

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 1 001 658 B1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**01.10.2003 Patentblatt 2003/40**

(51) Int Cl.7: **H05B 6/14**

(21) Anmeldenummer: **99250403.5**

(22) Anmeldetag: **15.11.1999**

(54) **Induktionsheizung für Thermowalzen**

Induction heating for thermic cylinders

Chauffage par induction pour cylindres thermiques

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**

(30) Priorität: **16.11.1998 DE 19854034**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**17.05.2000 Patentblatt 2000/20**

(73) Patentinhaber: **Walzen Irle GmbH  
D-57250 Netphen (DE)**

(72) Erfinder:

- **Rindfleisch, Hans-Jochen, Dr.-Ing  
12559 Berlin (DE)**

- **Hellenthal, Ludwig, Dipl.-Ing**

**57399 Kirchhundem (DE)**

- **Patt, Walter, Dipl.-Ing.**

**57078 Buchen (DE)**

- **von Schweinichen, Jaxa, Dr.-Ing.**

**57250 Netphen - Deuz (DE)**

(74) Vertreter: **Grosse, Wolf-Dietrich, Dipl.-Ing. et al**

**Patentanwälte Hemmerich, Valentin, Gihlske,**

**Grosse,**

**Hammerstrasse 2**

**57072 Siegen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:

**EP-A- 0 195 733**

**DE-A- 4 011 825**

**FR-A- 2 673 076**

**US-A- 2 951 139**

**EP 1 001 658 B1**

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

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Induktionsheizung für eine Thermowalze mit einem Walzenmantel aus einem ferromagnetischen Material und einer Induktionspule innerhalb des Walzenmantels zur verlustarmen Übertragung und prozeßgerechten Einstellung der Heizleistung durch die Erzeugung von Wirbelströmen gleichmäßiger Dichte in der Gesamtheit oder in gezielt auswählbaren Zonen der äußeren Oberfläche des Walzenmantels; (siehe z.B. FR-A-2 673 076).

**[0002]** Thermowalzen der betrachteten Art bestehen aus einem Stahlzylinder, der an stirnseitigen Achsflanschen drehbar gelagert ist. Bei der induktiven Heizung dieser Walzen wird die Wärme unmittelbar im Mantel des Hohlzylinders mit Hilfe eines magnetischen Wechselfeldes erzeugt, wozu der Mantel aus einem Material besteht, welches sowohl elektrisch als auch magnetisch hinreichend leitfähig ist.

**[0003]** Es ist eine Vielzahl von induktiven Heizanordnungen für Thermowalzen dieser Art bekannt, welche unterschiedlich aufgebaute Induktionsspulen oder Induktionsschleifen für die Erzeugung des magnetischen Wechselfeldes im Walzenmantel benutzen. Sie unterscheiden sich im wesentlichen durch die Lage und die Richtung der Durchflutungsachse der Induktionsspulen oder Induktionsschleifen im Bezug auf den Walzenmantel bzw. durch die Richtung des magnetischen Flusses und des induzierten Wirbelstroms im Walzenmantel.

**[0004]** So ist nach DE 19 53 20 44 eine Induktionswalze bekannt, welche hauptsächlich eine Induktionsspule auf einem Eisenkern im Innern des Walzenmantels aufweist, deren Durchflutungsachse mit der Walzenachse zusammenfällt. Der magnetische Kreis, in welchem sich der magnetische Fluß ausbildet, besteht im wesentlichen aus dem Eisenkern der Induktionsspule und dem ferromagnetischen Walzenmantel sowie dem nicht ferromagnetischen Zwischenraum zwischen Eisenkern und Walzenmantel, der den sogenannten Luftspalt des Magnetkreises bildet.

Der von der Induktionsspule erzeugte magnetische Fluß verläßt deren Eisenkern, in dem er sich im Luftspalt auffächert und von dort radial in den Walzenmantel eintritt, wo er in axialer Richtung gebündelt wird, um sich nach Überschreiten der axialen Mitte der Induktionsspule erneut in den Luftspalt aufzufächern und von dort von der anderen Seite wieder in den Eisenkern einzutreten. Die durch den Wechselfluß im Walzenmantel hervorgerufenen Wirbelströme fließen in Umfangsrichtung auf zur Walzenachse konzentrischen Bahnen. Die Wirbelstromdichte und mit ihr die Wärmequellendichte ist daher in Umfangsrichtung konstant. In axialer Richtung ändern sich beide Größen jedoch entsprechend der Änderung des Wechselflusses im Walzenmantel infolge dessen Bündelung aus - bzw. Auffächerung in den Luftspalt. Aus diesem Grunde nehmen Wirbelstrom- und Wärmequellendichte im Walzenmantel von der Stelle, welche sich radial über der axialen Mitte der Induktions-

spule befindet, zu seinen Enden hin ab.

Um dennoch die gewünschte, gleichmäßige Temperaturverteilung in axialer Richtung auf der Walzenoberfläche zu erreichen, sind gemäß der bekannten Anordnung geschlossene Wärmerohre in axialen Bohrungen des Walzenmantels vorgesehen. Die Wärmerohre enthalten ein in der Nähe der Betriebstemperatur siedendes Wärmeträgermedium, welches auf dem Wege der Verdampfung, Konvektion und Kondensation einen Wärme- und Temperatenausgleich zwischen der Mitte und den Enden des Walzenmantels bewirkt.

Die Herstellung solcher axialer Bohrungen in dem Walzenmantel ist fertigungstechnisch sehr aufwendig. Außerdem kann damit ein Temperatenausgleich bis in den Bereich der Achsflansche hinein nicht erreicht werden. Aus diesem Grunde sind bei der bekannten Induktionsheizwalze zusätzliche Hilfsinduktionsspulen im Bereich der Achsflansche vorgesehen. Der von den Hilfsinduktionsspulen erzeugte Fluß tritt in die Achsflansche ein und führt dort zu der für einen vollständigen Temperatenausgleich erforderlichen zusätzlichen Erwärmung. Durch Einspeisung einer entsprechend höheren Heizleistung in die Wicklungen der Hilfsinduktionsspulen soll darüber hinaus ein Abfluß von Wärme in die nicht beheizten Bereiche des Achsflansches und in das Walzengestell während des Aufheizvorgangs unterbunden und damit die notwendige Zeit für das Aufheizen der Walze bis zum Erreichen der Betriebstemperatur verkürzt werden.

**[0005]** Ein wesentlicher Nachteil der bekannten Anordnung besteht darin, daß sie die Ausbildung von axialen Zonen steuerbarer Heizleistung auf der Thermowalze, insbesondere in den Randbereichen des Walzenballs, nicht zuläßt. Dadurch ist die Walze in ihrer Verwendbarkeit auf eine bestimmte Breite der zu bearbeitenden Warenbahnen und damit auf ein sehr enges Produktsortiment eingeschränkt. Das hat zur Folge, das eine geringe Maschinenauslastung auftreten kann, was auf eine niedrige Kapitalrendite hinausläuft.

**[0006]** Zur Erzielung einer gleichmäßigen Fluß-, Wirbelstrom- und Wärmequellendichte in axialer Richtung und zur Ausbildung von axialen Zonen steuerbarer Heizleistung ist es bekannt mehrere Induktionsspulen axial nebeneinander anzuordnen.

Nach der DE 19538261 ist jede der axial nebeneinander angeordneten Induktionsspulen in einem Eisenkern mit u-förmigem Längsschnitt eingebettet und besitzt eigene Anschlüsse.

**[0007]** Die u-förmigen Eisenkerne bilden mit den Enden ihrer flanschförmigen Schenkel einen definierten Luftspalt zur Innenfläche des Walzenmantels.

**[0008]** Diese von den Eisenkernen und dem Walzenmantel gebildeten Magnetkreise lassen aufgrund ihrer Anordnung bei zweckmäßiger Dimensionierung eine Bündelung bzw. Auffächerung des Flusses aus dem bzw. in den Luftspalt nicht zu, so daß mit Ausnahme der Grenzzonen zwischen den einzelnen Magnetkreisen eine annähernd konstante Fluß-, Wirbelstrom- und Wär-

mequellendichte längs der Walzenoberfläche in axialer Richtung erreicht werden kann.

**[0009]** Eine solche Art der Erzeugung des magnetischen Flusses ist sehr energieaufwendig. Bei Anordnung von  $n$  Induktionsspulen längs des Walzenmantels beträgt der magnetische Widerstand eines Magnetkreises wegen der kleineren Luftspaltbreite etwa das  $n$ -fache und damit die notwendige Erregerleistung mindestens das  $n^2$ -fache, die gesamte Erregerleistung also mehr als das  $n^3$ -fache einer vergleichbaren Walze mit nur einer Feldspule.

Die Erregerleistung wird in der Induktionsspule vollständig in Wärme umgesetzt.

**[0010]** Um eine zu hohe Erwärmung der Induktionsspulen zu vermeiden, ist z.B. in der EP 0511549 für eine vergleichbare induktiv beheizbare Walze ein Kühlrohr vorgesehen, welches die in den Induktionsspulen erzeugte Wärme abführt. Diese geht der Walzenheizung verloren, was eine erhebliche Verminderung des thermischen Wirkungsgrads zur Folge hat.

**[0011]** Ein weiterer Nachteil dieser Anordnung besteht in der Notwendigkeit, die einzelnen Induktionsspulen bezüglich ihrer Heizleistung jede für sich getrennt zu überwachen und zu steuern, was zu einer sehr aufwendigen, aus mehreren unabhängigen Schaltkreisen bestehenden Stromversorgung führt.

**[0012]** Abgesehen davon, daß dadurch zusätzliche Energieverluste hervorgerufen werden, ist eine solche Stromversorgungsanlage teurer und naturgemäß stör anfälliger und bedarf daher einer laufenden Betriebsüberwachung.

**[0013]** Besonders niedrige Energieverluste und ein hoher thermischer Wirkungsgrad der induktiven Heizung sind mit einer Lösung nach der DE 3416353 erreichbar. Diese Lösung beinhaltet einen den Walzenmantel an einer Umfangsstelle innen und außen vollständig umschließenden ferromagnetischen Kern, der auf seinem äußeren Schenkel mit einer Feldwicklung versehen ist.

Da der damit gebildete Magnetkreis keinen Luftspalt aufweist, ist die für die Erzeugung des magnetischen Flusses erforderliche Erregerleistung sehr gering. Die Gleichmäßigkeit der Wirbelstrom- und Wärmequellendichte in axialer Richtung ist wegen einer kaum vorhandenen Auffächerung des Flusses in dem Raum zwischen den parallelen ferromagnetischen Schenkeln des Kerns recht gut.

Diese Lösung läßt allerdings eine Ausbildung axialer Heizzonen nicht zu. Außerdem ist ein üblicher coaxialer Antrieb nicht möglich, da der Eisenkern den Walzenmantel an seinen Stirnseiten teilweise abdeckt.

**[0014]** Weiterhin sind induktive Heizungsanordnungen für Walzen bekannt, die einen feststehenden Induktor im Inneren der Walze besitzen. So ist z.B. in der DE OS 3033482 eine induktive Heizung mit einem solchen Induktor beschrieben, der aus mehreren, am Umfang sternförmig angeordneten, sektionsweise axial benachbarten Polen auf einem axial durchgehenden Träger be-

steht. Jeder Pol in jeder Sektion ist mit jeweils einer Induktionswicklung versehen, so daß alle Pole des Induktors elektromagnetisch aktiv bzw. aktivierbar sind. Die Durchflutungsachsen der Induktionsspulen sind radial gerichtet, wobei sich der Luftspalt des Magnetkreises zwischen den Enden der Pole und der Innenfläche des Walzenmantels befindet.

**[0015]** Der Walzenmantel bildet das Rückschlußjoch des Magnetkreises zwischen den Polkernen von am Umfang benachbarten Induktionsspulen radial entgegengesetzter Durchflutungsrichtung. Dabei wird im Walzenmantel ein Magnetfeld in Umfangsrichtung erzeugt, welches die Walzenachse zwischen Polen entgegengesetzter Durchflutungsrichtung in Kreissegmente alternierender Flußrichtung umgibt.

Der von dem Magnetfeld induzierte Wirbelstrom fließt im wesentlichen in einer dünnen Schicht an der Innen- und Außenfläche des Walzenmantels in jeweils entgegengesetzter axialer Richtung, so daß sich ein langgestreckter Strompfad in Form eines Toroids oder mehrerer Toroidsegmente mit annähernd rechteckigem Querschnitt ausbildet, dessen gemeinsame Achse mit der Walzenachse zusammenfällt.

**[0016]** Bei dieser Lösung befinden sich die Wärmequellen im wesentlichen an der Innen- und Außenfläche des Walzenmantels. Ihre Verteilungen in axialer Richtung, insbesondere die zonenweise Heizung läßt sich durch entsprechende Erregung der Induktionsspulen axial benachbarter Sektionen leicht steuern. Desgleichen ist auch eine Steuerung der Wärmequellenverteilung und entsprechende zonenweise Heizung in Umfangsrichtung durch entsprechend abgestufte Erregung der am Umfang benachbarten Induktionsspulen des Polsterns und/oder durch entsprechende Abstufung der Luftspalte zwischen den Enden der Polkerne und der Innenfläche des Walzenmantels längs des Walzenumfangs möglich.

**[0017]** Ein Nachteil dieser und ähnlicher bekannter Anordnungen ist der hohe Material- und Fertigungsaufwand für die Herstellung des Induktors, insbesondere der Induktionsspulen, und der aus ihrem großen Wicklungsvolumen resultierende hohe Energieaufwand für die Erzeugung des magnetischen Feldes, welcher der Heizung der Walzenoberfläche verlorenggeht.

**[0018]** Auch die an der Innenfläche des Walzenmantels befindlichen Wärmequellen stehen der Heizung der äußeren Walzenoberfläche und der Wärmeübertragung auf die Warenbahn nur teilweise und mit zeitlicher Verzögerung zur Verfügung.

Schließlich läßt sich der Wärmeabfluß zu den Achsflanschen und tragenden Wellenenden nicht hinreichend wirksam unterdrücken, da der in dem Achsflansch vorhandene Raum in der Regel nicht ausreicht, um einen Induktorpolstern mit der für die thermische Kompensation notwendigen Heizleistung aufzunehmen.

**[0019]** Als eine mögliche Lösung dieses Problems ist aus der DE OS 4410675 eine Anordnung bekannt, welche in einem Hohlraum des Achsflansches der Walze

eine zu- und abschaltbare Widerstandsheizung besitzt.

**[0020]** Zur Erzeugung eines sich zumindest kreisbogenförmig in Umfangsrichtung ausbildenden Magnetfeldes im Walzenmantel sind auch Anordnungen bekannt, bei denen sich die Induktorspulen am äußeren Umfang der Walze befinden.

Eine solche Lösung ist z.B. der DE 3340683 zu entnehmen. Die Anordnung besteht aus u-förmigen Polschuhvorrichtungen, deren Magnetschenkel mit ihren Enden der äußeren Mantelfläche der Walze in einem bestimmten Abstand gegenüberstehen, welcher den nicht ferromagnetischen Luftspalt eines Magnetkreises bildet, in dem der Walzenmantel das Rückschlußjoch bildet. Jede Polschuhvorrichtung besitzt eine Induktionsspule. Mehrere Polschuhvorrichtungen sind axial unmittelbar nebeneinander angeordnet und bilden eine die Walze von außen über ihre gesamte zu beheizende Walzenlänge abdeckende Polschuhreihe.

**[0021]** Mehrere solcher Polschuhreihen können in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnet sein, wobei die Magnetschenkel benachbarter Reihen axial gegeneinander versetzt sind.

**[0022]** Die Nachteile der analogen Anordnungen mit einem im Inneren der Walze angeordneten Induktor werden damit jedoch nicht behoben. Lediglich die Kompensation des Wärmeabflusses an den Enden der Walze ist mit einem außen liegenden Induktor besser zu erreichen, da sich mit diesem der Flanschbereich leichter induktiv wirksam abdecken läßt.

**[0023]** Eine Verringerung des fertigungstechnischen und steuerungstechnischen Aufwandes sowie des damit verbundenen Material- und Energieaufwandes für die Einstellung und Aufrechterhaltung einer definierten axialen Verteilung der Wirbelstrom- und Wärmequellendichte soll mit einer weiteren bekannten Anordnung dieser Art gemäß DE OS 4011825 erreicht werden. Bei der hier beschriebenen Lösung ist der Induktor eine radial über der Walzenoberfläche angeordnete Leiterschleife, deren stromdurchflossene Länge sich durch leitende, axial verschiebbare Kontaktbrücken zwischen ihren Schenkeln einstellen läßt.

**[0024]** Der Nachteil dieser Anordnung besteht darin, daß ein äußerer Magnetleiter fehlt, welcher für eine hinreichend enge induktive Ankopplung der Leiterschleife an den Magnetmantel erforderlich ist. Es entsteht daher nur eine schmale Heizzone in unmittelbarer Umgebung der Leiterschleife dergestalt, daß ihre Schenkel lediglich einen "Heizschatten" auf die Walzenoberfläche werfen.

**[0025]** Den gleichen Mangel weist eine analoge in der EP 067 99 61 bekanntgemachte, induktive Heizungsanordnung für Walzen auf, die ebenfalls aus schleifenförmigen Leitern über der äußeren Walzenoberfläche aufgebaut ist. Mehrere Leiterschleifen bilden eine Leiterschleifenspirale ab und sind in einer aus einem magnetisch nicht leitenden, elektrisch isolierenden Material bestehenden, über der Walze feststehenden Hülle eingebettet. Abgesehen davon, daß infolge des fehlenden magnetischen Rückleiters eine nur schwache induktive

Ankopplung der Leiterschleifen an den Walzenmantel besteht, nimmt die Durchflutung vom Zentrum der Leiterschleifenspule zu ihren Rändern hin stark ab, so daß weder in Umfangs- noch in axialer Richtung eine konstante Flußdichte- und Wirbelstrom- bzw. Wärmequellendichteverteilung erreicht werden kann.

**[0026]** Die Erfindung verfolgt das Ziel, die erkannten Mängel der bekannten induktiven Heizungsanordnungen für Thermowalzen zu beheben.

**[0027]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Induktionsheizung für eine Thermowalze zu schaffen, mit der bei geringem steuer- bzw. regeltechnischen Aufwand und geringen Energieverlusten in kurzer Zeit über einzelne an der Walzenoberfläche ansteuerbare Heizzonen eine vorgegebene Temperaturverteilung über die axiale Länge auf der Walzenoberfläche und in den Achsflanschen hergestellt sowie im laufenden Betrieb eingestellt und aufrechterhalten bzw. prozeßgerecht nachgeführt werden kann, ohne daß hierfür einzelne, voneinander getrennte, axial nebeneinander angeordnete Induktorspulen erforderlich sind.

**[0028]** Gemäß der Erfindung nach Anspruch 1 wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Walze aus einem an seinen Enden mit Achsflanschen versehenen, drehbar gelagerten Hohlzylinder besteht, an dessen innerer Mantelfläche in einem bestimmten radialen Abstand, der vorzugsweise mindestens gleich der maximalen Durchbiegung des Walzenzylinders in Betrieb ist, ein aus einem oder mehreren axial parallel angeordneten, gestreckten, stab- oder schalenförmigen Leitern bestehender feststehender, an seinen Enden in axialen Bohrungen der Achsflansche der Walze an eigenen Achsflanschen gelagerter Induktor vorgesehen ist, welcher von einem ein- oder mehrphasigen Wechselstrom durchflossen ist, wobei sich die Leiter des Induktors in einem Stück oder in magnetisch lückenlos aneinandergereihten Abschnitten über die ganze Ballenbreite der Walze erstrecken und an ihren Enden in den Achsflanschen des Induktors befestigt und mechanisch und elektrisch voneinander distanziert oder miteinander verbunden sind.

**[0029]** Bei Speisung des Induktors mit einem einphasigen Wechselstrom sind alle Leiter in der gleichen Richtung vom Strom durchflossen, wobei sich die Anschlüsse des Induktors an die Stromquelle an jeweils gegenüberliegenden Enden der Walze befinden.

**[0030]** Zur Einstellung der beheizten Ballenbreite der Walze auf die Breite der zu bearbeitenden Warenbahn wird der Induktor nur auf dem entsprechenden axialen Abschnitt vom Strom durchflossen, d.h. der Strom wird an den Enden dieses Abschnitts in den Induktor eingespeist. Hierzu sind Schleifkontakte vorgesehen, die an einem Kontaktträger befestigt und gegen eine Kontaktbahn an der inneren Mantelfläche des Induktors und an eine in der Walzenachse oder deren Nähe angeordnete Stromschiene gedrückt sind.

Die Kontaktträger sind symmetrisch zur axialen Mitte des Walzenballens angeordnet und auf je einer Spindel-

mutter befestigt, welche eine jeweils zur Spindelmutter der gegenüberliegenden Walzenseite entgegengesetzte Steigung gleicher Höhe besitzt. In der Achse der Walze ist eine zweiteilige Spindel angeordnet, die symmetrisch zur axialen Walzenmitte ebenfalls entgegengesetzte Steigungen gleicher Höhe besitzt. Durch Drehen der Spindel werden die Kontaktträger auf den Spindelmuttern symmetrisch zur axialen Walzenmitte zu dieser hin oder von ihr wegbewegt, wodurch die beheizte Ballenbreite der Walze entsprechend ab- bzw. zunimmt.

Die Stromschiene ist in der axialen Walzenmitte in zwei gegeneinander elektrisch isolierte Teile getrennt. Der Strom wird an einem Walzenende in die Stromschiene, welche durch eine Zentralbohrung im Achsflansch des Induktors in den Induktorinnenraum geführt ist, eingespeist. Dort wird der Strom in der Stromschiene dem am Fuß des Kontaktträgers angebrachten Schleifkontakt zugeführt, gelangt über eine Kontaktbrücke an die am Kopf des Kontaktträgers befindlichen Schleifkontakte, tritt in die Kontaktbahnen des Induktormantels ein, durchströmt den Induktormantel in axialer Richtung und verläßt ihn dann in umgekehrter Reihenfolge auf dem gleichen Weg zum anderen Walzenende hin.

Durch entsprechende Anordnung von Schleifkontakten am Kopf der Kontaktträger und die Aufteilung des Induktormantels in gegeneinander isolierte Kontaktbahnen lassen sich auch am Umfang der Walze Heizzonen unterschiedlicher Breite und Lage abgrenzen. Zur Variation der Breite einer Heizzone muß die Anzahl der Schleifkontakte am Kopf der Kontaktträger verändert werden. Zur Einstellung der Lage der Heizzone am Umfang genügt die Verdrehung der Kontaktträger auf der Spindel.

**[0031]** Durch den erfindungsgemäßen Aufbau des Induktors und seine Anordnung im Innenraum der Walze wird ein magnetisches Feld in dem Walzenmantel erzeugt, dessen Richtung im wesentlichen peripher ist, wobei der Walzenmantel im Grunde den Kern des Magnetkreises darstellt. Bei einphasiger Speisung des Induktors tritt der magnetische Fluß - abgesehen vom Streufluß - an keiner Stelle aus dem Walzenmantel aus. Hieraus resultiert ein sehr niedriger magnetischer Widerstand des Magnetkreises und eine entsprechend niedrige Blindleistung für die Erzeugung des Magnetfeldes. Der Wirbelstrompfad bildet sich im Walzenmantel in Form eines in axialer Richtung langgestreckten Toroids mit annähernd rechteckigem Querschnitt aus. Dabei fließt der Wirbelstrom in einer dünnen Schicht mit konstantem effektiven elektrischen Leiterquerschnitt an der Innen- und Außenfläche des Walzenmantels in jeweils entgegengesetzter Richtung auf einer axialen Wegstrecke, welche der stromdurchflossenen Strecke der Stromleiter des Induktors entspricht.

**[0032]** Um zu verhindern, daß auch das magnetische Feld der stromführenden Abschnitte der Stromschiene außerhalb der axialen Heizzonen in den Walzenmantel und die Achsflansche eindringt, ist die Stromschiene durchgängig magnetisch abgeschirmt. Die Ab-

schirmung besteht aus einem ferromagnetischen Mantel, der zur Begrenzung der Induktion einen Luftspalt besitzt und zur Unterdrückung des magnetischen Streufeldes an seinem Umfang mit einer Schicht aus elektrisch gut leitendem Material abgedeckt ist.

Sollen bei der Aufheizung der Walze die Ränder der Walze, insbesondere die Achsflansche, vorübergehend beheizt werden, so kann dem erfindungsgemäß durch Aufbau der magnetischen Abschirmung aus zwei ineinander verdrehbaren Schalen Rechnung getragen werden. Durch Verdrehen der Schalen kann die Abschirmung teilweise geöffnet und damit eine für die Zusatzheizung hinreichende induktive Kopplung zu den Achsflanschen erreicht werden.

**[0033]** Erfolgt die Speisung mit einem mehrphasigen Wechselstrom, so sind am Umfang benachbarte Leiter an einem Ende des Induktors jeweils phasenweise zu in sich geschlossenen Gruppen elektrisch miteinander verbunden. Die so gebildeten Phasengruppen sind gegeneinander elektrisch isoliert und an dem einen Ende des Induktors mit getrennten Anschlüssen zur Stromquelle versehen, wohingegen am anderen Ende des Induktors alle Leiter miteinander elektrisch leitend verbunden sind.

**[0034]** Sofern eine Anpassung an eine Stromversorgung erforderlich ist, können die Leiter des Induktors aus mehreren, gegeneinander isolierten Teilleitern bestehen, wobei Teilleiter zweier elektrisch um 180°C versetzter Phasengruppen in einer ein- oder mehrphasigen Schleife in Reihe geschaltet sind, so daß eine Induktorspule mit der gewünschten Windungszahl entsteht.

**[0035]** Im Unterschied zu der einphasigen Anordnung besteht der Wirbelstrompfad bei der zweiphasigen Anordnung aus zwei Toroidsegmenten, die im gegenläufigen Sinne durchflossen werden. Dabei bildet jede Phasengruppe ihren eigenen Magnetkreis aus. Der Fluß tritt an der Grenze zwischen zwei benachbarten Phasengruppen aus dem Walzenmantel ins Walzeninnere aus und an der gegenüberliegenden bzw. am Umfang nächstliegender Phasengrenze wieder in den Walzenmantel ein. Dabei nimmt er seinen Weg entlang den Durchflutungsachsen, die sich jeweils zwischen den am Walzenumfang liegenden Grenzen zweier Phasengruppen und der Walzenachse erstrecken. Hier ist ein Querjoch als Bestandteil des Induktors angeordnet, welches aus ferromagnetischem Material besteht und einen vernachlässigbaren magnetischen Widerstand darstellt. Der magnetische Widerstand in der Durchflutungsachse wird damit im wesentlichen durch den magnetisch wirksamen, nicht ferromagnetischen "Luftspalt" zwischen den Enden des Querjochs und der inneren Mantelfläche der Walze bestimmt.

**[0036]** Das Querjoch erstreckt sich in axialer Richtung über die ganze Länge des Induktors und ist in mehrere axiale Abschnitte unterteilt, die sich unabhängig voneinander um mindestens  $\varphi/2$  aus der Durchflutungsachse verdrehen lassen, wobei  $\varphi$  der elektrische Winkel zwi-

schen den Phasenströmen ist.

**[0037]** Dazu ist jeder Querjochabschnitt vorteilhaft mit seinen Enden an der inneren Mantelfläche des Induktors und mit seiner Drehachse in einer axialen Bohrung des Achsflansches des Induktors gelagert, wobei die Drehachsen der Querjochabschnitte aus dem Achsflansch der Walze soweit herausragen, daß sie von außen zugänglich sind. Jedes der Querjochabschnitte ist mit seiner Drehachse starr verbunden. Die Drehachsen sind ineinander gesteckte und gegeneinander drehbar gelagerte Hohlwellen, von denen jede für sich an einem Ende von außen zugänglich ist und an ihrem anderen Ende mit jeweils einem der Querjochabschnitte verbunden ist.

**[0038]** Für eine Einstellung des Drehwinkels der Querjochabschnitte sind die Hohlwellen an ihren freien Enden vorzugsweise über ein automatisches Schaltgetriebe mit einem Stellmotor verbunden.

**[0039]** Die Phasengruppen des Induktors erstrecken sich im allgemeinen über unterschiedliche Umfangsbereiche des Walzenmantels, wobei über der Phasengruppe mit der jeweils kleineren Erstreckung am Walzenumfang in der Regel die größere Wärmequellendichte auf der Walzenoberfläche hervorgerufen werden soll.

Um auf diese Weise eine deutliche Abgrenzung von Heizzonen am Walzenumfang zu erreichen, muß der magnetisch wirksame Luftspalt zwischen den Enden des Querjochs und der inneren Mantelfläche des Walzenmantels so klein wie möglich gehalten werden. Dies bedeutet, daß die radiale Höhe der Leiter des Induktors möglichst gering sein muß.

**[0040]** Dem kann erfindungsgemäß dadurch Rechnung getragen werden, daß die Leiter des Induktors die Form von Zylinderschalen besitzen. Diese Leiterschalen können an ihrer Innenfläche mit einem dünnen, elektrisch isolierenden Kunststoffbelag mit selbstschmierenden Eigenschaften, z.B. Teflon, versehen sein, auf dem die gleichermaßen mit einem solchen Kunststoff beschichteten Enden der Querjochabschnitte gleitfähig gelagert sind.

**[0041]** Eine weitere Verringerung des magnetischen Luftspalts kann erreicht werden, wenn der Induktor mit dem Walzenmantel starr verbunden ist. Der notwendige Abstand zwischen der äußeren Mantelfläche des Induktors und der inneren Mantelfläche der Walze wird in diesem Fall nicht mehr durch die maximale Durchbiegung der Walze, sondern nur noch durch die erforderliche elektrische Isolation zwischen Walze und Induktor bestimmt.

Da sich nun der Induktor zusammen mit der Walze dreht, sind zur Aufrechterhaltung einer ortsfesten Durchflutungsachse die einzelnen Leiter des Induktors nach Art einer Gleichstromkommutatorwicklung schleifen- oder wellenförmig in Reihe geschaltet und an einem Ende des Induktors einzeln an die Lamellen eines Kollektors geführt, über den die elektrische Verbindung zur Stromquelle hergestellt ist.

**[0042]** Wird das Querjoch aus seiner Brückenstellung zwischen den Phasengrenzen herausgedreht, so nimmt der magnetische Widerstand der Magnetkreise sehr stark zu. Entsprechend stark nimmt der magnetische Fluß und mit ihm auch die induzierte Heizleistung im Walzenmantel ab.

Bei einem Induktor mit einer symmetrischen, zweiphasigen Leiteranordnung liegen sich die Phasengrenzen am Walzenumfang diametral gegenüber. Wird das Querjoch mit seiner Längsachse um 90° jeweils in die Mitte der Phasengruppen gedreht, so heben sich bezogen auf das Querjoch die Durchflutungen des Induktors auf, sodaß über das Querjoch kein Fluß angetrieben wird. Außer dem vergleichsweise geringen Streufluß ist dann kein magnetischer Fluß im Walzenmantel vorhanden, so daß praktisch keine oder eine nur sehr geringe Heizleistung erzeugt wird.

Durch Drehung des Querjochs kann so die resultierende Durchflutung der Magnetkreise und mit ihr der Magnetfluß und die im Walzenmantel erzeugte Heizleistung von ihrem Höchstwert stufenlos bis auf nahe Null reduziert werden, ohne daß hierfür irgendeine Veränderung im Stromkreis des Induktors vorgenommen werden muß.

Die Einstellung der Walzenheizung ist damit kontaktlos möglich; ein Verschleiß durch Kontaktabnutzung ist von vornherein ausgeschlossen und die durch die Steuerung bedingten Energieverluste sind vernachlässigbar gering.

**[0043]** Diese kontaktlose Einstellung der Heizleistung kann gleichmäßig über die gesamte Ballenbreite der Walze, aber auch abschnittsweise, z.B. an den Enden der Walzen vorgenommen werden, indem nur die an den entsprechenden Stellen befindlichen Querjochabschnitte gedreht werden.

**[0044]** Damit kann jede gewünschte Wärmequellen- bzw. Temperaturverteilung über der Ballenbreite der Walze hergestellt werden, ohne daß hierfür ein Maschinenstillstand erforderlich ist. Eine Optimierung der Temperaturverteilung kann somit im laufenden Prozeß anhand von kontinuierlich erfaßten Prozeß- und Produktdaten erfolgen.

**[0045]** Eine zonenweise Heizung am Walzenumfang wird erfindungsgemäß erreicht, indem die Phasengruppen so angeordnet werden, daß sie sich über unterschiedlich große Umfangsbereiche erstrecken.

Bei einem Induktor mit einer derartigen unsymmetrischen - zweiphasigen Leiteranordnung liegen sich dann die Grenzen zwischen den Phasengruppen nicht mehr diametral gegenüber; nur die Zentriwinkel der Phasengruppen ergänzen sich weiterhin zu 360°. Da in jeder der beiden Phasengruppen der gleiche Strom fließt, sind ihre Durchflutungen gleich. Dagegen verhalten sich die magnetischen Widerstände ihrer Magnetkreise proportional und ihre Flüsse umgekehrt proportional zu ihren Zentriwinkeln. Dies gilt allerdings nur, solange der magnetische Widerstand der Magnetkreise durch den Walzenmantel bestimmt wird und der in der gemeinsamen

Durchflutungsachse befindliche magnetische Widerstand der nicht ferromagnetischen Luftspalte zwischen Querjoch und Walzenmantel sowie des Querjochs selbst dagegen nicht maßgeblich in Erscheinung tritt.

Da aber die Permeabilität des Walzenmaterials gerade bei den relativ niedrigen magnetischen Feldstärken im Walzenmantel am höchsten ist, muß der Luftspalt extrem klein gemacht werden, um diese Bedingung zu erfüllen. Dem sind aber schon durch die notwendige Dicke der Leiter des Induktors Grenzen gesetzt, auch wenn diese zur Unterdrückung und zur Minimierung der Leitungsverluste von Wirbelströmen des Induktors in radialer Richtung schon so dünn wie möglich ausgeführt sind, was z.B. durch Verwendung schalenförmiger Leiter oder durch Leiter erreicht wird, die in radialer Richtung aus mehreren dünnen und voneinander isolierten, leitenden Schichten bestehen.

**[0046]** Um dennoch die vorgenannte Bedingung zu erfüllen, ist erfindungsgemäß die Möglichkeit vorgesehen, der Wechselstromdurchflutung des Induktors eine Gleichstromdurchflutung zu überlagern, mit Hilfe derer die magnetische Feldstärke im Walzenmantel in einen Bereich hinreichend niedriger Permeabilität der B-H Kurve des Mantelstahls verschoben ist, ohne daß dadurch die Permeabilität des magnetisch leitenden Materials des Querjochs maßgeblich verringert wird. Dies kann durch die Wahl eines geeigneten ferromagnetischen Materials und einen hinreichend großen magnetischen Leiterquerschnitt des Querjochs erreicht werden.

Die Einkopplung einer Gleichstromquelle in den Wechselstromkreis des Induktors erfolgt in bekannter Weise über einen Tiefpaß, z.B. eine Drossel.

Das Querjoch ist aus dünnen, isolierten Blechen aufgestapelt und z.B. mit einer Bandage aus GFK zusammengehalten, wobei die einzelnen Bleche in Flußrichtung liegend angeordnet sind. Dadurch werden Wirbelströme im Querjoch wirksam unterdrückt.

**[0047]** Die magnetischen Widerstände der Phasengruppen lassen sich erfindungsgemäß auch dadurch im gewünschten Verhältnis einstellen, daß die Überdeckung des Walzenmantels durch das Querjoch im Bereich der Phasengrenze und damit die Fläche des Luftspalts für die aneinandergrenzenden Phasengruppen unterschiedlich groß ist. Dies kann durch entsprechende Verschiebung der Achse des Querjochs aus der Durchflutungsachse erreicht werden. Stattdessen oder zusätzlich hierzu kann zur Einstellung des Verhältnisses der magnetischen Widerstände auch die Größe des Luftspalts für die beiden Phasengruppen verschieden sein, was durch eine entsprechend unsymmetrische Formgebung des Querjochs an seinen Enden in Gestalt von entsprechend ausgebildeten Polschuhen erreicht werden kann.

Soll die Phasengruppe mit dem kleineren Zentriwinkel die Zone höherer spezifischer Heizleistung darstellen, so erhält deren Magnetkreis den kleineren Luftspalt und die größere Luftspaltfläche dergestalt, daß der von der

Durchflutung dieser Phasengruppe über das Querjoch durch den Walzenmantel angetriebene magnetische Wechselfluß und die von ihm erzeugte Wärmequellendichte entsprechend höher als am übrigen Umfang der Walze ist. Durch Verdrehen des Induktors zusammen mit dem Querjoch gegen den Walzspalt kann diese Heizzone in jede gewünschte, prozeßtechnisch jeweils günstigste Lage gebracht werden.

Damit kann eine optimale Wärmeübertragung auf das Walzgut und gleichzeitig ein optimaler Energieeinsatz erreicht werden. Die Energieverluste, welche durch Konvektion und Wärmeabstrahlung auf dem größten, nicht mit dem Walzgut im Eingriff befindlichen Teil des Walzenumfangs entstehen, können mit der geringeren Heizleistung und der entsprechenden Absenkung der Oberflächentemperatur in diesem Umfangsbereich maßgeblich reduziert werden.

**[0048]** Die periphere magnetische Erregung des Walzenmantels ist infolge der gestreckten, axialen Leiteranordnung über der gesamten stromführenden Länge des Induktors zwangsläufig gleich groß. Dies gilt generell auch für den magnetischen Fluß sowie die Fluß- und Wärmequellendichte bei einphasiger Speisung des Induktors. Bei mehrphasiger Speisung ist dies mindestens über der Breite eines Querjochabschnitts und auch über der gesamten Ballenbreite der Fall, wenn alle Querjochabschnitte die gleiche Winkelstellung im Bezug auf die Durchflutungsachse haben. In diesem Fall findet der Übergang der Wirbelstrombahn zwischen Außen- und Innendurchmesser des Walzenmantels erst an den Enden des Induktors statt.

Besondere konstruktive Maßnahmen zur Steuerung des magnetischen Randfeldes und zur Vergleichmäßigung der axialen Temperaturverteilung, wie z.B. Wärmerohre in Bohrungen des Walzenmantels, sind daher prinzipiell nicht notwendig. Eine gezielte Steuerung des thermischen Randfeldes, insbesondere im Übergang zu nicht bzw. schwach beheizten Abschnitten des Ballens, ist durch entsprechende gegenseitige Verdrehung der Querjochs im Übergangsbereich möglich. In diesem Fall bilden sich radiale Auffächerungen der Wirbelstrombahnen an den Grenzen zwischen benachbarten Querjochen mit entsprechender Veränderung der Wirbelstromdichte in den Randschichten aus.

Die thermische Zeitkonstante der Walzenheizung an der äußeren Walzenoberfläche ist sehr niedrig, da sich die Wärmequellen nur in einer dünnen Randschicht des Walzenmantels befinden. Sowohl Wärmedurchgangswiderstand als auch Wärmekapazität sind daher für den Wärmestrom in Bezug auf den äußeren Walzenrand äußerst klein. Das gilt allerdings nur für die am äußeren Walzenrand befindlichen Wärmequellen. Die infolge des Skineffekts auch an der inneren Mantelfläche der Walze hervorgerufenen Wärmequellen verzögern den Erwärmungsvorgang. Außerdem fließt ein Teil des von hier ausgehenden Wärmestroms in den Induktorraum ab und geht daher der Walzenheizung verloren.

**[0049]** Erfindungsgemäß wird dieser unerwünschte

Effekt dadurch behoben, daß unmittelbar angrenzend an die innere Mantelfläche des Walzenzylinders eine Schicht aus einem Material mit einem im Vergleich zum Walzenstahl wesentlich geringeren spezifischen elektrischen Widerstand, z.B. Kupfer angebracht ist, wobei die Dicke dieser Schicht der Eindringtiefe des elektrischen Feldes entspricht. Damit wird erreicht, daß sich die auf die Walze induktiv übertragene Heizleistung im Verhältnis der spezifischen Widerstände auf die innere und äußere Mantelfläche der Walze aufteilen und damit die Wärme überwiegend an der äußeren Walzenoberfläche erzeugt wird.

**[0050]** Eine weitere, ganz wesentliche Beschleunigung des Erwärmungsvorgangs kann erreicht werden, wenn der Abfluß von Wärme aus den Randzonen des Walzenmantels in den Bereich der Achsflansche und in das Walzengestell unterbunden wird.

**[0051]** Zu diesem Zweck kann erfindungsgemäß eine zusätzliche induktive Erwärmung der Achsflansche über ihre ganze oder nahezu ganze Länge durch geeignete Anordnung der Ausleitungen bzw. Verbindungsleitungen des Induktors in dem ringförmigen Raum zwischen den Achsflanschen von Walze und Induktor herbeigeführt werden.

**[0052]** Bei einem zweiphasigen Induktor sind die beiden Ausleitungen um  $180^\circ$  am Umfang versetzt in Nuten des Achsflansches des Induktors angeordnet. In den koaxialen Ringraum zwischen den beiden Achsflanschen sind zwei um  $180^\circ$  am Umfang versetzte Polbrücken eingesetzt, welche die magnetisch leitende Verbindung zwischen den magnetischen Polen der Achsflansche von Walze und Induktor herstellen. Bilden also die Verbindungslinien der Polbrücken mit den Verbindungslinien der Stromleiter einen Winkel von  $90^\circ$ , so ist die Zusatzheizung eingeschaltet; beträgt der Winkel  $0^\circ$ , so ist sie weitgehend ausgeschaltet.

**[0053]** Um in dieser Winkelstellung eine möglichst vollkommene induktive Entkopplung zu erreichen, sind in den Achsflansch des Induktors außen Platten aus elektrisch möglichst gut leitendem Material eingelassen, welche den Ringraum in den Umfangsbereichen zwischen den Leitern und Polen elektromagnetisch abschirmen. Ein besonders gutes Schaltverhältnis wird erreicht, wenn die Polbrücken den Ringraum ohne Luftspalt überbrücken d.h. mit beiden Enden die sich gegenüberliegenden Mantelflächen der Achsflansche von Walze und Induktor berühren. Zweckmäßig sind sie hierzu als Segmente in eine Lagerbuchse integriert.

**[0054]** Die Erfindung soll nachstehend an Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen schematischen Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch eine Thermowalze mit einem Induktor in einphasiger Ausführung.
- Fig. 2 einen Querschnitt I - I nach Fig. 1
- Fig. 3 einen Längsschnitt durch eine Thermowalze mit einem Induktor in zweiphasiger Ausführung

- Fig. 4 einen Querschnitt II - II nach Fig. 3
- Fig. 5 einen Querschnitt III - III nach Fig. 3
- Fig. 6 einen Querschnitt durch eine Thermowalze mit einem Induktor in zweiphasiger Ausführung und unsymmetrischer Anordnung der Phasengruppen analog Fig. 4 (beheizter Mittenabschnitt)
- Fig. 7 einen Querschnitt nach Fig. 6 jedoch mit einem um  $180^\circ$  verdrehtem Joch (nicht beheizte Randzone)
- Fig. 8 einen Querschnitt durch die Achsflansche der Thermowalze mit dem Induktor in zweiphasiger Ausführung in Koppelstellung der Polbrücken
- Fig. 9 einen Querschnitt nach Fig. 8 in Abschirmstellung der Polbrückenanordnung.

**[0055]** Die Induktionsheizung für eine Thermowalze 1 besteht aus einem Walzenmantel 2, Achsflanschen 3, 3', an denen die Thermowalze 1 drehbar gelagert ist, sowie dem Induktor 4, der mit Achsflanschen 7, 7' in axiale Bohrungen der Achsflansche 3, 3' der Thermowalze 1 eingesetzt ist.

**[0056]** Der Induktor 4 ist, wie Fig. 1 und 2 zeigen, im Inneren des Walzenmantels 2 angeordnet und besteht in der hier dargestellten einphasigen Ausführung aus einem inneren Stromleiter 5, der durch ein Isolierstück 5.3 in zwei elektrisch getrennte und mechanisch miteinander verbundene Leiterteilstücke 5.1 und 5.2 unterteilt ist, äußeren Stromleitern 6, Schleifkontakträgern 8, 8' mit innerem Schleifkontakt 8.1, 8.1' und äußerem Schleifkontakt 8.2, 8.2', den Spindelmutter 9.1, 9.2 und einer Spindel 10 sowie einer magnetischen Abschirmung 11 des inneren Stromleiters 5.

**[0057]** Die äußeren Stromleiter 6 der Induktorspule 4' können Rundoder Profilstäbe, aber auch Zylinderschalen sein und sind am inneren Umfang des Walzenmantels 2 gleichmäßig verteilt angeordnet und an ihren Enden in Achsflanschen 7, 7' des Induktors 4 befestigt. Der Anschluß der Stromleiter 6 an eine Stromquelle erfolgt von beiden Enden der Thermowalze 1 her über den inneren Stromleiter 5, die inneren Schleifkontakte 8.1, 8.1', die Schleifkontakträger 8, 8' und die äußeren Schleifkontakte 8.2, 8.2'. Die äußeren Stromleiter 6 sind in Umfangsrichtung über ihre gesamte Länge oder abschnittsweise miteinander elektrisch verbunden, so daß sich der Strom den äußeren Schleifkontakten 8.2, 8.2' auf die äußeren Stromleiter 6 peripher gleichmäßig verteilt. Zwischen den beiden Schleifkontakträgern 8, 8' fließt der Strom in den äußeren Stromleitern 6, und zwar am ganzen Umfang des Induktors in gleicher Richtung, wie in Fig. 1 und Fig. 2 durch Pfeile dargestellt ist. Dadurch wird in dem Walzenmantel 2 ein magnetischer Fluß erzeugt, welcher in Umfangsrichtung fließt, wie die Pfeile in Fig. 2 zeigen.

Durch den Fluß werden im Walzenmantel Wirbelströme induziert, welche auf den in Fig. 1 durch Pfeile dargestellten Strombahnen fließen. Die Länge der Wirbel-

strombahn und damit die beheizte Breite des Walzenmantels kann durch entsprechende Variation der stromdurchflossenen Länge des äußeren Stromleiters 6 eingestellt werden. Dies erfolgt durch Betätigung der Spindel 10, welche in dem rohrförmigen inneren Stromleiter 5 an ihren Enden drehbar gelagert und gegen den inneren Stromleiter 5 elektrisch isoliert ist. Die Isolierung kann z.B. in Form einer Gleitlagerbuchse aus Teflon erfolgen.

Die Spindel 10 besteht aus zwei gleich langen Teilstücken mit gleichgroßer, aber entgegengesetzter Gewindesteigung. Die auf den Teilstücken der Spindel 10 befindlichen Spindelmutter 9.1 und 9.2 besitzen ebenfalls zueinander entsprechend entgegengesetzte Gewindesteigungen gleicher Ganghöhe und sind auf der Spindel 10 symmetrisch zur axialen Walzenmitte angeordnet.

Wird die Spindel 10 gedreht, so bewegen sich je nach Drehrichtung die Spindelmutter 9.1, 9.2 zusammen mit den Schleifkontaktträgern 8, 8' auf jeweils gleich langen Wegstrecken, entweder aufeinander zu oder voneinander weg. Dabei nimmt die stromdurchflossene Strecke der äußeren Stromleiter 6 und damit die induktiv beheizte Breite des Walzenmantels 2 entsprechend ab oder zu.

**[0058]** Um eine Induktion von Wirbelströmen im Walzenmantel 2 außerhalb der durch die Schleifkontaktträger 8 begrenzten Strecke durch den im inneren Stromleiter 5 fließenden Strom zu unterbinden, ist der innere Stromleiter 5 mit einer magnetischen Abschirmung 11 versehen, welche aus den Schalen 11.1 und 11.2 besteht. Jede der beiden Schalen ist aus dünnen, gegeneinander isolierten ferromagnetischen Blechen zusammengesetzt und trägt an ihrer äußeren Oberfläche einen elektromagnetischen Schirm 12 aus elektrisch gut leitendem Material. Die magnetische Abschirmung 11 erstreckt sich über die gesamte Länge der Thermowalze 1, mindestens aber über die volle Länge des inneren Stromleiters 5 zwischen den Anschlüssen seiner Teilstücke 5.1 und 5.2 an die hier nicht dargestellte Stromquelle. Dadurch wird nicht nur in den Randbereichen des Walzenmantels 2, sondern auch in den Achsflanschen 3, 3' und 7, 7' eine Induktion von Wirbelströmen unterbunden.

**[0059]** In bestimmten Fällen, z.B. beim Aufheizen der Thermowalze 1, ist jedoch eine aktive Beeinflussung des Temperaturfeldes in diesen Bereichen erwünscht. Dem ist durch den Aufbau der magnetischen Abschirmung 11 erfindungsgemäß in der Weise Rechnung getragen, daß die beiden Schalen 11.1 und 11.2 unterschiedliche Durchmesser besitzen, so daß sie sich ineinander verdrehen lassen und damit den inneren Stromleiter 5 abhängig vom Drehwinkel teilweise freigeben. Damit kann die induktive Kopplung des inneren Stromleiters 5 an die Achsflansche 3, 3' bzw. die Randbereiche des Walzenmantels 2, also auch die dorthin induktiv übertragene Heizleistung, stufenlos von Null auf den jeweils benötigten Wert erhöht werden.

Zur Einstellung des Drehwinkels ist mindestens eine der

Schalen 11.1 oder 11.2 der magnetischen Abschirmung 11 auf mindestens einer Seite der Thermowalze 1 aus dem Induktor 4 soweit durch dessen Achsflansch 7 herausgeführt, daß sie von außen zugänglich ist.

**[0060]** Im Betrieb der Walze 1 ist der Induktor 4 einschließlich aller darin befindlichen Einbauten feststehend. Deshalb ist der Achsflansch 7 des Induktors 4 in den Achsflansch 3 der Thermowalze 1 drehbar gelagert eingesetzt und an seinen Enden am Walzengestell befestigt. Auch der innere, rohrförmige Stromleiter 5 ist mit den Enden seiner Teilstücke 5.1 und 5.2 am Maschinen- gestell abgestützt und fest mit der elektrischen Anlage der Stromquelle elektrisch verbunden. Er trägt an seinen Enden auf jeweils elektrisch isolierenden Lagern innen die Spindel 10 und außen die Schalen 11.1 und 11.2 der magnetischen Abschirmung 11. Die Lager der Schalen 11.1 und 11.2 haben verschiedene Außendurchmesser und sind axial versetzt angeordnet, so daß sie ein Ineinanderdrehen der Schalen 11.1 und 11.2 zulassen. Der Stromleiter 5 ist mit der Spindel 10 und der magnetischen Abschirmung 11 durch eine axiale Bohrung in den Achsflanschen 7 des Induktors 4 auf beiden Seiten von außen zugänglich aus dem Innenraum der Thermowalze 1 herausgeführt.

**[0061]** In den Fig. 3 und Fig. 4 ist eine induktive Heizungsanordnung mit einem Induktor 4 in symmetrischer zweiphasiger Ausführung dargestellt.

Die äußeren Stromleiter 13' und 14' der Induktorspule 4' sind in zwei gleich große Phasengruppen 13 und 14 aufgeteilt und durch Isolierstäbe 15 elektrisch getrennt.

**[0062]** Der elektrische Phasenwinkel beträgt 180°, d. h. der Strom fließt in der einen Phasengruppe von einem zum anderen Ende des Induktors 4 und in der anderen Phasengruppe wieder zurück. Die Stromzuleitungen 17 und 18 liegen an dem einen Ende des Induktors 4, während am anderen Induktorende die beiden Phasengruppen 13, 14 durch die Phasenbrücke 18 miteinander verbunden sind.

Die Stromleiter 13', 14' der beide Phasengruppen 13, 14 besitzen eine gemeinsame Durchflutungsachse 19, welche sich zwischen der Walzenachse und den peripheren Phasengrenzen erstreckt. In der Durchflutungsachse 19 ist symmetrisch das Querjoch 20 mit den Polschuhen 21 angeordnet.

Aufgrund des entgegengesetzten Drehsinns ihrer Durchflutungen bildet jede Phasengruppe 13, 14 ihren eigenen Magnetkreis 22 bzw. 23 aus. Der Walzenmantel 2 bildet dabei auf dem von der jeweiligen Phasengruppe 13 bzw. 14 überdeckten Abschnitt den Kern eines solchen Magnetkreises. Die beiden Kernhälften des Walzenmantels 2 stoßen mit ihren jeweils gleichnamigen Polen an den Phasengrenzen aneinander. Das Querjoch 20 bildet dabei die gemeinsame Brücke der beiden Magnetkreise zwischen den sich diametral gegenüberliegenden, entgegengesetzten Polen der beiden Kernhälften. Die Richtung der von den Phasengruppen 13 bzw. 14 erzeugten Flüsse sind in Fig. 4 durch Pfeile dargestellt.

**[0063]** Der magnetische Widerstand der Magnetkreise 22 bzw. 23 wird durch die Breite und die Oberfläche des Luftspalts 24 zwischen dem Querjoch 20 und der Innenfläche des Walzenmantels 2 bestimmt. Je schmaler der Luftspalt und je größer seine Oberfläche ist, desto geringer ist sein magnetischer Widerstand und desto größer der magnetische Fluß bei einer bestimmten Durchflutung bzw. Erregerleistung, d.h. je enger ist die induktive Kopplung zwischen Induktor 4 und Walzenmantel 2. Der Luftspalt ist daher zweckmäßig so schmal bemessen, wie es die radiale Dicke der äußeren Stromleiter 13', 14' und die Durchbiegung des Walzenmantels 2 zulassen.

**[0064]** Die Oberfläche des Luftspalts kann durch Ausdehnung der Breite der Polschuhe 21, 21' in Umfangsrichtung so weit vergrößert werden, wie es die geforderte Gleichmäßigkeit der peripheren Fluß- bzw. Wärmequellendichteverteilung im Walzenmantel 2 zuläßt. Andererseits kann durch entsprechende Formgebung und Ausdehnung der Polschuhe 21, 21' am Walzenumfang die periphere Flußdichte- und Wärmestromdichteverteilung in weiten Grenzen variiert werden.

**[0065]** Die induktive Kopplung zwischen dem Induktor 4 und dem Walzenmantel 2, d.h. die mit einem bestimmten Induktorstrom auf den Walzenmantel 2 übertragbare Heizleistung, kann von ihrem maximalen Wert auf praktisch Null reduziert werden, wenn das Querjoch 20 aus der Durchflutungsachse 19 um 90° gedreht wird. Das magnetische Feld in dieser Grenzstellung ist in Fig. 5 dargestellt. Die Durchflutungen der Phasengruppen 13 und 14 heben sich im Bezug auf das Querjoch 20 auf, so daß sich nur noch ein Streufluß ausbilden kann. Aufgrund seines im Vergleich zum Luftspalt 24 bedeutend größeren Wegs durch den nichtmagnetischen Raum im Inneren des Walzenmantels 2 ist der Streufluß bedeutend niedriger als der Fluß in Brückenstellung des Querjochs 20. Dies trifft wegen der quadratischen Abhängigkeit der Wärmequellen von der Flußdichte in noch höherem Maße für die induktiv übertragene Heizleistung zu. Bei konstantem Induktorstrom kann so die Heizleistung allein durch Drehung des Querjochs 20 in weiten Grenzen variiert werden.

**[0066]** Dies ergibt eine im Vergleich zu bekannten Anordnungen wesentlich vereinfachte Steuerung des Induktorstroms bei der Einstellung und Aufrechterhaltung der Temperaturverteilung auf der Oberfläche der Thermowalze 1. Es genügt, den Strom auf einem bestimmten Wert konstant zu halten. Die Oberflächentemperatur der Thermowalze 1 kann dann einfach mit dem Drehwinkel des Querjochs 20 geregelt werden.

**[0067]** Um dabei ein bestimmtes Temperaturprofil über der Ballenbreite der Thermowalze 1, insbesondere Heizzonen unterschiedlicher Breite, einstellen zu können, ist das Querjoch 20 axial in mehrere, gegeneinander verdrehbare Abschnitte 20', 20'', 20''' aufgeteilt, wie in Fig. 3 schematisch dargestellt ist.

Die beiden äußeren Querjoch 20' und 20''' befinden sich in der Grenzstellung minimaler induktiver Kopplung

zwischen Induktor 4 und Walzenmantel 2. Das mittlere Querjoch 20'' nimmt die Brückenstellung ein, stellt also die maximale induktive Kopplung her.

Aufgrund dieser Konstellation werden Wirbelströme nur in dem mittleren axialen Abschnitt des Walzenmantels 2 erzeugt. Die Wirbelstrombahnen und die Richtung der Wirbelströme sind durch die Pfeile dargestellt. Da der Strom in den Stromleitern 13' und 14' der Phasengruppen 13, 14' sich in der durch Pfeile gekennzeichneten Strömungsrichtung nicht ändern kann, ist die magnetische Flußdichte und damit auch die Wärmequellendichte in axialer Richtung zwangsläufig konstant, solange die induktive Kopplung zwischen Induktor 4 und Walzenmantel 2 konstant ist. Dies gilt über der axialen Länge des Querjochs 20, wie in Fig. 3 dargestellt ist.

Im Randbereich des mittleren Abschnittes 20'' des Querjochs 20 nimmt die Kopplung jedoch stark ab, so daß der in axialer Richtung fließende Strom auf Null abnimmt, indem er sich in radialer Richtung auffächert. Dadurch gehen die oberflächennahen Schichten der am inneren und äußeren Umfang des Walzenmantels 2 liegenden Wirbelstrompfade über den Enden des Querjochs 20 ineinander über. Das sich dabei ausbildende elektromagnetische und thermische Randfeld kann abhängig von der Dicke des Walzenmantels 2 erheblich über die axialen Enden des Querjochs 20 hinausgehen und sich insbesondere dann, wenn sich auch die äußeren Abschnitte 20', 20''' in Brückenstellung befinden, bis in den Bereich des Achsflansches 3 der Walze 1 erstrecken.

**[0068]** Die Querjoch 20 mit ihren Abschnitten 20', 20'', 20''' sitzen auf konzentrisch angeordneten, aufeinander drehbar gelagerten Hohlwellen 25, 25', 25'', wobei auf der einen Seite der Thermowalze 1 die innerste Hohlwelle 25' und auf der anderen Seite der Thermowalze 1 die äußerste Hohlwelle 25'' im Achsflansch 7 des Induktors 4 drehbar gelagert ist. Die Enden der Hohlwellen sind auf einer Seite der Thermowalze 1 durch die axiale Bohrung des Achsflansches 7 des Induktors 4 von außen zugänglich herausgeführt. Sie können dort mit einer Stalleinrichtung verbunden werden, die Bestandteil eines Temperaturreglers ist.

**[0069]** Die Querjoch 20 sind zur Entlastung der Hohlwellen 25 und zur Minimierung des Luftspalts direkt auf der inneren Mantelfläche des Induktors 4 d.h. an den Innenflächen der Stromleiter 13', 14' gelagert.

Hierzu ist die Oberfläche der Polschuhe 21 mit einer Isolierkappe 26 aus elektrisch isolierendem und temperaturbeständigem Material mit selbstschmierenden Eigenschaften, z. B. Teflon, überzogen.

**[0070]** In Fig. 6 und Fig. 7 ist gezeigt, wie die Thermowalze 1 erfindungsgemäß auch für periphere Zonenheizung ausgelegt werden kann.

Zur Konzentration der Heizleistung auf die periphere Heizzone 27 erstrecken sich die Phasengruppen 13 und 14 über unterschiedlich große Bereiche des Walzenumfangs, führen aber den gleichen Strom. Die Durchflutungen beider Phasengruppen 13, 14 sind somit gleich. Ih-

re Durchflutungsachsen 19 bilden die Kanten eines Kreisscheibensegments, das die periphere Heizzone 27 mit der Phasengruppe 13 einschließt.

In der Durchflutungsachse 19 ist das Querjoch 20.1 angeordnet. Durch entsprechende Gestaltung der Polschuhe 21, 21' und des Luftspalts 24 kann erreicht werden, daß der magnetische Widerstand des Magnetkreises der Phasengruppe 13 bedeutend niedriger als der magnetische Widerstand des Magnetkreises der Phasengruppe 14 ist, welcher schon auf Grund der größeren Weglänge einen größeren magnetischen Widerstand besitzt.

Dem Beispiel der Fig. 6 liegt die Annahme zugrunde, daß der magnetische Widerstand des Magnetkreises der Phasengruppe 13 mit den Stromleitern 13' ein Drittel des magnetischen Widerstands des Magnetkreises der Phasengruppe 14 mit den Stromleitern 14' beträgt. Infolgedessen ist der im Magnetkreis der Phasengruppe 13 durch die Durchflutung der Stromleiter 13' hervorgerufene Fluß dreimal größer als der im Magnetkreis der Phasengruppe 14 durch die gleichgroße Durchflutung der Stromleiter 14' hervorgerufene Fluß, was durch die Anzahl der Pfeile in Fig. 6 dargestellt ist. Da die Wärmequellendichte quadratisch von der Flußdichte abhängt, ist sie demnach in der Heizzone 27 neunmal höher als am übrigen Walzenumfang. Infolgedessen werden in der Heizzone 75 % der Heizleistung umgesetzt. Fig. 7 zeigt das Magnetfeld, welches sich bei unveränderter Durchflutung ausbildet, wenn das Querjoch 20.1 um 180° aus der Heizzone gedreht ist. Bezogen auf das Querjoch 20.1 heben sich die Phasendurchflutungen teilweise auf, wobei die Durchflutungsachsen und die entsprechenden Magnetkreise in diesem Fall durch das Querjoch 20.1 eingepreßt werden. Im vorliegenden Beispiel der Fig. 7 beträgt die resultierende Durchflutung der beiden Magnetkreise ein Viertel der Phasendurchflutung.

Geht man von den gleichen Annahmen bezüglich des magnetischen Widerstands der Magnetkreise aus, so beträgt der Fluß in dem durch die Schenkel des Querjochs 20.1 eingeschlossenen, inneren Magnetkreis 28 wiederum das Dreifache des Flusses in dem äußeren Magnetkreis 29. Das ist, bezogen auf die maximale Flußdichte in der Heizzone 27 nach Fig. 6, aufgrund der geringeren Durchflutung aber nur ein Viertel.

Dies bedeutet, daß die maximale Wärmequellendichte in der Stellung des Querjochs 20.1 gemäß Fig. 7 nur ein Sechszehntel im Vergleich zu der maximalen Wärmequellendichte in der Stellung des Querjochs 20.1 gemäß Fig. 6 beträgt.

**[0071]** Daraus folgt eine insgesamt übertragene Heizleistung von 9 % im Vergleich zur vollen induktiven Kopplung in Fig. 6.

Die Stromanschlußleitungen 17 und 18 zu den Stromleitern 13' und 14' der Induktorspule 4' sind in Nuten des Achsflansches 7 des Induktors 4 angeordnet. Die in den Stromanschlußleitungen 17, 18 fließenden Phasenströme rufen mit ihren Durchflutungen in den Achsflanschen

3 und 7 der Thermowalze 1 und des Induktors 4 Magnetflüsse hervor, die für die Erwärmung der Achsflansche genutzt werden können oder anderenfalls unterdrückt werden müssen.

**[0072]** In Fig. 8 und 9 ist eine Anordnung gezeigt, welche diese Möglichkeit durch Einstellen verschiedener Magnetkreiskonstellationen bietet. Dabei ist in Fig. 8 die Anordnung in der Stellung gezeigt, in welcher der Magnetfluß für die Erwärmung genutzt wird. In Fig. 9 ist dagegen der Magnetkreis in der Einstellung gezeigt, in welcher der Magnetfluß wirksam unterdrückt wird.

Die zweiphasige Magnetkreisanordnung besteht aus dem Achsflansch 3 der Thermowalze 1, dem Achsflansch 7 des Induktors 4 mit den elektromagnetischen Abschirmkappen 30 sowie dem Stellring 35 mit den Polbrücken 31 und den elektromagnetischen Polabschirmkappen 32.

In Fig. 8 überbrücken die aus ferromagnetischem Material bestehenden Polbrücken 31 den Luftspalt 33 in dem Umfangsbereich zwischen jeweils zwei Abschirmkappen 30 und bilden damit jeweils einen Magnetkreis für jede der beiden Stromzuleitungen 17 und 18 mit gleich großem magnetischen Widerstand.

In diesen Magnetkreisen werden durch die Durchflutungen der Phasenströme in den Stromzuleitungen 17 und 18 die Magnetflüsse angetrieben, so wie sie in Fig. 8 durch Pfeile dargestellt sind. Dadurch werden in den Achsflanschen 3 und 7 Wirbelströme induziert, welche dort eine Erwärmung hervorrufen.

Ist eine solche Erwärmung unerwünscht, so werden durch Verdrehen des Stellrings 33 um 90° die Polbrücken 31 radial über die Stromzuführungsleitungen 17 und 18 und die elektromagnetischen Polabschirmkappen 32 über die Pole 34 des Magnetkreises positioniert. Dadurch ist der Achsflansch 3 der Thermowalze 1 elektromagnetisch vollständig von dem Achsflansch 7 des Induktors 4 abgeschirmt. Die Magnetkreise der Stromzuführungsleitungen 17 und 18 sind dadurch praktisch unterbrochen, so daß der Magnetfluß wirksam unterdrückt ist.

Zwischen den in Fig. 8 und Fig. 9 gezeigten Stellungen der vollständigen Schließung und vollständigen Öffnung des Magnetkreises bzw. der vollen Ausbildung und vollen Unterdrückung des Magnetflusses sind auch Zwischenstellungen durch entsprechendes Verdrehen des Stellrings 35 möglich.

**[0073]** Die in Fig. 8 und Fig. 9 dargestellte Magnetkreisanordnung kann sinngemäß auch für die Heizung des Walzenmantels verwendet werden. In diesem Fall bezeichnet Pos. 3 den Walzenmantel 2, Pos. 7 das Querjoch 20.2 und die Pos. 17 und Pos. 18 die Stromleiter 13', 14' der beiden Phasen des Induktors 4. Das Querjoch 20.2 kann hierbei das Querhaupt einer Biegeausgleichswalze sein, über dem konzentrisch ein aus dünnem, isolierten Blech aufgewickelter Zylinder als Magnetleiter angeordnet ist.

Die Polbrücken sind dann zweckmäßig als Hydraulikelemente ausgeführt bzw. in diese integriert.

**Induktionsheizung für Thermowalzen**

Aufstellung der Bezugseichen:

**[0074]**

- 1 - Thermowalze
- 2 - Walzenmantel
- 3, 3' - Achsflansche der Walze
- 4 - Induktor
- 4' - Induktorspule
- 5 - innerer Stromleiter
- 5.1 - Teilstück 1 des inneren Stromleiters
- 5.2 - Teilstück 2 des inneren Stromleiters
- 5.3 - Isolierstück
- 6 - äußerer Stromleiter
- 7, 7' - Achsflansch des Induktors
- 8, 8' - Schleifkontaktträger
- 8.1, 8.1' - innerer Schleifkontakt
- 8.2, 8.2' - äußerer Schleifkontakt
- 9 - Spindelmutter
- 9.1 - Spindelmutter, linksgängig
- 9.2 - Spindelmutter, rechtsgängig
- 10 - Spindel
- 11 - magnetische Abschirmung
- 11.1 - 1. Schale der magnetischen Abschirmung
- 11.2 - 2. Schale der magnetischen Abschirmung
- 12 - elektromagnetischer Schirm
- 13 - Phasengruppe
- 14 - Phasengruppe
- 13' - Stromleiter der Phasengruppe 13
- 14' - Stromleiter der Phasengruppe 14
- 15 - Isolierstab
- 16 - Phasenbrücke
- 17 - Stromzuleitung Phase 1
- 18 - Stromzuleitung Phase 2
- 19 - Durchflutungsachse
- 20 - Querjoch
- 20.1 - Querjoch als Kreisscheibensegment
- 20', 20'', 20''' - Abschnitte des Querjochs
- 21, 21' - Polschuh des Querjochs
- 22 - Magnetkreis der Phasengruppe 1
- 23 - Magnetkreis der Phasengruppe 2
- 24 - Luftspalt
- 25, 25', 25'' - als Hohlwelle ausgebildete Drehachsen
- 26 - Isolierkappe
- 27 - periphere Heizzone
- 28 - innerer Magnetkreis
- 29 - äußerer Magnetkreis
- 30 - elektromagnetische Abschirmkappe
- 31, 31' - Polbrücken
- 31.1, 31.1' - Polbrücken
- 32, 32' - elektromagnetische Polabschirmkappen
- 32.1, 32.1' - elektromagnetische Polabschirmkappen

- 33 - Luftspalt
- 34 - Magnetpol
- 35 - Stellring
- 36 - isolierender Belag
- 5 I - I - Querschnitt nach Fig. 1
- II - II - Querschnitt nach Fig. 3
- III - III - Querschnitt nach Fig. 3

**10 Patentansprüche**

1. Induktionsheizung für Thermowalzen mit einem an seinen Enden mit Achsflanschen (3,3') versehenen, drehbar gelagerten hohlzylindrischen Walzenmantel (2), mit einem innerhalb eines von diesem umschlossenen Raumes angeordneten und mit dem Walzenmantel induktiv gekoppelten Induktor (4), der aus einer Induktorspule (4'), welche von einem ein - oder mehrphasigen Strom durchflossen wird, und einem Magnetkern besteht, wobei der Walzenmantel selbst den Magnetkern bildet und die Induktorspule aus einem oder mehreren, in Nähe der Innenfläche des Walzenmantels in achsparalleler Anordnung peripher verteilten, sich axial mindestens über die größte Ballenbreite der Walze (1) erstreckenden und in ihrer induktiven Ankopplung an den Walzenmantel abschnitts- bzw. zonenweise einstellbaren, stab- oder schalenförmigen Stromleitern (6,13',14') besteht.
2. Induktionsheizung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Induktorspule (4) eigene Achsflansche (7,7') besitzt, welche in den Achsflanschen (3, 3') der Thermowalze (1) fest oder drehbar gelagert sind.
3. Induktionsheizung nach Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die äußeren Stromleiter (6) der Induktorspule (4') nur in den Abschnitten, in denen eine induktive Ankopplung an den Walzenmantel (2) erfolgen soll, vom Strom durchflossen sind.
4. Induktionsheizung nach Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die äußeren Stromleiter (6) über ihre gesamte Länge oder abschnittsweise mit einer oder mehreren an der Innenfläche der Induktorspule(4') axial parallelen Kontaktbahn/-bahnen elektrisch verbunden sind, und an Schleifkontaktträgern (8, 8') befestigte innere Schleifkontakte (8.1, 8.1') auf einer in Achsnähe der Thermowalze angeordneten inneren Stromleiter (5) und äußere Schleifkontakte (8.2, 8.2') auf der/den Kontaktbahn/-bahnen geführt sind.
5. Induktionsheizung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der innere Stromleiter (5) in der axialen Mitte der Ballenbreite der Thermowalze (1)

in zwei gegeneinander elektrisch isolierte Teilstücke (5.1, 5.2) geteilt ist und durch Achsflansche (3, 3') zu beiden Seiten der Thermowalze (1) herausgeführt und mit einer Wechselstromquelle verbunden ist, und die Schleifkontaktträger (8, 8') symmetrisch zur axialen Mitte des Walzenballens der Thermowalze (1) angeordnet und auf je einer Spindelmutter (9) befestigt sind, welche eine jeweils zur Spindelmutter der gegenüberliegenden Walzenseite entgegengesetzte Steigung (9.1, 9.2) gleicher Höhe besitzen.

6. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der innere Stromleiter (5) durchgängig oder zumindest teilweise eine magnetische Abschirmung (11) besitzt.

7. Induktionsheizung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abschirmung (11) aus einem ferromagnetischen Mantel mit einem achsial verlaufenden Luftspalt besteht und in vorteilhafter Weise an ihrem Umfang eine als elektromagnetischen Schirm (12) wirkende Schicht aus einem elektrisch gut leitendem Material besitzt.

8. Induktionsheizung nach Ansprüchen 6 und 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abschirmung (11) aus Halbschalen (11.1, 11.2) gebildet ist, die sich bis in die Randbereiche der Thermowalze (1) und/oder in den Bereichen der Achsflansche (3, 3') erstrecken und mindestens in den Randbereichen und den Bereichen der Achsflansche (3, 3') ineinander verdrehbar sind.

9. Induktionsheizung nach Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stromleiter (13', 14') der Induktorspule (4') bei Anschluß an einen mehrphasigen Wechselstrom in gegeneinander elektrisch isolierten Phasengruppen (13, und 14) an beiden Enden elektrisch verbunden sind, wobei die Phasengruppen (13 und 14) an einem Ende elektrisch zusammengeschaltet sind, und innerhalb des Walzenmantels mindestens über die größte Ballenbreite ein Querjoch (20) drehbar angeordnet ist, das sich in seiner Grundstellung zwischen den peripheren Phasengrenzen erstreckt und in einzelne, um die Walzenachse gegeneinander verdrehbare axiale Abschnitte (20', 20'', 20''') unterteilt ist, die zum Walzenmantel (2) unterschiedlich große Luftspalte haben können.

10. Induktionsheizung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Abschnitte (20', 20'', 20''') des Querjochs (20) aus ferromagnetischem Material, vorzugsweise aus aufeinander geschichteten dünnen, in Flußrichtung angeordneten, gegeneinander isolierten Blechen bestehen und an den En-

den mit Polschuhen (20, 21') ausgebildet sind dergestalt, daß der Luftspalt zwischen dem Querjoch (20) und dem Walzenmantel (2) peripher variierbar ist.

11. Induktionsheizung nach Ansprüchen 9 und 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** sich die Phasengruppen (13 und 14) über unterschiedlich große Bereiche des Walzenumfangs erstrecken und das den magnetischen Fluß führende Querjoch (20) als ein um die Walzenachse drehbares Kreisscheibensegment (20.1) ausgebildet ist.

12. Induktionsheizung nach Ansprüchen 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** jeder der Abschnitte (20', 20'', 20''') eine eigene Drehachse (25, 25', 25'') besitzt, die zur Betätigung vorzugsweise durch einen der Achsflansche (3) herausgeführt ist.

13. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Querjoche (20) an den Innenflächen der Stromleiter (13', 14') gleitfähig gelagert sind, wobei die Stromleiter (13', 14') mit einem dünnen, elektrisch isolierenden Belag (36) und/oder das Querjoch (20) mit einer Isolierkappe (26) versehen sind.

14. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Induktorspule (4') feststehend ist und der Abstand der stab- oder schalenförmigen Stromleiter (6 und 13', 14') zum Walzenmantel (2) mindestens gleich dessen maximaler Durchbiegung im Betrieb der Thermowalze (1) ist.

15. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Induktorspule (4') mit dem Walzenmantel (2) starr verbunden ist und zur Herstellung einer ortsfesten Durchflutungsachse die Stromleiter (6 und 13', 14') an einen Kollektor geführt sind, über den die elektrische Verbindung zur Stromquelle hergestellt ist.

16. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, daß** mehrere oder alle Stromleiter (13', 14') aus einer Vielzahl gegeneinander isolierten Teileitern bestehen, die zu achsialen Windungen in Reihe geschaltet sind.

17. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stromleiter (13', 14') der einzelnen Phasengruppen (13, 14) sich über unterschiedlich große Bereiche am inneren Umfang des Walzenmantels (2) erstrecken.

18. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** dem ein- oder mehrphasigen Wechselstrom ein Gleichstrom überlagert ist.

19. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** unmittelbar angrenzend an die Innenfläche des Walzenmantels (2) eine Schicht aus einem Material mit einem im Vergleich zum Material des Walzenmantels wesentlich geringeren spezifischen elektrischen Widerstand angebracht ist, wobei die Dicke dieser Schicht der Eindringtiefe des elektrischen Feldes entspricht.

20. Induktionsheizung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** zwischen dem Walzenmantel (2) und den Stromleitern (13', 14') der Induktorspule (4') phasenweise jeweils diese überdeckende Polbrücken (31, 31') und elektromagnetische Polabschirmkappen (32, 32') drehbar angeordnet sind, welche wahlweise durch Verdrehung eine magnetisch leitende Verbindung oder Unterbrechung zwischen dem Walzenmantel (2) und einem Querjoch (20.2) herstellen, wobei das Querjoch (20.2) durch einen am Innendurchmesser der Induktorspule (4') koaxial angeordneten, zweckmäßig geblechten Hohlzylinder gebildet ist.

21. Induktionsheizung nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Stromleiter (13, 14) mit Stromzuleitungen (17, 18) verbunden sind, die durch den Achsflansch der Walze (3) hindurchgeführt sind, und koaxial zwischen den Stromzuleitungen (17, 18) und dem Achsflansch (3) phasenweise jeweils die Stromzuleitungen (17, 18) überdeckende Polbrücken (31, 31') und elektromagnetische Polabschirmkappen (32, 32') drehbeweglich angeordnet sind, welche wahlweise durch Verdrehung eine magnetisch leitende Verbindung oder eine magnetische Abschirmung zwischen dem Achsflansch (3) der Walze (1) und dem Achsflansch (7) der Induktorspule (4') herstellen und zweckmäßig als Gleitlagerung zwischen dem Achsflansch der Walze (3) und dem Achsflansch (7) der Induktorspule (4') dienen.

## Claims

1. An induction heater for thermal rollers, with a hollow-cylindrical roller sleeve (2) that is provided with axle flanges (3, 3') on its ends and supported in a rotatable fashion, and with an inductor (4) that is arranged within the space enclosed by the roller sleeve and inductively coupled with the roller sleeve, with said inductor consisting of an inductor coil (4'), through which a single-phase or multi-

phase current flows, and a magnet core, wherein the roller sleeve itself forms the magnet core, and wherein the inductor coil consists of one or more rod-shaped or shell-shaped current conductors (6, 13', 14') that are peripherally distributed in the vicinity of the inner surface of the roller sleeve in the form of an axially parallel arrangement and axially extend at least over the greatest barrel width of the roller (1), with the inductive coupling between these current conductors and the roller sleeve being adjustable sectionally or zone-by-zone.

2. The induction heater according to Claim 1, **characterized in that** the inductor coil (4) is provided with its own axle flanges (7, 7') that are rigidly or rotatably arranged in the axle flanges (3, 3') of the thermal roller (1).

3. The induction heater according to Claims 1 and 2, **characterized in that** a current only flows through the outer current conductors (6) of the inductor coil (4') in the sections, in which an inductive coupling with the roller sleeve (2) should be realized.

4. The induction heater according to Claims 1-3, **characterized in that** the outer current conductors (6) are electrically connected to one or more axially parallel contact strip/strips on the inner surface of the inductor coil (4') over their entire length or sectionally, and **in that** inner sliding contacts (8.1, 8.1') that are mounted on sliding contact carriers (8, 8') are guided on an inner current conductor (5) arranged in the axial vicinity of the thermal roller and outer sliding contacts (8.2, 8.2') are guided on the contact strip/strips.

5. The induction heater according to Claim 4, **characterized in that** the inner current conductor (5) is divided into two partial sections (5.1, 5.2) that are electrically insulated from one another in the axial center of the barrel width of the thermal roller (1), wherein the inner current conductor extends out of both sides of the thermal roller (1) through axle flanges (3, 3') and is connected to an a.c. power supply, and **in that** the sliding contact carriers (8, 8') are arranged symmetrically referred to the axial center of the barrel of the thermal roller (1) and respectively arranged on a spindle nut (9) that has an opposite pitch (9.1, 9.2) of identical height referred to the respective spindle nut on the opposite side of the roller.

6. The induction heater according to one of the preceding claims, **characterized in that** the inner current conductor (5) is provided with a continuous or at least partial magnetic shield (11).

7. The induction heater according to Claim 6, **charac-**

terized in that the shield (11) consists of a ferro-magnetic sleeve with an axially extending air gap that advantageously contains a layer of a material with superior electric conductivity on its periphery which acts as an electromagnetic shield (12).

8. The induction heater according to Claims 6 and 7, **characterized in that** the shield (11) is formed of shells (11.1, 11.2) that extend up to the edge region of the thermal roller (1) and/or into the region of the axle flanges (3, 3') and can be turned within one another at least in the edge regions and the regions of the axle flanges (3, 3').
9. The induction heater according to Claims 1 and 2, **characterized in that** the current conductors (13', 14') of the inductor coil (4') are, when connected to a multi-phase alternating current, electrically connected into phase groups (13 and 14) on both ends which are electrically insulated from one another, wherein the phase groups (13 and 14) on one end are electrically interconnected, and **in that** a transverse yoke (20) that extends over at least the greatest barrel width its rotatably arranged within the roller sleeve, wherein said transverse yoke extends between the peripheral phase limits in its normal position, and wherein the transverse yoke is divided into individual axial sections (20', 20", 20''') that can be turned relative to one another and can have air gaps of different sizes referred to the roller sleeve (2).
10. The induction heater according to Claim 9, **characterized in that** the sections (20', 20", 20''') of the transverse yoke (20) consist of a ferromagnetic material, preferably of thin, mutually insulated sheets that are layered on top of one another and arranged in the forward direction, and realized with pole shoes (20, 21') on the ends, namely such that the air gap between the transverse yoke (20) and the roller sleeve (2) is peripherally variable.
11. The induction heater according to Claims 9 and 10, **characterized in that** the phase groups (13 and 14) extend over differently large regions of the roller periphery, and **in that** the transverse yoke (20) that conducts the magnetic flux is realized in the form of a segment (20.1) of a circular disk that rotates about the roller axis.
12. The induction heater according to Claims 9-11, **characterized in that** each section (20', 20", 20''') has its own axis of rotation (25', 25", 25''') that preferably extends outward through one of the axle flanges (3) in order to be actuated.
13. The induction heater according to one of Claims 9-12, **characterized in that** the transverse yoke

(20) is supported in a sliding fashion on the inner surfaces of the current conductors (13', 14'), wherein the current conductors (13', 14') are provided with a thin, electrically insulating coating (36) and/or the transverse yoke (20) is provided with an insulating cap (26).

14. The induction heater according to one of the preceding claims, **characterized in that** the inductor coil (4') is stationary, and **in that** the distance of the rod-shaped or shell-shaped current conductors (6 and 13', 14') from the roller sleeve (2) is at least identical to its maximum deflection during the operation of the thermal roller (1).
15. The induction heater according to one of Claims 1-13, **characterized in that** the inductor coil (4') is rigidly connected to the roller sleeve (2), and **in that** the current conductors (6 and 13', 14') lead to a collector, via which the electric connection with the current source is produced, in order to realize a stationary flux axis.
16. The induction heater according to one of Claims 9-15, **characterized in that** several or all current conductors (13', 14') consist of a series of mutually insulated partial conductors that are connected in series in the form of axial windings.
17. The induction heater according to one of Claims 9-16, **characterized in that** the current conductors (13', 14') of the individual phase groups (13, 14) extend over differently large regions on the inner periphery of the roller sleeve (2).
18. The induction heater according to one of the preceding claims, **characterized in that** a direct current is superimposed on the single-phase or multi-phase alternating current.
19. The induction heater according to one of the preceding claims, **characterized in that** a layer of a material with a significantly lower specific electric resistance than the material of the roller sleeve is arranged directly adjacent to the inner surface of the roller sleeve (2), wherein the thickness of this layer corresponds to the penetration depth of the electric field.
20. The induction heater according to Claim 9, **characterized in that** connector bars (31, 31') and electromagnetic pole shielding caps (32, 32') which cover the respective current conductors phase-by-phase are rotatably arranged between the roller sleeve (2) and the current conductors (13', 14') of the inductor coil (4'), wherein the rotation of the connector bars and the pole shielding caps causes a magnetically conductive connection between the

roller sleeve (2) and a transverse yoke (20.2) to be selectively produced and interrupted, and wherein the transverse yoke (20.2) is formed by a preferably laminated hollow cylinder that is coaxially arranged on the inside diameter of the inductor coil (4').

21. The induction heater according to one of Claims 9-20, **characterized in that** the current conductors (13, 14) are connected to current supply lines (17, 18) that extend through the axle flanges of the roller (3), and **in that** connector bars (31, 31') and electromagnetic pole shielding caps (32, 32') which cover the respective current supply lines (17, 18) phase-by-phase are rotatably arranged coaxially between the current supply lines (17, 18) and the axle flanges (3), wherein the rotation of the connector bars and the shielding caps causes a magnetically conductive connection or a magnetic shield to be selectively produced between the axle flanges (3) of the roller (1) and the axle flange (7) of the inductor coil (4'), and wherein the connector bars and the pole shielding caps preferably serve as a sliding bearing between the axle flange of the roller (3) and the axle flange (7) of the inductor coil (4').

## Revendications

1. Chauffage à induction pour cylindres thermiques comportant une chemise de cylindre (2) en forme de cylindre creux installée en rotation et munie à ses extrémités de brides d'axe (3, 3'), un inducteur (4) disposé à l'intérieur de l'un de ces espaces entourés par celle-ci et couplé par induction à la chemise du cylindre, qui consiste en une bobine d'inductance (4') qui est traversée par un courant mono- ou multiphasé, et en un noyau magnétique, la chemise du cylindre formant elle-même le noyau magnétique et la bobine d'inductance consistant en un ou plusieurs conducteurs de courant (6, 13', 14') en forme de bâtonnets ou de coques, répartis en périphérie à proximité de la surface intérieure de la chemise du cylindre en agencement parallèle à l'axe, s'étendant axialement du moins sur la plus grande largeur de saillie du cylindre (1) et réglables par sections ou par zones dans leur couplage inductif sur la chemise du cylindre.
2. Chauffage à induction selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bobine d'inductance (4') possède ses propres brides d'axe (7, 7'), qui sont installées fixement ou en rotation dans les brides d'axes (3, 3') du cylindre thermique (1).
3. Chauffage à induction selon les revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** les conducteurs de courant extérieurs (6) de la bobine d'inductance (4') ne sont traversés par du courant que dans les sections

dans lesquelles doit avoir lieu un couplage inductif sur la chemise du cylindre (2).

4. Chauffage à induction selon les revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les conducteurs de courant extérieurs (6) sont reliés électriquement sur toute leur longueur ou par sections à une ou plusieurs piste(s) de contact parallèles axialement sur la surface intérieure de la bobine d'inductance (4') et que des contacts de frottement (8.1, 8.1') intérieurs fixés sur des supports de contacts de frottement (8, 8') sont guidés sur un conducteur de courant intérieur (5) disposé à proximité de l'axe du cylindre thermique et les contacts de frottement extérieurs (8.2, 8.2') sur la/les piste(s) de contact.
5. Chauffage à induction selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le conducteur de courant intérieur (5) est divisé, au centre axial de la largeur de saillie du cylindre thermique (1), en deux pièces partielles (5.1, 5.2) isolées électriquement l'une par rapport à l'autre et guidé vers l'extérieur à travers les brides d'axe (3, 3') vers les deux côtés du cylindre thermique (1) et est relié à une source de courant alternatif, et que les supports de contacts de frottement (8, 8') sont disposés symétriquement par rapport au centre axial de la saillie de cylindre du cylindre thermique (1) et sont fixés chacun sur un écrou de broche (9), qui présente une pente (9.1, 9.2) de même hauteur opposée respectivement à l'écrou de broche du côté opposé du cylindre.
6. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le conducteur de courant intérieur (5) possède en continu ou du moins partiellement un blindage magnétique (11).
7. Chauffage à induction selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le blindage (11) consiste en une chemise ferromagnétique comportant une fente à air s'étendant axialement et possède de manière avantageuse sur sa circonférence une couche agissant comme un écran électromagnétique (12) formée d'un matériau bon conducteur d'électricité.
8. Chauffage à induction selon les revendications 6 et 7, **caractérisé en ce que** le blindage (11) est formé de demi-coques (11.1, 11.2) qui s'étendent jusque dans les zones du bord du cylindre thermique (1) et/ou dans les zones des brides de l'axe (3, 3') et peuvent être tournées l'une dans l'autre au moins dans les zones du bord et les zones des brides de l'axe (3, 3').
9. Chauffage à induction selon les revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** les conducteurs de courant (13', 14') de la bobine d'inductance (4') sont re-

liés électriquement, en cas de raccordement à un courant alternatif multiphasé dans des groupes de phases (13 et 14) isolés électriquement les uns des autres, aux deux extrémités, les groupes de phases (13 et 14) étant branchés ensemble électriquement à une extrémité, et étant disposée en rotation à l'intérieur de la chemise du cylindre au moins sur la largeur de saillie la plus grande une travée transversale (20) qui s'étend dans sa position de base entre les limites de phases périphériques et est divisée en sections axiales individuelles (20', 20'', 20''') pouvant tourner les unes par rapport aux autres autour de l'axe du cylindre, sections qui peuvent avoir des fentes à air de grandeurs différentes par rapport à la chemise du cylindre (2).

10. Chauffage à induction selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les sections (20', 20'', 20''') de la travée transversale (20) consistent en matériau ferromagnétique, de préférence en tôles minces isolées les unes par rapport aux autres, disposées en couches les unes sur les autres dans le sens de flux et sont conformées aux extrémités avec des masses polaires (20, 21') de manière à ce que la fente à air entre la travée transversale (20) et la chemise du cylindre (2) puisse varier en périphérie.
11. Chauffage à induction selon les revendications 9 et 10, **caractérisé en ce que** les groupes de phases (13 et 14) s'étendent sur des zones de dimensions différentes de la circonférence du cylindre et que la travée transversale (20) guidant le flux magnétique est conformée comme un segment de disque circulaire (20.1) pouvant tourner autour de l'axe du cylindre.
12. Chauffage à induction selon les revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** chacune des sections (20', 20'', 20''') possède un axe de rotation propre (25, 25', 25'') qui est guidé vers l'extérieur pour actionnement de préférence à travers une des brides d'axe (3).
13. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 12, **caractérisé en ce que** les travées transversales (20) sont installées de manière à pouvoir glisser sur les surfaces intérieures des conducteurs de courant (13', 14'), les conducteurs de courant (13', 14') étant munis d'un revêtement mince isolateur électrique (36) et/ou la travée transversale (20) d'un capuchon isolant (26).
14. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la bobine d'inductance (4') est fixe et que la distance entre les conducteurs de courant (6 et 13', 14') en forme de bâtonnet ou de coque et la chemise

du cylindre (2) est au moins égale à la flexion maximale de celle-ci pendant le fonctionnement du cylindre thermique (1).

15. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes 1 à 13, **caractérisé en ce que** la bobine d'inductance (4') est reliée rigidement à la chemise du cylindre (2) et que les conducteurs de courant (6 et 13', 14'), afin d'établir un axe de circulation à position fixe, sont dirigés vers un collecteur grâce auquel est établie la liaison électrique avec la source de courant.
16. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 15, **caractérisé en ce que** plusieurs ou la totalité des conducteurs de courant (13', 14') consistent en une multitude de conducteurs partiels isolés les uns par rapport aux autres qui sont branchés en ligne pour former des spires axiales.
17. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 16, **caractérisé en ce que** les conducteurs de courant (13', 14') des différents groupes de phases (13, 14) s'étendent sur des zones de dimensions différentes sur la circonférence intérieure de la chemise du cylindre (2).
18. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'est** superposé au courant mono- ou multiphasé un courant continu.
19. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'est** appliquée, directement adjacente à la surface intérieure de la chemise du cylindre (2), une couche de matériau à résistance électrique spécifique sensiblement plus faible comparativement au matériau de la chemise du cylindre, l'épaisseur de cette couche équivalant à la profondeur de pénétration du champ électrique.
20. Chauffage à induction selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** sont disposées en rotation, entre la chemise du cylindre (2) et les conducteurs de courant (13', 14') de la bobine d'inductance (4), des barrettes de connexion (31, 31') recouvrant respectivement ceux-ci par phases et des capuchons de blindage polaires électromagnétiques (32, 32') qui créent au choix par rotation une liaison à conduction magnétique ou une interruption entre la chemise du cylindre (2) et une travée transversale (20.2), la travée transversale (20.2) étant constituée par un cylindre creux, rationnellement en tôle, disposé coaxialement sur un diamètre intérieur de la bobine d'inductance (4').

21. Chauffage à induction selon l'une quelconque des revendications précédentes 9 à 20, **caractérisé en ce que** les conducteurs de courant (13, 14) sont reliés à des lignes de courant (17, 18) qui sont guidées à travers la bride d'axe du cylindre (3) et que sont disposés coaxialement, avec mobilité en rotation, entre les lignes de courant (17, 18) et la bride d'axe (3), des barrettes de connexion (31, 31') recouvrant respectivement par phases les lignes de courant (17, 18) et des capuchons de blindage polaires électromagnétiques (32, 32'), qui créent au choix par rotation une liaison à conduction magnétique ou un blindage magnétique entre la bride d'axe (3) du cylindre (1) et la bride d'axe (7) de la bobine d'inductance (4') et servent rationnellement de palier lisse entre la bride d'axe du cylindre (3) et la bride d'axe (7) de la bobine d'inductance (4').

20

25

30

35

40

45

50

55

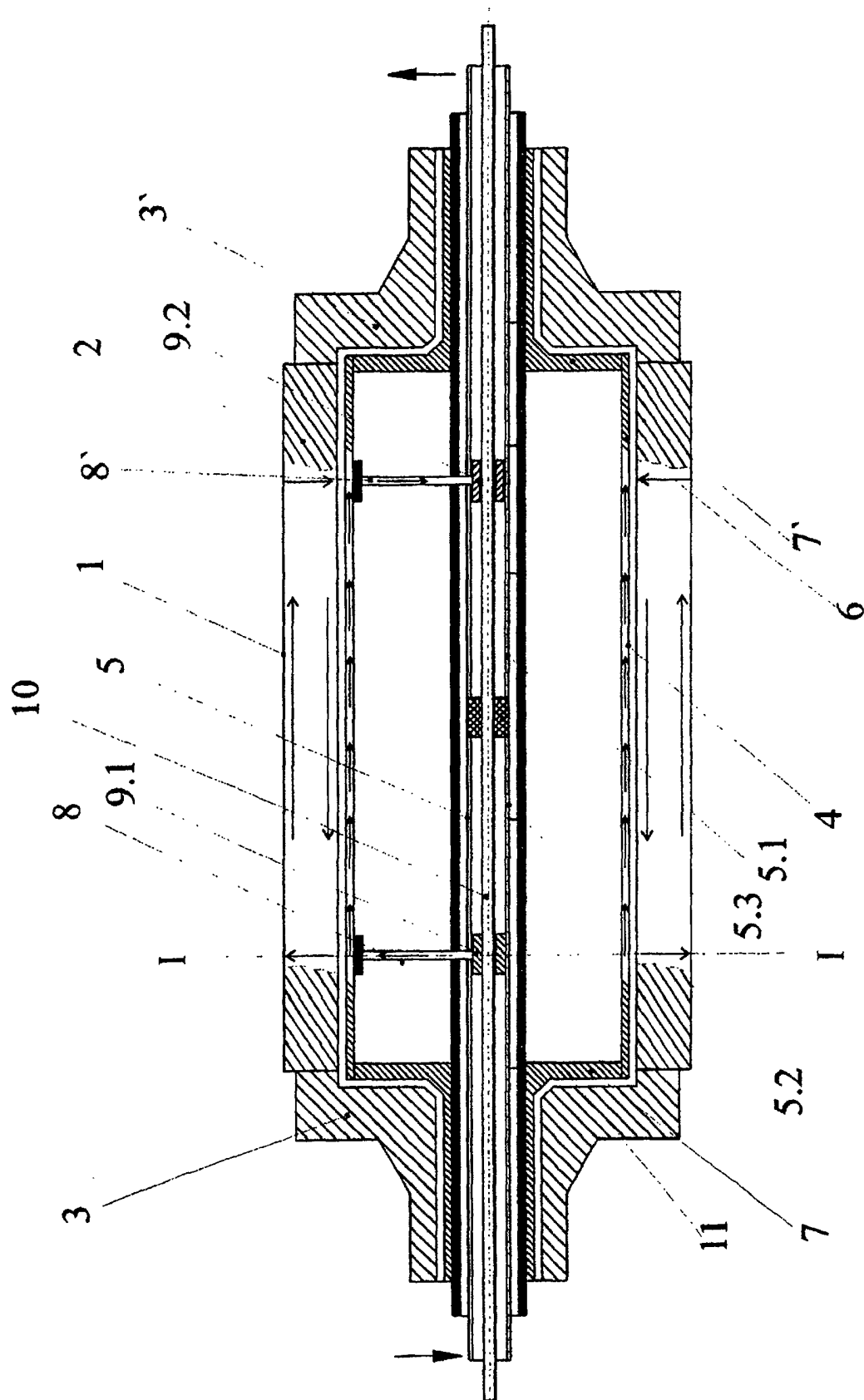


Fig. 1

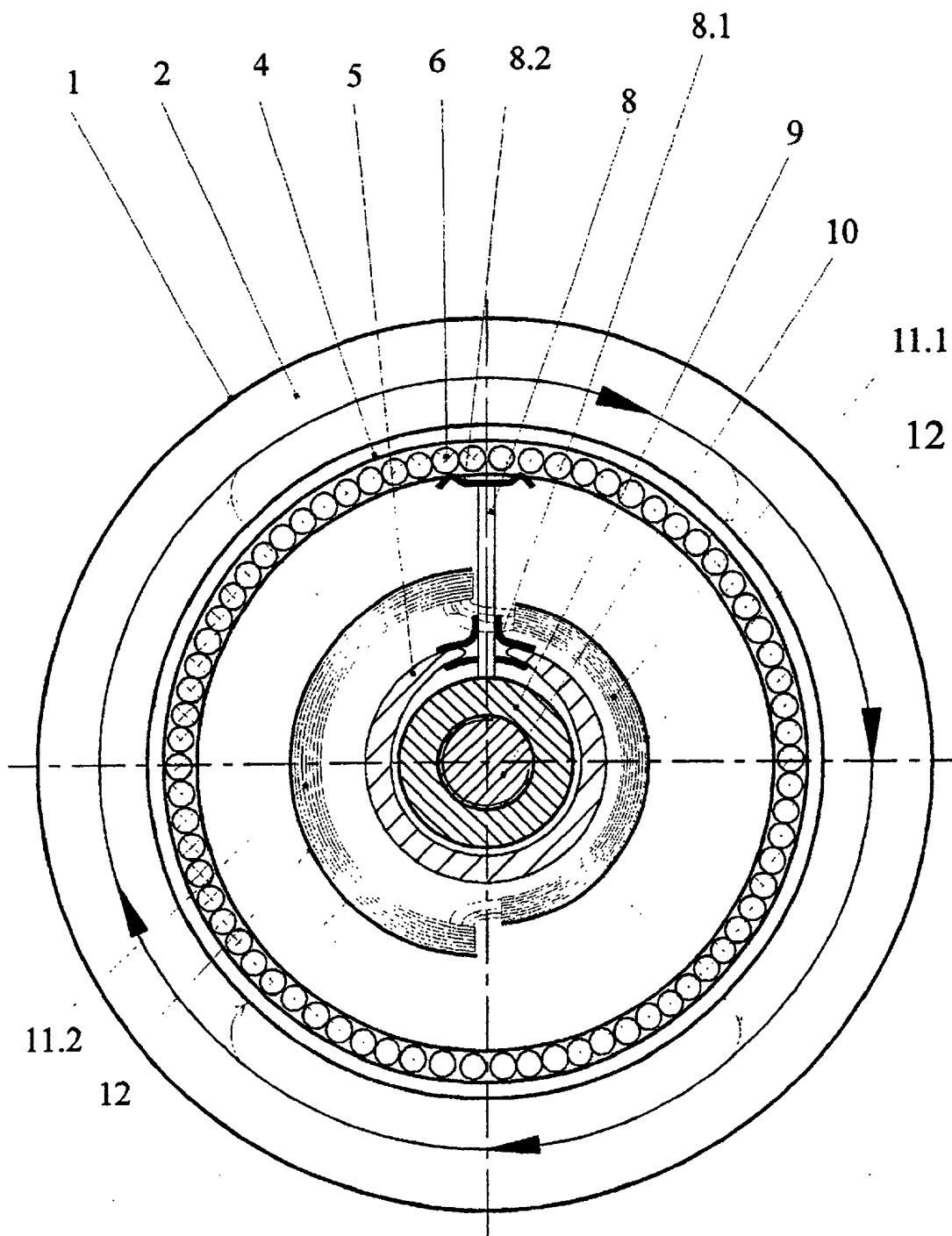


Fig. 2

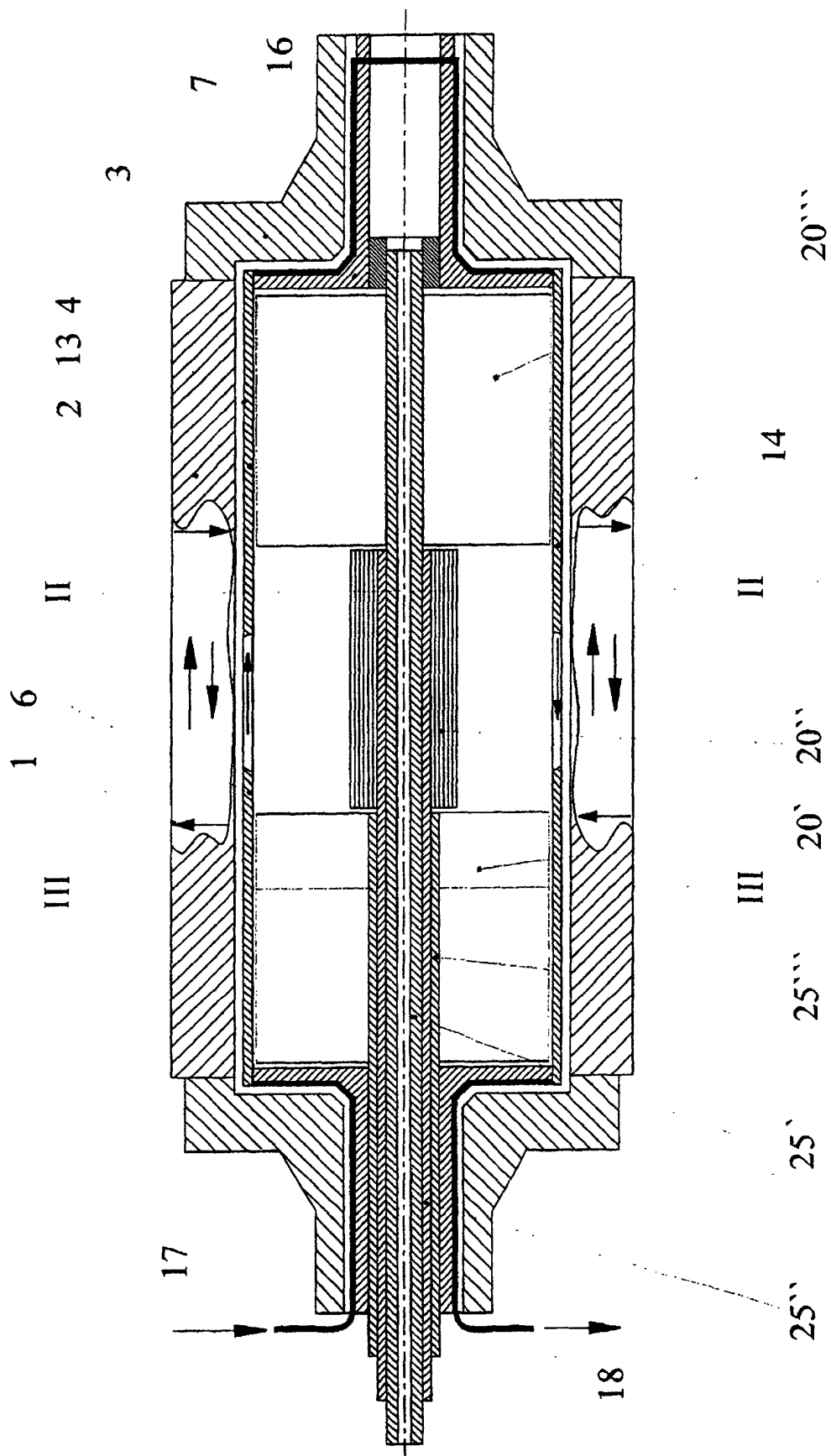


Fig. 3

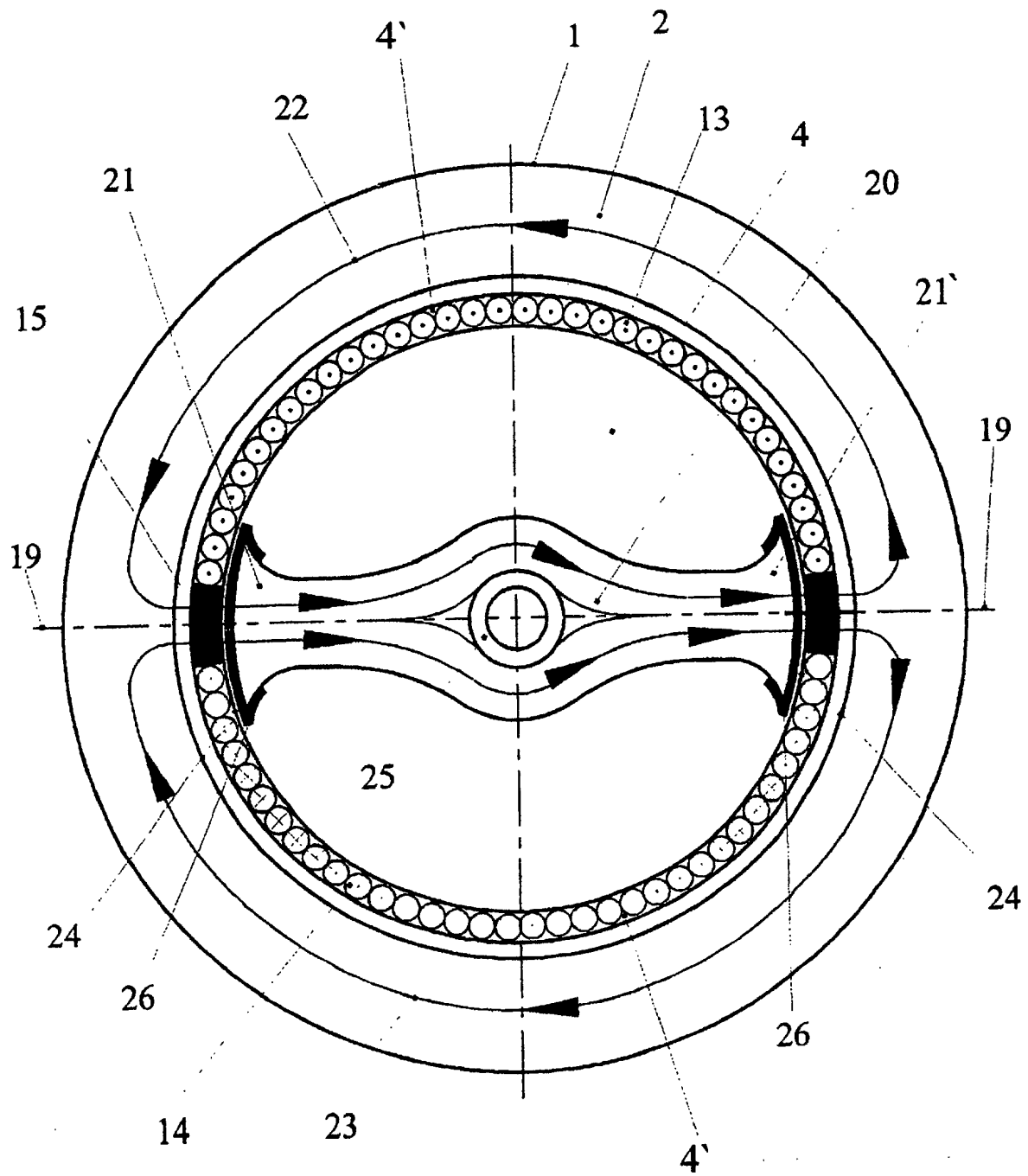


Fig. 4

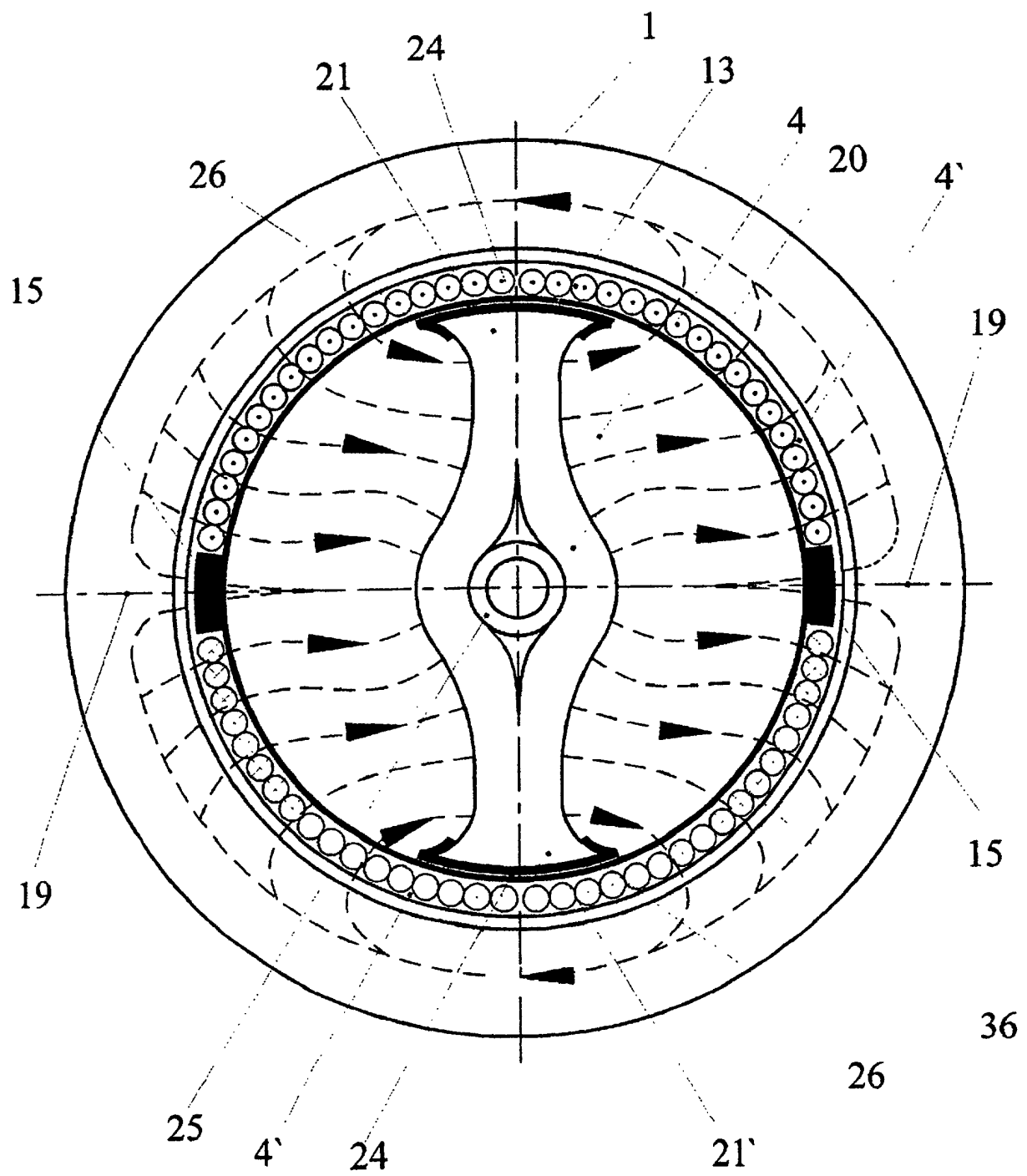


Fig. 5

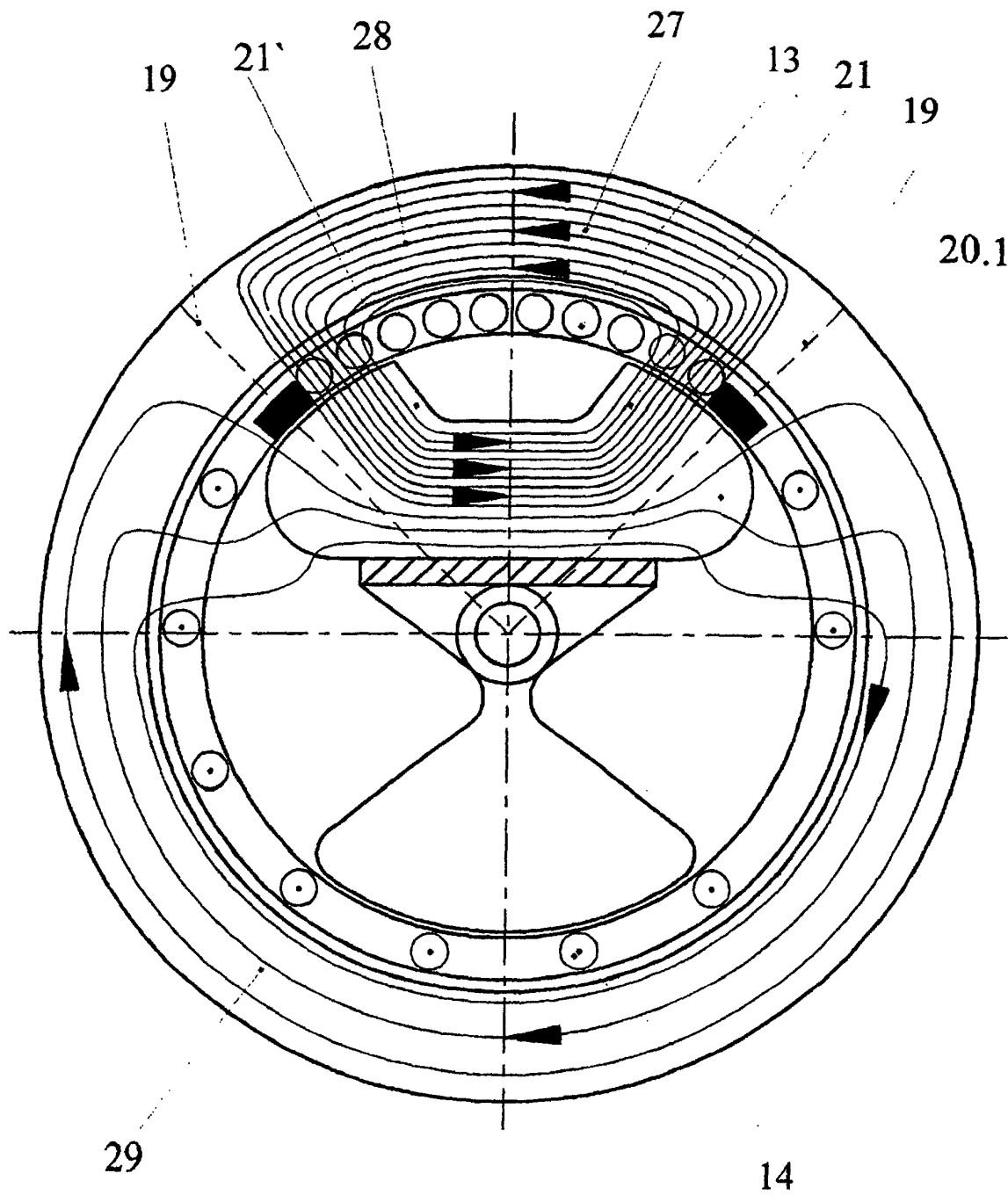


Fig. 6

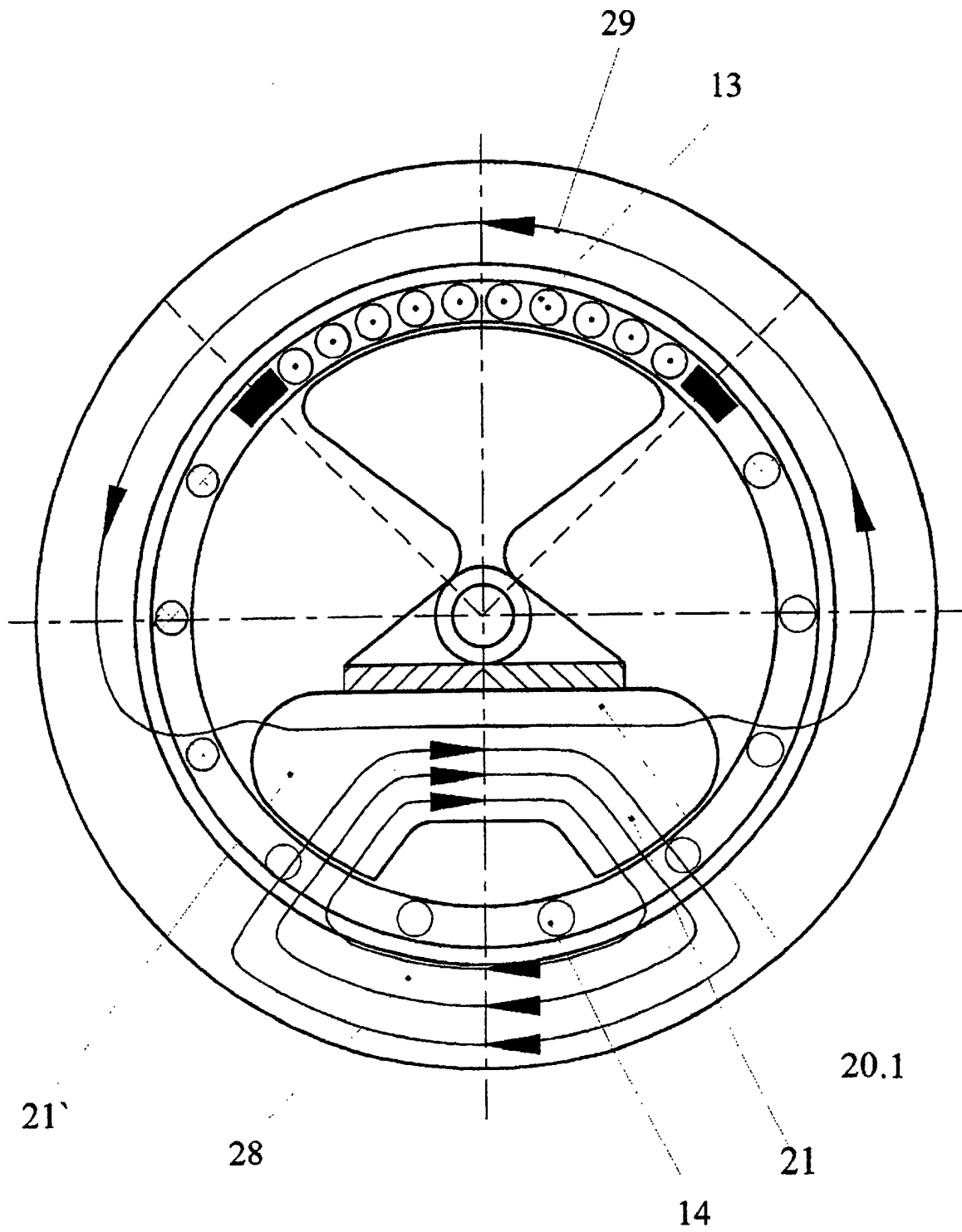


Fig. 7

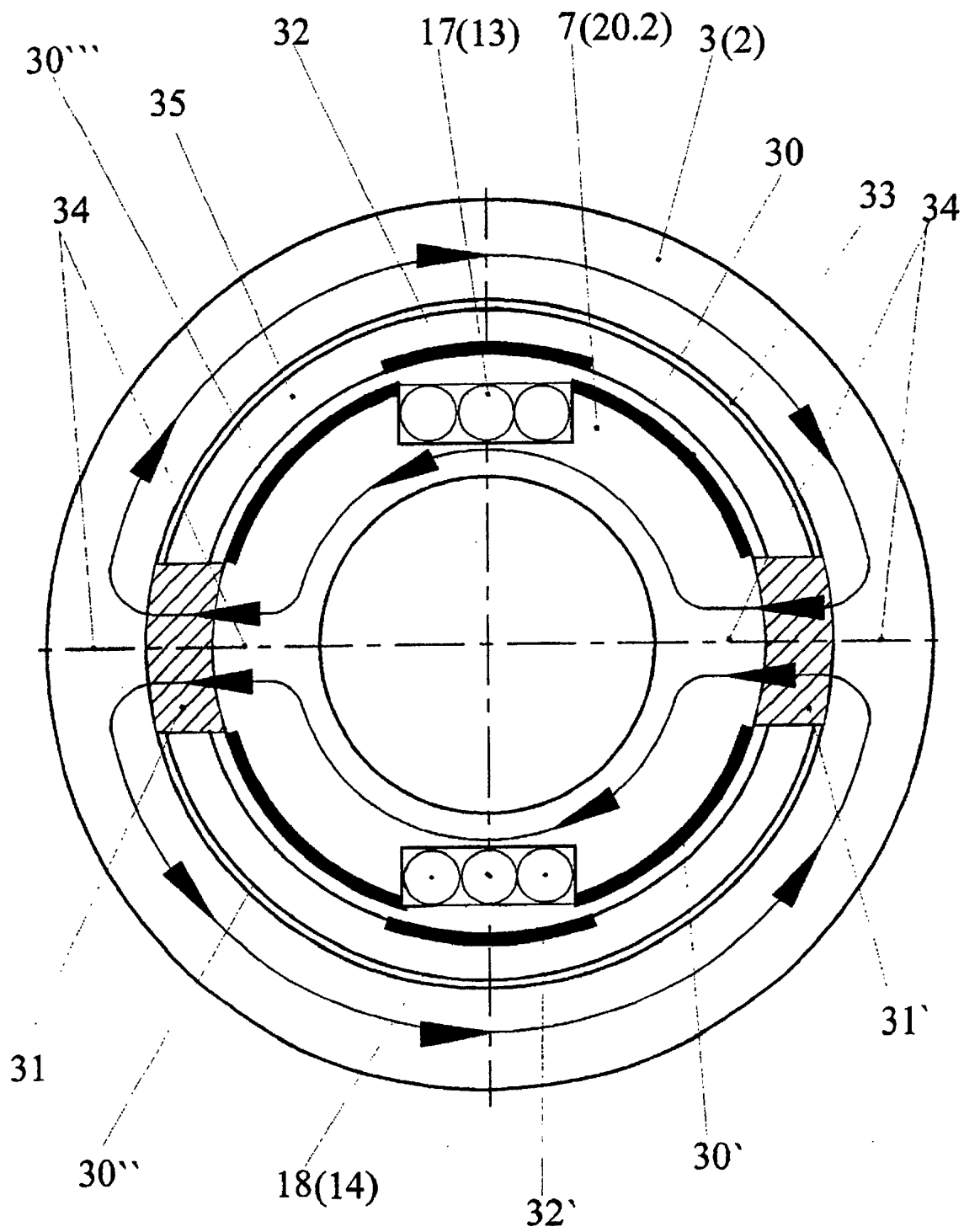


Fig. 8

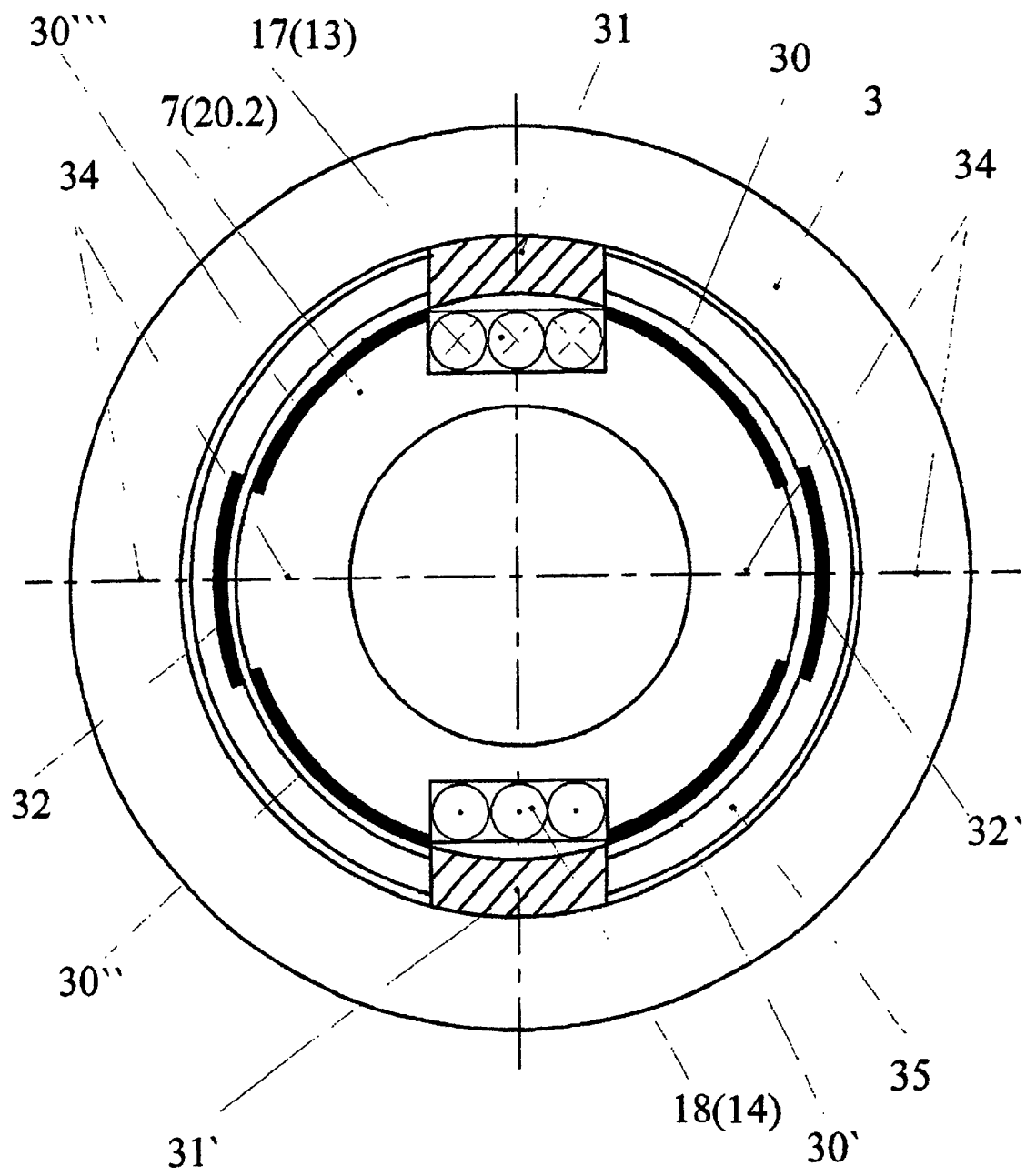


Fig. 9