

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 563 802 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **93104986.0**

(51) Int. Cl.⁵: **H05B 6/24**

(22) Anmeldetag: **25.03.93**

(30) Priorität: **30.03.92 DE 4210374**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
06.10.93 Patentblatt 93/40

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE DE ES FR GB IT

(71) Anmelder: **ABB PATENT GmbH**
Kallstadter Strasse 1
D-68309 Mannheim(DE)

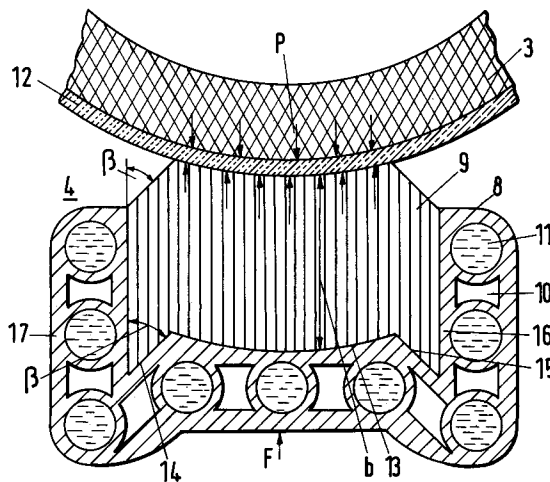
(72) Erfinder: **Gillhaus, Horst**
Niederhofer Kohlenweg 49
W-4600 Dortmund 30(DE)

(74) Vertreter: **Rupprecht, Klaus, Dipl.-Ing.**
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
D-68128 Mannheim (DE)

(54) **Magnetischer Rückschluss für einen Induktionstiegelofen.**

(57) Es wird ein magnetischer Rückschluss für einen Induktionstiegelofen vorgeschlagen, mit einem zur Führung des von der Ofenspule (3) des Induktionstiegelofens (1) erzeugten magnetischen Flusses geeigneten stabförmigen Blechpaket (9,19), das aus einer Vielzahl einzelner, elektrisch gegeneinander isolierter Einzelbleche besteht. Das Blechpaket (9,19) weist an seiner der Ofenspule (3) zugewandten Hauptoberfläche eine dreifach unterteilte Formgebung auf, dergestalt, daß ein Mittelbereich des Blechpaketes sehr nahe an der Ofenspule positionierbar ist, während der Abstand zwischen den Kanten der Einzelbleche des Blechpakets und der Ofenspule in den beiden dem Mittelbereich benachbarten Seitenbereichen des Blechpakets zum Rand hin anwächst, so daß spitzwinklige, blechfreie Sektoren in den beiden zur Ofenspule gerichteten Randbereichen des Rückschlusses parallel zur Ofenachse gebildet werden. Hierdurch wird eine punktuelle Induzierung hoher spezifischer Leistung in den Randbereichen des magnetischen Rückschlusses verhindert und die Temperaturverteilung innerhalb des Rückschlusses wird vergleichmäßigt.

Fig. 3



EP 0 563 802 A2

Die Erfindung bezieht sich auf einen magnetischen Rückschluß für einen Induktionstiegelofen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Ein solcher magnetischer Rückschluß für einen Induktionstiegelofen ist aus der ABB-Druckschrift Nr. D ME/D 118289 D bekannt. Der Induktionstiegelofen eignet sich zum induktiven Schmelzen von Gußeisen, Stahl, Leichtmetall, Schwermetall und Legierungen, wobei der Betrieb bei Ausbildung als Mittelfrequenz-Induktionstiegelofen beispielsweise bei Frequenzen von 125 bis 1000 Hz erfolgt. Zur Einstellung einer Wechselspannung vorgegebener Frequenz wird ein Stromrichter eingesetzt.

Der aktive Teil des Induktionstiegelofens ist die Ofenspule, deren Innenraum ein keramischer Tiegel auskleidet. Der durch die Ofenspule fließende Wechselstrom erzeugt ein magnetisches Wechselfeld, das innerhalb des Ofentiegels durch das metallene Einsatzmaterial (Schmelze) und außerhalb der Spule durch die Eisenblechpakete der magnetischen Rückschlüsse geführt wird. Das magnetische Wechselfeld induziert im metallischen Einsatzmaterial Wirbelströme, d.h. elektrische Energie, die in Wärme umgesetzt wird. Der Ofen nimmt aufgrund des transformatorischen Prinzips aus dem speisenden Netz Leistung auf, so daß unter ständiger Energiezufuhr das Einsatzmaterial zum Schmelzen gebracht wird. Die auf die Schmelze wirkenden elektromagnetischen Kräfte führen zu einer intensiven Badbewegung, die für einen schnellen Wärme- und Stoffausgleich sorgt.

Die magnetischen Rückschlüsse sind auf der Außenseite der Spule in Form einzelner über den Umfang der Spule mit Zwischenräumen verteilter Einzelpakete parallel zur Ofenachse angeordnet. Jedes Einzelpaket besteht aus einer Vielzahl dünner, elektrisch voneinander isolierter Transformatorbleche mit hohem spezifischem elektrischem Widerstand und hoher Permeabilität. Die Eisenblechpakete der magnetischen Rückschlüsse haben den Zweck, den magnetischen Wechselfluß zu führen, wie vorstehend bereits erwähnt. Dabei soll dem magnetischen Fluß ein Weg geringen magnetischen Widerstandes geboten werden, der gleichzeitig nur geringe Wirbelstromverluste verursacht. Durch Einsatz der magnetischen Rückschlüsse wird infolge Reduzierung des magnetischen Widerstandes im Rückschlußbereich des Flusses die erforderliche Blindleistung verringert. Zusätzlich wird auch der Fluß vom Eintritt in die meist ferromagnetischen, tragenden äußeren Bauteile des Ofens (Ofenkörper mit Verkleidung) abgehalten und somit deren Erwärmung durch Wirbelströme verhindert.

Es hat sich herausgestellt, daß außer den Wirbelstromverlusten, die durch das vorwiegend parallel zu den Blechen verlaufende magnetische Wechselfeld verursacht werden, an bestimmten Stellen der Blechpakete örtlich begrenzt zusätzliche, zum

Teil erhebliche Wirbelstromverluste auftreten. Im Zwischenraum zwischen Ofenspule und Schmelze und auch im Bereich der Eindringtiefe des magnetischen Wechselfeldes in die Schmelze ist längs des Spulenumfanges, d.h. in azimuthaler Richtung, der magnetische Widerstand konstant, es sind demnach auch die Flußdichten längs des Spulenumfanges konstant und die Feldlinien verlaufen durchgehend parallel zur Ofenachse.

Im Rückschlußraum des Feldes auf der Außenseite der Ofenspule wechseln dagegen bei der vorstehend beschriebenen Anordnung der magnetischen Rückschlüsse am Spulenumfang Bereiche mit geringem magnetischem Widerstand mit Bereichen großen magnetischen Widerstandes ab (Blechpakete und Zwischenräume). Für den Fluß sind demgemäß Bereiche hohen magnetischen Leitwertes mit solchen sehr niedrigen Leitwertes parallelgeschaltet. Der Fluß nimmt somit im Außenbereich der Spule seinen Weg weitgehend durch die Bereiche hohen Leitwertes, wird also fast ausschließlich in den Blechpaketen geführt.

An den oberen und unteren Spulen- bzw. Blechpaketenden breitet er sich jedoch nicht nur radial in Richtung Tiegelmittle (Normalfeld), sondern auch in Umfangsrichtung der Spule, d.h. weitgehend horizontal (Querfeld) aus, um im Spulinnenraum auf in Umfangsrichtung gleichmäßige Flußdichte überzugehen. Es tritt also ein Teil des Flusses im Endbereich der Blechpakete quer zur Schichtungsebene der Bleche aus den Paketen aus. Hierdurch werden im Endbereich der Blechpakete erhebliche zusätzliche Wirbelstromverluste erzeugt, die zu einer lokalen Überhitzung der Blechpakete und der Deckbleche führen können. Bei entsprechend großen Leistungen sind an diesen Stellen gesonderte aufwendige Zusatzkühlungen erforderlich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen magnetischen Rückschluß für einen Induktionstiegelofen der eingangs genannten Art anzugeben, bei dem eine punktuelle Induzierung hoher spezifischer Leistung verhindert wird.

Diese Aufgabe wird in Verbindung mit den Merkmalen des Oberbegriffes erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die Temperaturverteilung innerhalb des magnetischen Rückschlusses optimiert wird, d.h. es wird insbesondere verhindert, daß örtlich hohe Temperaturen im Blechpaket oder im Tragkörper (Überhitzungen) entstehen. Die Ausbildung von Streufeldern wird weitgehend reduziert und es wird eine gleichmäßige Ausnutzung des Blechpaketquerschnitts bezüglich der entstehenden Verluste und Temperaturen sichergestellt, wobei die Verluste insgesamt reduziert werden. Da

der magnetische Rückschluß nicht mehr unter spezieller Berücksichtigung der Gebiete mit punktuell hoher induzierter spezifischer Leistung ausgelegt werden muß (während andere Gebiete kaum zur Führung des magnetischen Flusses dienen und daher kalt bleiben) und aufgrund der Verlustreduktion, wird der benötigte Querschnitt des Blechpakets insgesamt kleiner, was vorteilhaft Material-, Gewichts- und Kostenersparnisse zur Folge hat.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 einen Induktionstiegelofen im seitlichen Schnitt,
- Figur 2 eine Aufsicht auf einen Induktionstiegelofen,
- Figur 3 eine erste prinzipielle Ausgestaltung eines magnetischen Rückschlusses im Schnitt,
- Figur 4 eine zweite prinzipielle Ausgestaltung eines magnetischen Rückschlusses im Schnitt,
- Figur 5 den prinzipiellen Verlauf des magnetischen Flusses im Endbereich des Blechpaketes bei Übertritt vom magnetischen Rückschluß zur Schmelze im Tiegel.

In Figur 1 ist ein Induktionstiegelofen im seitlichen Schnitt dargestellt. Der Induktionstiegelofen 1 besteht aus einem feuerfesten, vorzugsweise keramischen, zylinderförmigen, unten geschlossenen und oben offenen Tiegel 2, einer zylinderförmigen, um den Tiegel 2 greifenden Spule 3 und mehreren magnetischen Rückschlüssen 4, die in Form einzelner, parallel zur Ofenachse an der Außenmantelfläche der Spule angeordneter Stäbe ausgebildet ist. Die Schmelze (= geschmolzenes metallisches Einsatzmaterial) im Innenraum des Tiegels 2 ist mit 5 bezeichnet. Die Anpressung der einzelnen stabförmigen magnetischen Rückschlüsse 4 an die Ofenspule 3 erfolgt durch einen oberen bzw. einen unteren Rahmen 6 bzw. 7. Diese Rahmen 6, 7 sind Teil eines nicht dargestellten tragenden Ofenkörpers.

In Figur 2 ist eine Aufsicht auf einen Induktionstiegelofen 1 mit Tiegel 2, Schmelze 5, Ofenspule 3, den einzelnen stabförmigen magnetischen Rückschlüssen 4 und dem oberen Rahmen 6 dargestellt. Der Rahmen 6 ist in Figur 2 ringförmig ausgebildet, er kann jedoch beispielsweise auch quadratisch geformt sein. Zwischen den einzelnen magnetischen Rückschlüssen 4 sind Zwischenräume vorhanden. Der eigentliche tragende Ofenkörper ist aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

In Figur 3 ist eine erste prinzipielle Ausgestaltung eines magnetischen Rückschlusses im Schnitt

dargestellt. Es ist zu erkennen, daß das aktive Blechpaket 9 von einem einstückigen Tragkörper 8 C- bzw. U-förmig eingefast ist (bestehend aus einer Rückwand mit zwei Seitenwänden). Der Tragkörper 8 ist zweckmäßig als Strangpreßprofil ausgebildet, und zwar vorzugsweise aus einer Aluminium-Legierung, was den Vorteil hoher elektrischer Leitfähigkeit aufweist. Das Blechpaket 9 besteht aus einer Vielzahl einzelner, elektrisch gegeneinander isolierter Einzelbleche.

Der Tragkörper 8 weist mehrere einzelne Längskanäle 10 auf, so daß das Strangprofil im Querschnitt ein Gitterwerk mit einer hohen Zahl von Längshohlräumen darstellt. Dies gewährleistet eine große Steifigkeit gegen Biegung und Torsion bei vergleichsweise geringem Materialeinsatz, niedrigem Materialgewicht und geringen Materialkosten. Zum anderen ergibt sich eine hohe Dämpfung der Radialschwingungen, die von der Ofenspule 3 über die magnetischen Rückschlüsse 4 und die Rahmenringe 6, 7 zum Ofenkörper übertragen werden. Die Längskanäle können zumindest teilweise als interne Kühlkanäle 11 zur Zirkulation eines Kühlmittels herangezogen werden, so daß sich infolge der großen Wärmeübergangsfläche eine hohe Wärmeableitfähigkeit für die während des Betriebes in den Blechpaketen entstehenden Wirbelstrom-Wärmeverluste ergibt.

Je nach erforderliche Wärmeübergangsfläche können ein, zwei, drei oder mehr Längskanäle als Kühlmittelkanäle verwendet werden. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß die Temperatur der Blechpakete innerhalb zulässiger Grenzen gehalten wird. Als Kühlmittel kann z.B. Wasser dienen. Der Einsatz separater Kühlvorrichtungen, die mit den Blechpaketen in direkten Wärmeleitungskontakt zu bringen sind, ist nicht erforderlich.

Die Anpressung des magnetischen Rückschlusses 4 an die Ofenspule 3 erfolgt über das aktive Blechpaket 9. Damit jedes Einzelblech des Blechpakets 9 von gleicher Breite b sein kann (was die Herstellung des magnetischen Rückschlusses vereinfacht und verbilligt), ist das Mittelteil 13 der Rückwand des Tragkörpers 8 an seiner mit dem Blechpaket in Berührung stehenden Innenfläche zylinderförmig gewölbt, wobei der Zylinderradius an den Radius der Ofenspule 3 angepaßt ist. Eine elektrische Isolation 12 - vorzugsweise aus einem nicht wasserspeichernden Material - trennt die Ofenspule 3 vom angepreßten Blechpaket. Es ergibt sich für die auf das Rückwand-Mittelteil 13 einwirkende Kraft F

$$F = p \cdot A,$$

wobei A die Berührungsfläche zwischen Blechpaket und Isolation 12 sowie p der auf die Isolation 12, die Ofenspule und das Blechpaket ausgeübte

Druck ist.

Wie in Figur 3 zu erkennen ist, sind die dem Mittelteil 13 benachbarten Seitenteile 14, 15 der Rückwand des Tragkörpers 8 nicht zylinderförmig gewölbt, sondern jeweils als Schrägflächen mit zunehmender Distanz zur Ofenspule 3 gestaltet. Somit bildet sich ein spitzer Winkel Beta - von vorzugsweise 45° - zwischen Seitenteil 14 der Rückwand und Seitenwand 17 des Tragkörpers 8 sowie zwischen Seitenteil 15 der Rückwand und Seitenwand 16 des Tragkörpers 8. Diese spezielle dreifach unterteilte Ausgestaltung der Rückwand des Tragkörpers 8 hat zur Folge, daß lediglich die mit dem Mittelteil 13 der Rückwand in Berührung stehenden Einzelbleche des Blechpaketes 9 gegen die Isolation 12 und damit die Ofenspule 3 gepreßt werden und somit für die Kraft F wirksam sind, während die mit den Seitenteilen 14, 15 der Rückwand in Berührung stehenden Einzelbleche des Blechpaketes 9 einen zunehmenden Abstand von der Ofenspule 3 aufweisen. Hierdurch werden spitzwinklige Sektoren in beiden zur Ofenspule 3 gerichteten Randbereiche des Blechpakets parallel zur Ofenachse gebildet. Zweckmäßig entspricht die Breite der Seitenwände 16, 17 des Tragkörpers 8 der Breite b eines Einzelblechs, so daß die Sektoren auch nicht durch den Tragkörper eingeschränkt werden.

In Figur 4 ist eine zweite prinzipielle Ausgestaltung eines magnetischen Rückschlusses im Schnitt dargestellt. Es ist ebenfalls ein Tragkörper 18 mit dreifach unterteilter Rückwand und Seitenwänden 26, 27 vorgesehen, wobei die Rückwand ebenfalls ein Mittelteil 23 und zwei Seitenteile 24, 25 aufweist. Das Mittelteil 23 muß im Unterschied zum Mittelteil 13 gemäß Figur 3 nicht zylinderförmig gewölbt, sondern kann auch planeben sein. Die Seitenteile 24, 25 sind wiederum als Schrägflächen bezüglich des Mittelteils 23 gestaltet und schließen den Winkel Beta mit den Seitenwänden 26, 27 ein. Innerhalb des Tragkörpers 18 befinden sich wiederum mehrere Längskanäle 20, insbesondere auch interne Kühlkanäle 21.

Der wesentliche Unterschied der Variante gemäß Figur 4 im Vergleich zur Variante gemäß Figur 3 besteht darin, daß die auf den Tragkörper 18 wirkende Kraft F nicht über das Blechpaket 19, sondern über die Stirnflächen der Seitenwände 26, 27 und Isolierblöcke 22 auf die Ofenspule 3 wirkt. Die aus einem elektrisch isolierenden und schwingungsdämpfenden Material bestehenden Isolierblöcke 22 sind in schwalbenschwanzförmigen Nuten 28 an der Stirnseite der Seitenwände 26, 27 befestigt. Bei dieser Variante bildet sich vorteilhaft ein Drainageabstand 29 zwischen Ofenspule 3 und Blechpaket 19 aus, der zum einen die erforderliche elektrische Isolation zwischen Ofenspule und Blechpaket sicherstellt und zum anderen eine Was-

serableitung gewährleistet.

In Figur 5 ist der prinzipielle Verlauf des magnetischen Flusses im Endbereich des Blechpaketes bei Übertritt vom magnetischen Rückschluß 4 zur Schmelze 5 im Tiegel dargestellt. Der magnetische Fluß tritt aus den Enden des Blechpaketes 9, 19 aus und verläuft über den Tiegel 2 zur Schmelze 5 respektive zum metallischen Einsatzmaterial. Der magnetische Fluß im Blechpaket ist mit Ziffer 30, der Fluß des Querfeldes im Randbereich der Ofenspule bzw. des Tiegels ist mit Ziffer 31, der Fluß des Normalfeldes im Randbereich der Ofenspule bzw. des Tiegels ist mit Ziffer 32 und der Fluß im metallischen Einsatzmaterial respektive in der Schmelze ist mit Ziffer 33 bezeichnet.

Durch die Abschirmwirkung des aus elektrisch leitfähigen Material (vorzugsweise einer Aluminium-Legierung) bestehenden Tragkörpers 8, 18 wird verhindert, daß der Fluß im abgeschirmten Bereich quer zur Längsachse des Blechpaketes 9, 19 ein- oder austritt, so daß entsprechende Zusatzverluste vermieden werden. Durch die Abwinkelung des Blechpaketes nahe den Seitenwänden des Tragkörpers entstehen spitzwinklige Sektoren mit einer relativ großen Austrittsfläche für den magnetischen Fluß 31 des Querfeldes und es werden punktuelle übermäßige Erwärmungen im Blechpaket und Tragkörper infolge hoher Flußkonzentration vermieden. Es wird dem magnetischen Fluß 31 ermöglicht, aus den Kanten der Einzelbleche ein- und auszutreten, ohne dabei zusätzlich weitere Einzelbleche durchdringen zu müssen. Für den Fluß 32 des Normalfeldes liegt das Blechpaket bis auf den Drainageabstand 29 bzw. den durch die Isolation 12 bedingten Abstand sehr nahe an der Spule 3. Die für den Fluß 31 des Querfeldes besonders vorteilhaft angeordneten Einzelbleche im seitlichen Bereich des Blechpaketes sind darüberhinaus auch zur Führung des Flusses 32 des Normalfeldes geeignet.

Patentansprüche

1. Magnetischer Rückschluß für einen Induktionstiegelofen mit einem zur Führung des von der Ofenspule (3) des Induktionstiegelofens (1) erzeugten magnetischen Flusses geeigneten stabförmigen Blechpaket (9,19), das aus einer Vielzahl einzelner, elektrisch gegeneinander isolierter Einzelbleche besteht, dadurch gekennzeichnet, daß das Blechpaket (9,19) an seiner der Ofenspule (3) zugewandten Hauptoberfläche eine dreifach unterteilte Formgebung aufweist, dergestalt, daß ein Mittelbereich des Blechpaketes sehr nahe an der Ofenspule positionierbar ist, während der Abstand zwischen den Kanten der Einzelbleche des Blechpakets und der Ofenspule in den beiden dem

Mittelbereich benachbarten Seitenbereichen des Blechpakets zum Rand hin anwächst, so daß spitzwinklige, blechfreie Sektoren in den beiden zur Ofenspule gerichteten Randbereichen des Rückschlusses parallel zur Ofenachse gebildet werden.

2. Rückschluß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Blechpaket (9,19) auf seinen drei nicht der Ofenspule (3) zugewandten Hauptoberflächen von einem im Querschnitt C- oder U-förmigen Tragkörper (8,18) eingefast ist.
3. Rückschluß nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückwand des Tragkörpers (8,18) dreifach unterteilt ausgestaltet ist, so daß ein Mittelteil (13,23) und zwei Seitenteile (14,15; 24,25) entstehen, wobei die Seitenteile als Schrägflächen mit zunehmender Distanz zur Ofenspule (3) hin ausgestaltet sind und sich jeweils ein spitzer Winkel (Beta) zwischen einem Seitenteil (14,15; 24,25) der Rückwand und einer Seitenwand (17,16; 27,26) des Tragkörpers (8,18) bildet.
4. Rückschluß nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der spitze Winkel (Beta) vorzugsweise 45° beträgt.
5. Rückschluß nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittelteil (13) der Rückwand des Tragkörpers (8) an seiner mit dem Blechpaket (9) in Berührung stehenden Innenfläche zylinderförmig gewölbt ist, wobei der Zylinder-radius an den Radius der Ofenspule (3) angepaßt ist.
6. Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede Seitenwand (26,27) des Tragkörpers (18) mit einer Vorrichtung (28) zur Befestigung eines Isolierblocks (22) aus einem elektrisch isolierenden Material versehen ist.
7. Rückschluß nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die an den Seitenwänden (26,27) des Tragkörpers (18) befestigten Isolierblöcke (22) einen Überstand gegenüber dem Blechpaket (19) aufweisen, so daß nach Anpressung des Rückschlusses (4) an die Ofenspule (3) ein Drainageabstand (29) zwischen Ofenspule (3) und Blechpaket (19) gebildet ist.
8. Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8,18) aus einem elektrisch gut leitenden Material besteht.
9. Rückschluß nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8,18) aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht.
10. Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8,18) mindestens einen Längskanal (10,11; 20,21) aufweist.
11. Rückschluß nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Längskanal (11,21) zur Führung eines Kühlmittels geeignet ist.
12. Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8,18) einstückig ausgebildet ist.
13. Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8,18) aus mindestens einem Strangpreßprofil besteht.
14. Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8,18) biege- und verwindungssteif ist.

Fig. 1

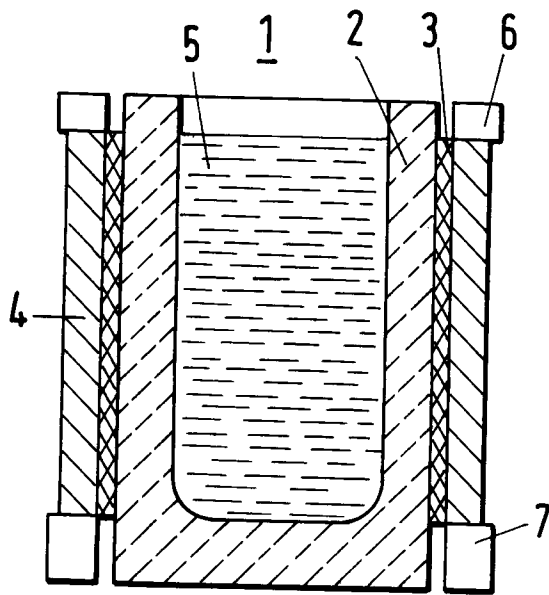


Fig. 2

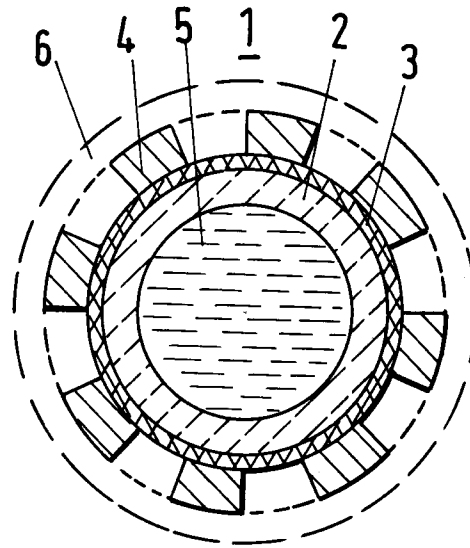


Fig. 3

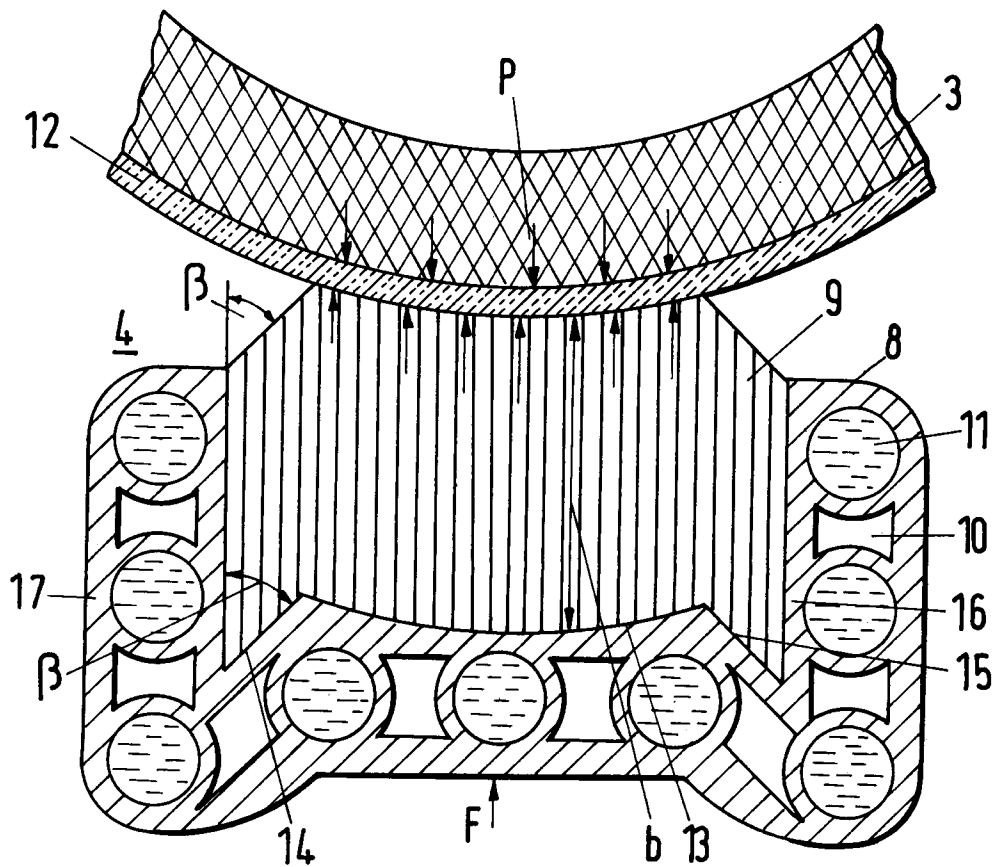


Fig. 4

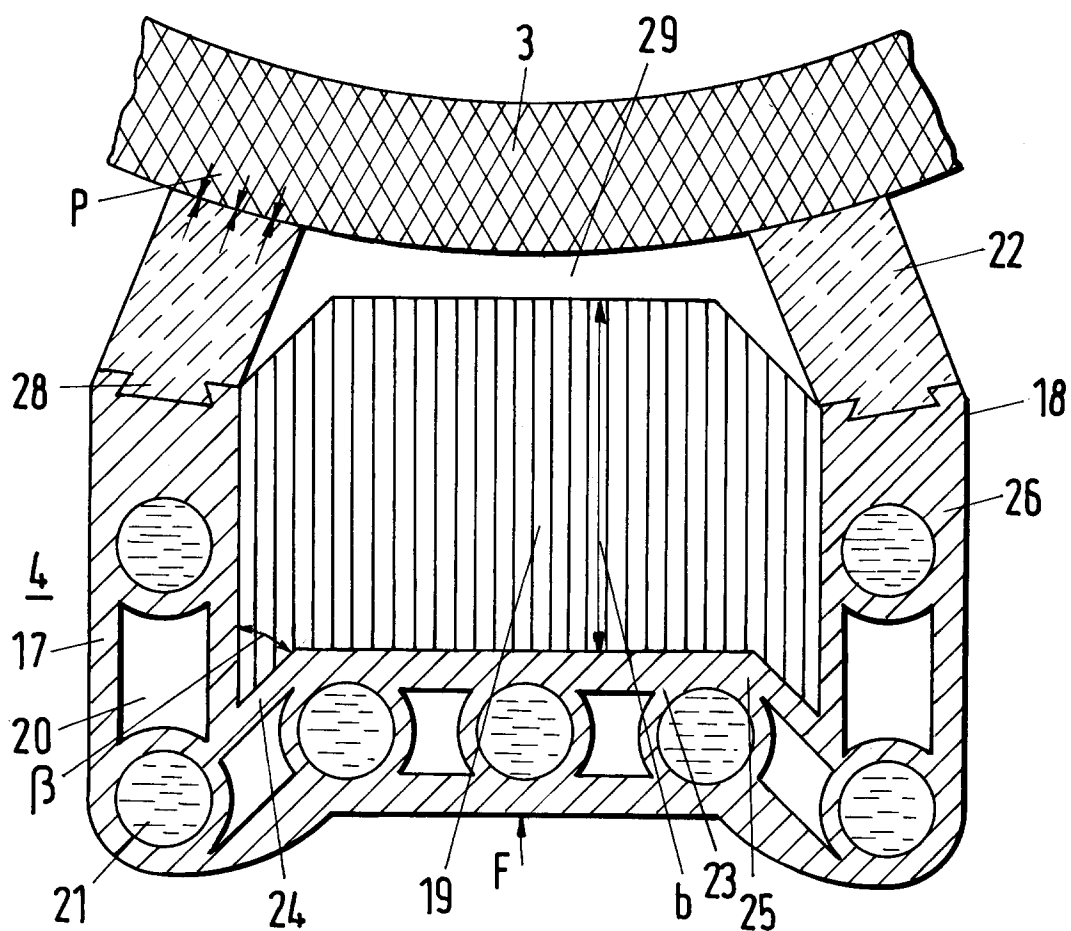


Fig. 5

