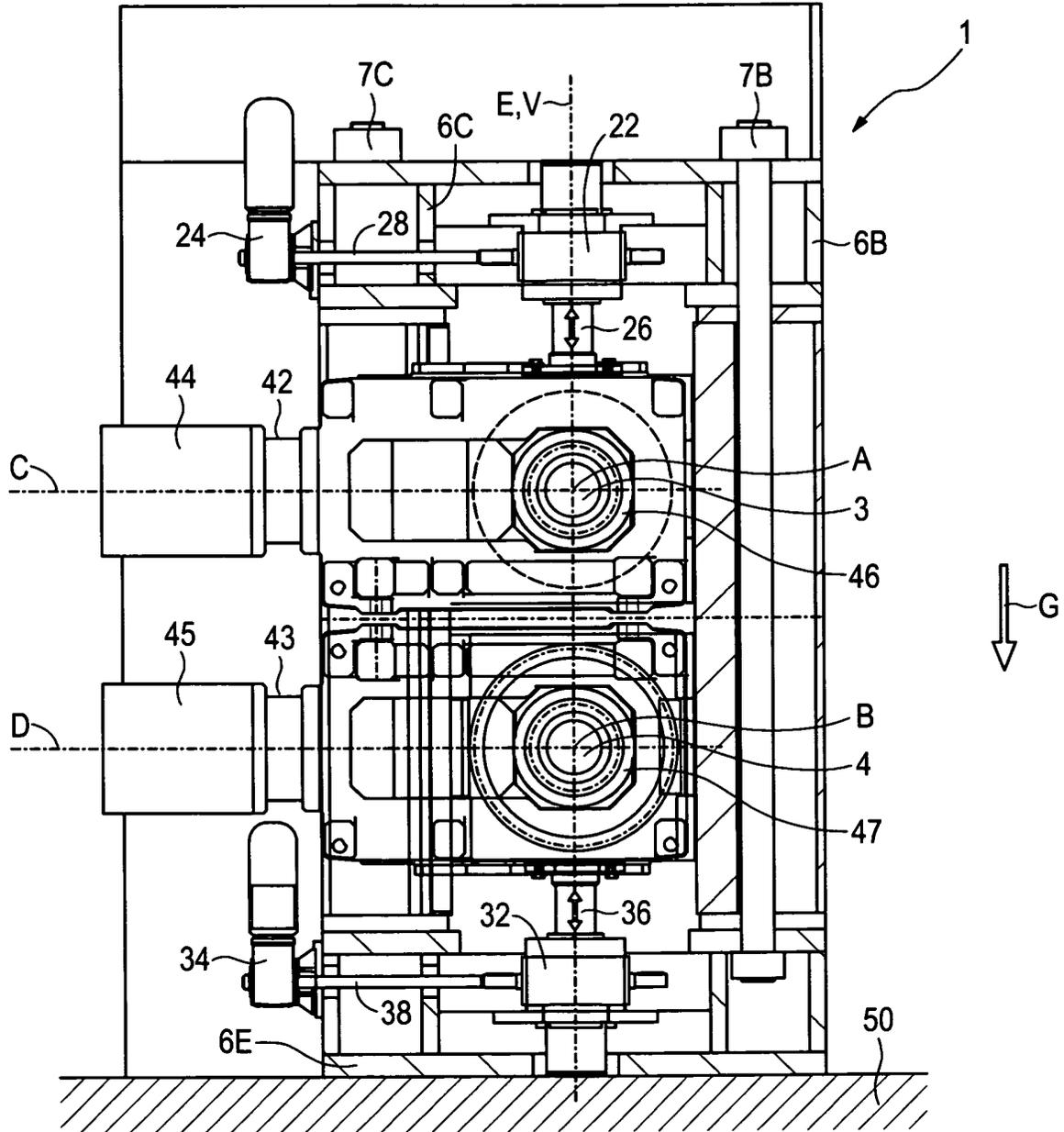


FIG 1





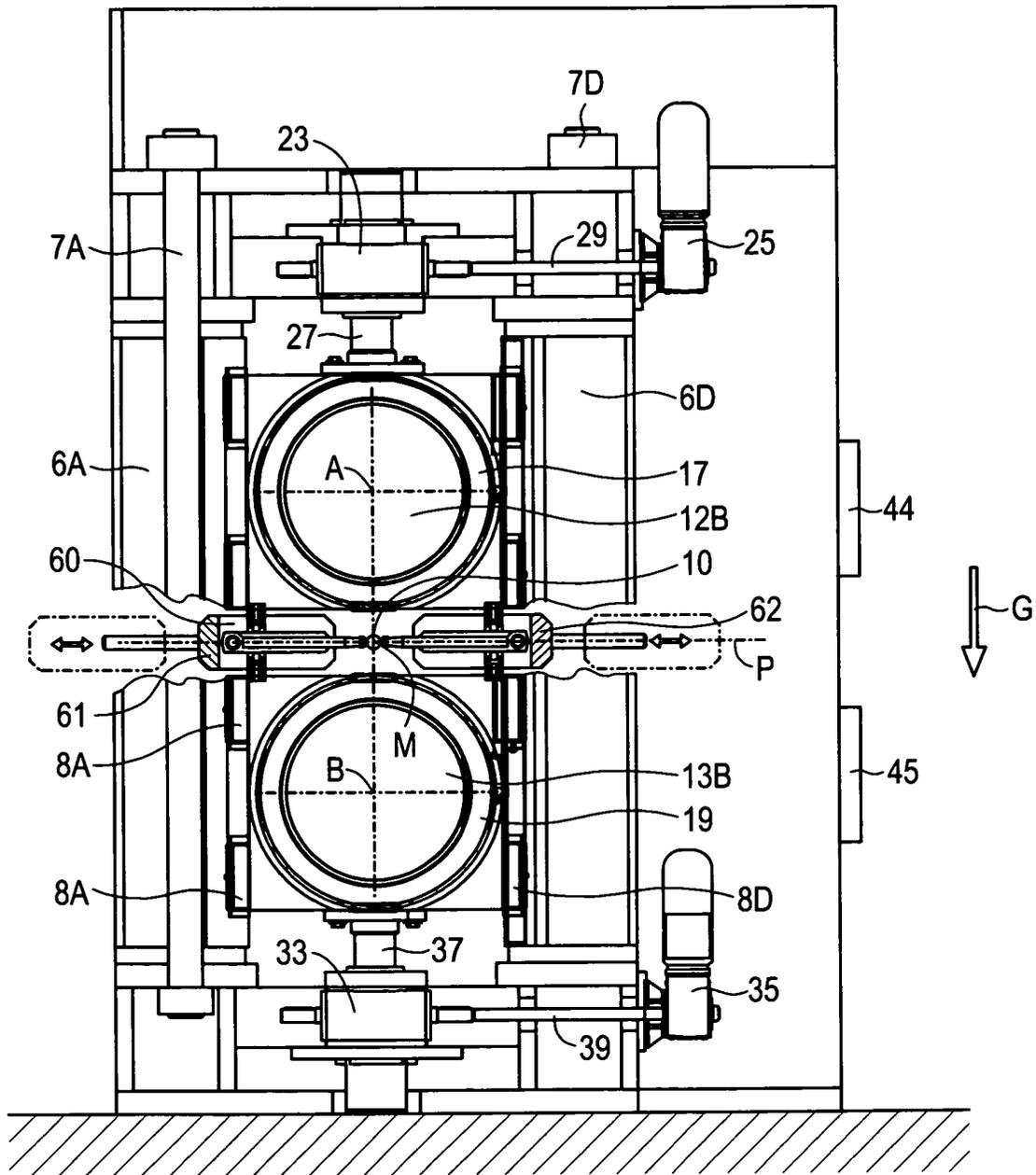


FIG 4

