



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
28.12.94 Patentblatt 94/52

⑤① Int. Cl.⁵ : **H05B 6/24, F27D 11/12**

②① Anmeldenummer : **92107523.0**

②② Anmeldetag : **04.05.92**

⑤④ **Magnetischer Rückschluss für einen Induktionstiegelofen.**

③⑩ Priorität : **10.05.91 DE 4115278**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
11.11.92 Patentblatt 92/46

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
28.12.94 Patentblatt 94/52

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
BE DE ES FR GB IT

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 232 846
EP-A- 0 311 506
DE-A- 2 420 533

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
DE-C- 968 717
FR-E- 92 004
GB-A- 1 463 071
US-A- 3 004 091
US-A- 3 602 625

⑦③ Patentinhaber : **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. et al**
c/o ABB Patent GmbH,
Postfach 10 03 51
D-68128 Mannheim (DE)

EP 0 512 466 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

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

Ein solcher magnetischer Rückschluß ist aus der DE-A 24 20 533 bekannt. Die für den bekannten Induktionsofen bevorzugten Zuganker des magnetischen Rückschlusses kennzeichnen sich dadurch, daß sie jeweils einen Mittelteil aus U-Profilen besitzen, wobei an den Kopfenden des U-Profileisens Abdeckbleche angeschweißt sind, in deren Bohrungen mit dem oberen und unteren Umkleidungsteil des Ofentiegels in Eingriff stehende Schraubverbindungen eingreifen, und wobei in Bohrungen des U-Profileisens selbst die Spannmittel zum Anpressen des Jocheisens gegen die Ofenspule eingreifen und am U-Profileisen die Laschen der Abdeckbleche für die Jocheisen befestigt sind.

Ein ähnlicher magnetischer Rückschluß ist aus der US-PS 37 04 336 bekannt.

Ein ähnlicher magnetischer Rückschluß für einen Induktionstiegelofen ist aus der ABB-Druckschrift Nr. D ME/D 118 289 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 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. 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.

Ein weiterer Zweck der magnetischen Rückschlüsse ist die radiale Abstützung der Spule gegen die elektromagnetisch bedingten sowie die durch die thermische Ausdehnung des feuerfesten Tiegels bedingten Kräfte.

Bei modernen Hochleistungs-Induktionstiegelöfen mit einer Leistung von 1MW/t Inhalt an metallischem Einsatzmaterial ist insbesondere auch die Entstehung, Verstärkung und Ausbreitung von Schallwellen zu vermeiden.

Um diese Aufgaben erfüllen zu können, müssen die magnetischen Rückschlüsse selbst gewissen Anforderungen genügen:

- Das den Wechselfluß führende Material muß eine hohe Permeabilität und geringe Wirbelstromverluste aufweisen. Üblich ist der Aufbau aus entsprechend dünnen, elektrisch voneinander isolierten Transformatorblechen mit hohem spezifischem elektrischem Widerstand.
- Die magnetischen Rückschlüsse müssen ein genügend hohes mechanisches Widerstandsmoment in im eingebauten Zustand radialer Richtung haben, um die Übertragung der gesamten Abstützkräfte (bis zu 100 t/m² Spulenoberfläche und mehr) mit möglichst wenig Unterstützungspunkten zu ermöglichen.
- Die magnetischen Rückschlüsse sollen verwindungssteif sein und insbesondere zur Vermeidung von Resonanzen sollen die Trägheitsmomente in Längsrichtung (gegen Biegung) sowie gegen Torsion hoch sein.
- Die Einzelbleche des Blechpaketes des magnetischen Rückschlusses müssen ausreichend stark zusammengepreßt werden, um Vibrationen der Einzelbleche zu vermeiden (sonst tritt Geräuschbildung und unter Umständen auch eine Zerstörung der Isolation der Bleche mit der Gefahr von Eisenbrand auf).

Das Widerstandsmoment der magnetischen Rückschlüsse in radialer Richtung ist im wesentlichen durch ihre radiale Ausdehnung gegeben, weshalb die Blechpakete oft größer dimensioniert werden müssen, als dies aus Gründen des eigentlichen Zweckes, der Führung des magnetischen Flusses, erforderlich wäre. Dies ist

eine Lösung, die vergleichsweise hohe Kosten für die Erzielung des notwendigen oder wünschenswerten Widerstandsmomentes erfordert.

Die vorstehend erwähnte erforderliche Zusammenpressung der Blechpakete in senkrechter Richtung zu den Einzelblechen kann auf verschiedene Weise erfolgen: Allgemein bekannt ist der Einsatz von Preßbolzen, die durch Löcher in den Blechpaketen geführt werden. Damit ist eine ausreichend gute Pressung möglich, insbesondere, wenn genügend viele derartiger Preßstellen eingesetzt werden oder wenn bei wenigen individuellen Preßstellen die Preßkräfte durch entsprechend steife Deckblätter zu beiden Seiten des Blechpaketes gleichmäßig auf die ganze zu pressende Fläche verteilt werden. Dies hat den Vorteil, daß die Pressung jederzeit wieder auf den optimalen Wert nachjustiert werden kann, es hat jedoch den Nachteil, daß zusätzlich in den Blechen eine größere Zahl von Löchern erforderlich ist. Dadurch entstehen zusätzliche Schnittkanten, die bei nicht ganz exakter Ausführung oder z.B. bei abgenutztem Stanzwerkzeug Gratbildung aufweisen können, wodurch die Gefahr eines elektrischen Kontaktes zwischen den Eisenblechen und ein dadurch verursachter Eisenbrand gegeben ist.

Allgemein bekannt ist auch eine weitere Preßmethode, bei der die Einzelbleche zwischen zwei Deckblechen eingespannt werden, die durch Spannelemente miteinander verbunden sind. Beispielsweise können die Pakete mit den Deckblechen und Spannelementen unter Vorspannung verschweißt werden. Dies hat den Vorteil sehr einfacher Blechformen mit ausschließlich geraden Schnittkanten, die sich leicht gratfrei ausführen lassen. Es bestehen jedoch die Nachteile, daß eine nachträgliche Justierung des Preßdruckes nicht mehr möglich und die spezifische Anpressung nicht gleichmäßig ist.

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 weitere, zum Teil erhebliche Wirbelstromverluste auftreten. In 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. In Rückschlußraum des Feldes auf der Außenseite der Ofenspule wechseln dagegen bei der vorstehend beschriebenen Anordnung der magnetischen Rückschlüsse am Spulenumfang Bereiche mit geringem magnetischen 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 Spulen- bzw. Blechpaketenden breitet er sich jedoch in Umfangsrichtung aus, um im Spulennern auf in Umfangsrichtung gleichmäßige Flußdichte überzugehen. Dabei tritt 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, der trotz insgesamt einfachen Aufbaus ein hohes Trägheitsmoment und Torsionsmoment aufweist.

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 durch die Einfassung des Blechpaketes in einem Tragkörper eine hohe Steifigkeit bezüglich Biegung und Torsion des magnetischen Rückschlusses bei vergleichsweise geringem Materialeinsatz, eine hohe Dämpfung auf dem Übertragungsweg von der Spule zum Ofengehäuse für Radialschwingungen und eine hohe Wärmeableitfähigkeit für die während des Betriebes erzeugte Verlustwärme gewährleistet wird.

Aufgrund der großen Steifigkeit des Tragkörpers ist es möglich, die Abstützung des magnetischen Rückschlusses gegen den Ofenkörper in radialer Richtung auf zwei Stellen je magnetischem Rückschluß nahe den Enden der Blechpakete zu beschränken. Damit lassen sich statisch bestimmte Verhältnisse erzielen und die gewünschte Anpreßkraft ist leicht definiert einstellbar. Der Einsatz eines eigenen Ofenkörper-Rahmenstabes je magnetischem Rückschluß ist nicht erforderlich, so daß der Ofenkörper einfacher und materialsparender aufgebaut werden kann. Die Abstützung der magnetischen Rückschlüsse gegen den Ofenkörper erfolgt zweckmäßig über einen unteren und einen oberen Rahmen hoher Steifigkeit und hoher Eigenfrequenz. Dementsprechend werden lediglich hohe, unschädliche Resonanzfrequenzen von der Ofenspule über die magnetischen Rückschlüsse zum Rahmen geleitet. Außerdem können in diese Abstützungen mit minimalem Aufwand schwingungsdämpfende Elemente eingebaut werden, die eine Übertragung der von der Ofenspule ausgehenden und zumindest teilweise über die magnetischen Rückschlüsse auf den Ofenkörper fortgeleiteten Schwin-

gungen sehr stark dämpfen.

Eine weitere Dämpfung bereits bei der Schwingungsübertragung von der Ofenspule auf die Blechpakete kann dadurch erzielt werden, daß die magnetischen Rückschlüsse respektive ihre Tragkörper auf ihrer der Spule zugekehrten Seite mit schwingungsdämpfenden Elementen belegt werden.

5 Durch ein Bündel von Maßnahmen, die je nach Erfordernis einzeln oder in beliebigen Kombinationen eingesetzt werden, wird die Entstehung, Verstärkung und Ausbreitung von Schallwellen vermieden. So wird die Weiterleitung der elektromagnetisch bedingten Schwingungen der Ofenspule auf den Ofenkörper optimal gedämpft, so daß die Schallabstrahlung vom Induktionsofen an die Umgebung minimiert wird.

10 Bei Einfassung der Blechpakete durch einen Tragkörper hoher elektrischer Leitfähigkeit auf den drei nicht der Ofenspule zugewandten Seiten wird das Ein- und Austreten von Flußkomponenten quer zur Blechrichtung im Sinne einer Abschirmung verhindert. Damit werden Zusatzverluste und damit zusätzliche Erwärmungen insbesondere in den Endbereichen der Blechpakete vermieden, so daß auf Sondermaßnahmen zu ihrer Abführung verzichtet werden kann.

15 Die Abfuhr der in den Blechpaketen entstehenden Wirbelstrom-Wärmeverluste ist in sehr einfacher Weise möglich, in dem die Längskanäle des Tragkörpers zumindest teilweise zur Kühlmittelführung herangezogen werden. Je nach erforderlicher 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.

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

Es zeigen:

- Figur 1 einen Induktionstiegelofen im seitlichen Schnitt,
- 25 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 einen magnetischen Rückschluß mit einem einstückigen Strangprofil im Schnitt,
- Figur 6 einen magnetischen Rückschluß mit drei Einzelprofilen im Schnitt,
- 30 Figur 7 eine bevorzugte Ausführungsform des magnetischen Rückschlusses im Schnitt,
- Figur 8 einen magnetischen Rückschluß mit schwingungsdämpfenden Bauelement im Schnitt,
- Figur 9 einen magnetischen Rückschluß mit mechanisch befestigtem Blechpaket im Schnitt,
- Figur 10 einen magnetischen Rückschluß mit eingespanntem Blechpaket,
- Figur 11 einen magnetischen Rückschluß mit Klammern zur Befestigung der drei Einzelprofile des Tragkörpers und des Blechpakets,
- 35 Figur 12 eine Aufsicht auf einen magnetischen Rückschluß mit Klammern,
- Figur 13 den Verlauf des magnetischen Flusses bei Übertritt vom magnetischen Rückschluß zur Schmelze im Tiegel.

40 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 eingefaßt ist. 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, wie vorstehend erläutert.

In Figur 4 ist eine zweite prinzipielle Ausgestaltung eines magnetischen Rückschlusses im Schnitt dargestellt. Im Unterschied zur Ausgestaltung gemäß Figur 3 ist das aktive Blechpaket 9 dabei von einem aus drei

Einzelprofilen bestehenden Tragkörper eingefaßt. Die drei Einzelprofile, nämlich zwei Seitenwände 10, 11 und eine Rückwand 12, umgeben das Blechpaket C- bzw. U-förmig, wobei die Rückwand 12 auf geeignete, nachfolgend noch beschriebene Weise mit beiden Seitenwänden 10, 11 verbunden ist.

In Figur 5 ist ein magnetischer Rückschluß mit einem einstückigen Strangpreßprofil im Schnitt dargestellt. Der Tragkörper 8 ist dabei als Aluminium-Strangpreßprofil mit einer Vielzahl von einzelnen Längskanälen 13 ausgebildet, so daß das Strangpreßprofil im Querschnitt ein Gitterwerk mit einer großen Zahl von Längshohlräumen darstellt (ein ähnliches Gitterwerk ist in Figur 8 gezeigt). Diese Ausführungsart - die auch für die Einzelprofile der dreiteiligen Variante gemäß Figur 4 anwendbar ist - hat eine Reihe von Vorteilen. Zum einen ist eine hohe Steifigkeit gegen Biegung und Torsion bei vergleichsweise geringem Materialeinsatz, niedrigem Materialgewicht und geringen Materialkosten gewährleistet. 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 13 können zumindest teilweise als interne Kühlkanäle zur Zirkulation eines Kühlmittels (vorzugsweise Wasser) herangezogen werden, so daß sich infolge der großen Wärmeübergangsfläche eine hohe Wärmeableitfähigkeit für die während des Betriebes entstehende Verlustwärme ergibt. Auf diese Weise ist es möglich, die Temperaturbelastung der magnetischen Rückschlüsse auf vorgeschriebene Werte zu begrenzen.

In Figur 6 ist ein magnetischer Rückschluß mit drei Einzelprofilen im Schnitt dargestellt. Es ist zu erkennen, daß die vorzugsweise aus Aluminium bestehenden Seitenwände 10, 11 mit internen Längskanälen 14 versehen sind, während die Rückwand als Stahlprofil 15 ausgebildet ist. Dabei kann das Stahlprofil 15 massiv oder als hohles Vierkantprofil oder hohles Rechteckprofil ausgebildet sein. Eine Befestigung des Stahlprofils 15 mit den beiden Seitenwänden 10, 11 kann beispielsweise über Befestigungsschrauben 16 erfolgen, die durch Bohrungen in den Seitenwänden 10, 11 greifen und in Gewindebohrungen im Stahlprofil 15 verankert sind. Alternativ können auch Stehbolzen mit dem Stahlprofil 15 verschweißt sein, wobei diese mit einem Gewinde versehenen Stehbolzen durch Bohrungen in den Seitenwänden 10, 11 greifen und eine Anpressung der Seitenwände gegen die Rückwand über mit dem Stehbolzen verschraubte Muttern erfolgt.

In Figur 7 ist eine bevorzugte Ausführungsform des magnetischen Rückschlusses im Schnitt dargestellt. Der einstückige Tragkörper 8 weist mehrere - im Ausführungsbeispiel fünf - Kühlkanäle 17 mit jeweils kreisförmigem Querschnitt auf. Jeweils zwischen den Kühlkanälen befinden sich weitere Längskanäle 18 mit unregelmäßig geformtem Querschnitt. Die der Ofenspule 3 zugewandte Stirnfläche des aktiven Blechpakets 9 und die beiden Stirnflächen der Seitenwände des Tragkörpers können mit einer Abdeckung 19 - beispielsweise aus Glimmer - versehen sein. Durch den Winkel Alpha mit einem Wert von ungefähr 170° ist angedeutet, daß sowohl die der Ofenspule 3 zugewandte Stirnfläche des Tragkörpers als auch die entsprechende Fläche des Blechpakets an die Zylinderform der Ofenspule angepaßt sind. An der Außenfläche der Rückwand des Tragkörpers 8 können zwei Haltenasen 21 zur Arretierung eines auf der Rückwand befestigten Stahlprofils 20 angeformt sein. Durch das Stahlprofil 20 wird die Biege- und Torsionssteifigkeit des Tragkörpers 8 erhöht. Die Befestigung des Stahlprofils erfolgt zweckmäßig mittels Klebstoff 22.

Die Befestigung der Bodenfläche des aktiven Blechpakets 9 an der Innenfläche der Rückwand des Tragkörpers 8 erfolgt beispielsweise durch einen Klebstoff 23 mit hoher Wärmeleitfähigkeit. Alternativ hierzu kann eine Wärmeleitpaste eingesetzt werden, wobei das Blechpaket auf andere Weise zu befestigen ist. Auf diese Weise ist stets ein guter Wärmeübergang von der Bodenfläche des Blechpakets 9 zur Rückwand des Tragkörpers 8 gewährleistet. Um einen guten Wärmeübergang zwischen den Seitenflächen des Blechpakets 9 und den Seitenwänden des Tragkörpers 8 sicherzustellen und um störende Geräuschbildung zu unterbinden, wird das Blechpaket vorzugsweise zwischen beiden Seitenwänden eingepreßt.

In Figur 8 ist ein magnetischer Rückschluß mit schwingungsdämpfendem Bauelement im Schnitt dargestellt. Es ist zu erkennen, daß ein schwingungsdämpfendes Bauelement 24 - beispielsweise aus Keramik oder einem teflongetränkten Keramikfaserprofil - an der Stirnfläche der zur Ofenspule 3 zugewandten Seitenwand des Tragkörpers 8 befestigt ist. Hierzu sind Haltenasen 25 an der Stirnflächen des Tragkörpers angeformt, zwischen denen ein schwalbenschwanzförmiger Zwischenraum zur Einführung des entsprechend geformten Bauelements 24 gebildet wird. Dieses schwingungsdämpfende Bauelement 24 wird gegen den Außenmantel der Spule 3 gepreßt und dämpft zusätzlich die Schwingungsübertragung von der Ofenspule 3 zu den Rahmenringen 6, 7.

In Figur 9 ist ein magnetischer Rückschluß mit mechanisch befestigtem Blechpaket im Schnitt dargestellt. Dabei ist das Blechpaket 9 in seinem der Rückwand 12 bzw. dem Stahlprofil 15 des Tragkörpers zugewandten Bodenbereich mit einer, zwei oder mehr schwalbenschwanzförmigen Nuten senkrecht zur Längsachse (senkrecht bzw. tangential zum Durchmesser der Ofenspule) versehen. In diese Nuten greifen entsprechend geformte Befestigungskeile 26 ein, die das Blechpaket über Befestigungsschrauben 27 an die Innenfläche der Rückwand bzw. des Stahlprofils 15 des Tragkörpers pressen. Die Befestigungsschrauben 27 greifen hierzu durch entsprechende Bohrungen der Rückwand bzw. des Stahlprofils 15. Die Ausbildung der Seitenwände 10,

11 des Tragkörpers mit Längskanälen 14 sowie die Befestigung der Seitenwände am Stahlprofil 15 mittels Befestigungsschrauben 16 ist wie vorstehend unter Figur 6 erläutert. In Figur 9 ist ein aus drei Einzelprofilen zusammengesetzter Tragkörper gezeigt, die vorstehend erläuterten Befestigungsweisen des Blechpakets sind jedoch auch bei einstückigem Tragkörper (siehe Figur 3) möglich.

5 In Figur 10 ist ein magnetischer Rückschluß mit eingespanntem Blechpaket dargestellt. Bei dieser Variante drücken Preßbolzen 28, die ihr Widerlager 29 in den Seitenwänden 10, 11 des Tragkörpers haben, gegen das Blechpaket 9. Die Preßbolzen 28 werden mit vorgegebenem Drehmoment angezogen, um eine ausreichende Pressung des Blechpakets 9 zu erzielen. Um die punktförmigen Druckkräfte gegen die Seiten des Blechpakets gleichmäßig zu verteilen, können steife Deckblätter 30 jeweils zwischen Blechpaket-Seitenfläche und Innenfläche der Seitenwand 10 bzw. 11 vorgesehen sein. Bei Bedarf ist ein nachträgliches Justieren des optimalen Preßdruckes durch Nachziehen der Preßbolzen 28 möglich (z.B. bei Materialermüdung oder prinzipiell nach einer vorgeschriebenen Betriebszeit). Durch eine gleichmäßige optimale Pressung über die ganze Länge des Blechpaketes wird insbesondere ein "Eigenbrummen" des Blechpaketes unterdrückt.

10 In Figur 10 ist ein aus drei Einzelprofilen 10 bis 12 zusammengesetzter Tragkörper gezeigt, die vorstehend erläuterte Einspannung des Blechpakets ist jedoch auch bei einstückigem Tragkörper (siehe Figur 3) einsetzbar.

15 In Figur 11 ist ein magnetischer Rückschluß mit Klammern zur Befestigung der drei Einzelprofile des Tragkörpers und des Blechpakets dargestellt. Es sind U- bzw. C-förmige Klammern 31 zu erkennen, die sowohl Rückwand 12 als auch Seitenwände 10, 11 umfassen. Bei entsprechender Vorspannung der Klammern 31 ist eine Befestigung der drei Einzelprofile 10 bis 12 des Tragkörpers ohne weitere Hilfsmittel möglich, wobei gleichzeitig eine Einspannung des Blechpakets 9 durch den auf beide Seitenwände 10, 11 ausgeübten Druck erfolgt. Alternativ ist es durch Einsatz von Preßbolzen 32, die ihre Widerlager in den Seitenwänden der Klammern 31 haben, möglich, eine präzise vorgegebene Druckkraft auf die Seitenwände 10, 11 und das Blechpaket 9 auszuüben. Zur zusätzlichen Verteilung der über die Preßbolzen 32 punktförmig aufgetragenen Druckkraft können steife Deckplatten 34 zwischen Seitenwänden der Klammern 31 und Außenflächen der Seitenwände 10, 11 vorgesehen sein.

20 In Figur 12 ist eine Ansicht auf einen magnetischen Rückschluß mit Klammern dargestellt. Es ist der stabförmige magnetische Rückschluß 4 mit Seitenwänden 10, 11 des Tragkörpers, eingespannten Blechpaketen 9 und mehreren Klammern 31 zu erkennen. Desweiteren ist in Figur 12 beispielhaft angedeutet, wie eine Kühlmittelzufuhr und ein Kühlmittelrücklauf zu einem externen Rückkühler erfolgen kann. Hierzu können die Kühlkanäle bzw. Längskanäle an ihrem einen Ende mit Stutzen 38 versehen sein, auf die Kühlmittelschläuche 39 aufsteckbar sind. Die weiteren Enden der Kühlkanäle bzw. Längskanäle können über U-Bögen 40 miteinander verbunden sein. Es sind auch andere allgemein bekannte Kühlmittelverbindungen einsetzbar. Das vorstehend angedeutete Konzept ist selbstverständlich nicht auf die Variante des magnetischen Rückschlusses mit Klammern beschränkt, sondern allgemein bei allen Ausführungsarten einsetzbar.

25 In Figur 13 ist der Verlauf des magnetischen Flusses bei Übertritt vom magnetischen Rückschluß 4 zur Schmelze im Tiegel dargestellt. Der magnetische Fluß tritt aus den Enden der Blechpakete 9 aus und verläuft über den Tiegel 2 zur Schmelze 5 respektive zum metallischen Einsatzmaterial. Der magnetische Fluß im Blechpaket ist mit Ziffer 37, der Fluß im Randbereich der Ofenspule 3 bzw. des Tiegels ist mit Ziffer 35 und der Fluß im metallischen Einsatzmaterial respektive in der Schmelze 5 ist mit Ziffer 36 bezeichnet. Durch die Abschirmwirkung des aus elektrisch leitfähigem Material (vorzugsweise einer Aluminiumlegierung) bestehenden Tragkörpers 8 wird verhindert, daß der Fluß im Endbereich des magnetischen Rückschlusses quer zur Längsachse des Blechpakets ein- oder austritt, so daß entsprechende Zusatzverluste vermieden werden. Es wird auf die diesbezüglichen vorstehenden Ausführungen hingewiesen.

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), wobei das Blechpaket (9) auf seinen drei nicht der Ofenspule (3) zugewandten Hauptoberflächen von einem im Querschnitt C- oder U-förmigen biege- und verwindungssteifen Tragkörper (8, 10 bis 12) eingefast ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Blechpaket (9) vom Tragkörper (8, 10 bis 12) vollständig abgedeckt ist und daß der Tragkörper aus einem elektrisch gut leitenden Material besteht, so daß das Ein- und Austreten von Flußkomponenten quer zur Blechrichtung verhindert wird.
2. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8, 10 bis 12) aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht.

3. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8, 10 bis 12) mindestens einen Längskanal (13,14,17,18) aufweist.
- 5 4. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Längskanal (13,14,17,18) zur Führung eines Kühlmittels geeignet ist.
5. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8) einstückig ausgebildet ist.
- 10 6. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper aus drei Stücken - zwei Seitenwänden (10,11) und einer Rückwand (12) - ausgebildet ist.
7. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8, 10 bis 12) aus mindestens einem Strangpreßprofil besteht.
- 15 8. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 6 und/oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen zwischen Rückwand (12) und Seitenwänden (10,11) über Befestigungsschrauben (16) erfolgen.
9. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 6 und/oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungen zwischen Rückwand (12) und Seitenwänden (10,11) über Klammern (31) erfolgen.
- 20 10. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Blechpaket (9) im Tragkörper (8, 10 bis 12) eingeklebt ist.
11. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Blechpaket (9) im Tragkörper (8, 10 bis 12) eingepreßt ist.
- 25 12. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Pressung über Preßbolzen (28) erfolgt, die ihre Widerlager (29) in den Seitenwänden (10,11) des Tragkörpers haben.
13. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein steifes Deckblatt (30) zwischen Blechpaket (9) und Seitenwänden (10,11) des Tragkörpers angeordnet ist.
- 30 14. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Pressung über die zur Verbindung der Rückwand (12) mit den Seitenwänden (10,11) eingesetzten Klammern (31) erfolgt.
- 35 15. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Pressung über Preßbolzen (32) erfolgt, die ihre Widerlager (33) in den Seitenwänden der Klammern (31) haben.
16. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine steife Deckplatte (34) zwischen einer Seitenwange der Klammer (31) und einer Seitenwand (10,11) des Tragkörpers angeordnet ist.
- 40 17. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Blechpaket (9) über Befestigungskeile (26) im Tragkörper (8, 10 bis 12) fixiert ist.
- 45 18. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß Wärmeleitpaste zwischen Blechpaket (9) und Tragkörper (8, 10 bis 12) eingebracht ist.
19. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß schwingungsdämpfende Bauelemente (24) an den der Ofenspule zugewandten Stirnflächen des Tragkörpers (8, 10 bis 12) angeordnet sind.
- 50 20. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fixierung der schwingungsdämpfenden Bauelemente (24) mittels am Tragkörper (8, 10 bis 12) angeformter Haltenasen (25) erfolgt.
- 55 21. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Rückwand (12) des Tragkörpers als Stahlprofil (15) ausgebildet ist.
22. Magnetischer Rückschluß nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß

ein Stahlprofil (20) auf mindestens einer Hauptoberfläche des Tragkörpers (8, 10 bis 12) befestigt ist.

23. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das Stahlprofil (20) auf dem Tragkörper (8, 10 bis 12) aufgeklebt ist.

24. Magnetischer Rückschluß nach Anspruch 22 und/oder 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Tragkörper (8, 10 bis 12) mit Haltenasen (21) zur Arretierung des Stahlprofils (20) versehen ist.

Claims

1. Magnetic yoke for an induction crucible furnace having a rod-shaped core stack (9) suitable for carrying the magnetic flux generated by the furnace coil (3) of the induction crucible furnace (1), the core stack (9) being enclosed on its three principal surfaces not facing the furnace coil (3) by a flexurally and torsionally rigid support body (8, 10 to 12) which is C-or U-shaped in cross-section, characterised in that the core stack (9) is completely covered by the support body (8, 10 to 12), and in that the support body is composed of a material with good electrical conductivity, with the result that the entry and emergence of flux components at right angles to the direction of lamination is prevented.

2. Magnetic yoke according to Claim 1, characterised in that the support body (8, 10 to 12) is composed of aluminium or an aluminium alloy.

3. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 or 2, characterised in that the support body (8, 10 to 12) has at least one longitudinal channel (13, 14, 17, 18).

4. Magnetic yoke according to Claim 3, characterised in that at least one longitudinal channel (13, 14, 17, 18) is suitable for carrying a coolant.

5. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 4, characterised in that the support body (8) is of single-piece construction.

6. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 4, characterised in that the support body is constructed of three parts (two side walls (10, 11) and one rear wall (12)).

7. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 6, characterised in that the support body (8, 10 to 12) comprises at least one extruded profiled part.

8. Magnetic yoke according to Claim 6 and/or 7, characterised in that the joints between rear wall (12) and side walls (10, 11) are made by means of fixing screws (16).

9. Magnetic yoke according to Claim 6 and/or 8, characterised in that the joints between rear wall (12) and side walls (10, 11) are made by means of clamps (31).

10. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 9, characterised in that the core stack (9) is glued in the support body (8, 10 to 12).

11. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 10, characterised in that the core stack (9) is clamped in the support body (8, 10 to 12).

12. Magnetic yoke according to Claim 11, characterised in that the clamping is carried out by means of clamping bolts (28) which have their thrust block (29) in the side walls (10, 11) of the support body.

13. Magnetic yoke according to Claim 12, characterised in that a rigid cover plate (30) is arranged between core stack (9) and side walls (10, 11) of the support body.

14. Magnetic yoke according to Claim 11, characterised in that the clamping is carried out by means of the clamps (31) used to join the rear wall (12) to the side walls (10, 11).

15. Magnetic yoke according to Claim 14, characterised in that the clamping is carried out by means of clamping bolts (32) which have their thrust block (33) in the side cheeks of the clamps (31).

16. Magnetic yoke according to Claim 15, characterised in that a rigid cover plate (34) is arranged between a side cheek of the clamp (31) and a side wall (10, 11) of the support body.
- 5 17. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 10, characterised in that the core stack (9) is fixed by means of fixing wedges (26) in the support body (8, 10 to 12).
18. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 17, characterised in that thermally conducting paste is introduced between core stack (9) and support body (8, 10 to 12).
- 10 19. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 18, characterised in that vibration-damping components (24) are arranged at the end faces, facing the furnace coil, of the support body (8, 10 to 12).
20. Magnetic yoke according to Claim 9, characterised in that the vibration-damping components (24) are fixed by means of holding lugs (25) formed onto the support body (8, 10 to 12).
- 15 21. Magnetic yoke according to Claim 6, characterised in that the rear wall (12) of the support body is constructed as a steel profiled part (15).
22. Magnetic yoke according to at least one of Claims 1 to 20, characterised in that a steel profiled part (20) is fixed on at least one principal surface of the support body (8, 10 to 12).
- 20 23. Magnetic yoke according to Claim 22, characterised in that the steel profiled part (20) is glued on the support body (8, 10 to 12).
- 25 24. Magnetic yoke according to Claim 22 and/or 23, characterised in that the support body (8, 10 to 12) is provided with holding lugs (21) for locking the steel profiled part (20).

Revendications

- 30 1. Culasse magnétique pour un four à induction à creuset, comportant un paquet de tôles (9) en forme de barreau adapté pour guider le flux magnétique produit par la bobine (3) du four à induction à creuset (1), le paquet de tôles étant entouré sur ses trois faces principales non tournées vers la bobine (3) par un support (8, 10 à 12) à section en forme de C ou de U, rigide à la flexion et à la torsion, caractérisée par le fait que le paquet de tôles (9) est entièrement recouvert par le support (8, 10 à 12) et par le fait que le support se compose d'un matériau bon conducteur de l'électricité de manière à empêcher la sortie de composantes de flux transversalement à la direction de la tôle.
- 35 2. Culasse magnétique selon la revendication 1, caractérisée par le fait que le support (8, 10 à 12) est en aluminium ou en un alliage d'aluminium.
- 40 3. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 ou 2, caractérisée par le fait que le support (8, 10 à 12) présente au moins un canal (13, 14, 17, 18) longitudinal.
4. Culasse magnétique selon la revendication 3, caractérisée par le fait qu'au moins un canal (13, 14, 17, 18) longitudinal est adapté pour guider un agent de refroidissement.
- 45 5. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que le support (8) est monobloc.
- 50 6. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 4, caractérisée par le fait que le support est formé de trois parties - de deux parois latérales (10, 11) et d'une paroi arrière (12) -.
7. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 6, caractérisée par le fait que le support (8, 10 à 12) est constitué d'au moins un profilé extrudé.
- 55 8. Culasse magnétique selon la revendication 6, caractérisée par le fait que les liaisons entre la paroi arrière (12) et les parois latérales (10, 11) sont réalisées au moyen de vis de fixation (16).
9. Culasse magnétique selon la revendication 6 et/ou la revendication 8, caractérisée par le fait que les liai-

sons entre la paroi arrière (12) et les parois latérales (10, 11) sont réalisées au moyen de brides (31).

10. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 9, caractérisée par le fait que le paquet de tôles (9) est collé dans le support (8, 10 à 12).
- 5 11. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 10, caractérisée par le fait que le paquet de tôles (9) est monté à force dans le support (8, 10 à 12).
12. Culasse magnétique selon la revendication 11, caractérisée par le fait que la pression est appliquée au moyen de vis de pression (28) dont l'ancrage (29) est situé dans les parois latérales (10, 11) du support.
- 10 13. Culasse magnétique selon la revendication 12, caractérisée par le fait qu'une feuille de couverture (30) rigide est disposée entre le paquet de tôles (9) et les parois latérales (10, 11) du support.
14. Culasse magnétique selon la revendication 11, caractérisée par le fait que la pression est appliquée au moyen des brides (31) utilisées pour lier la paroi arrière (12) aux parois latérales (10, 11).
- 15 15. Culasse magnétique selon la revendication 14, caractérisée par le fait que la pression est appliquée au moyen de vis de pression (32) dont l'ancrage (33) est situé dans les parois latérales des brides (31).
- 20 16. Culasse magnétique selon la revendication 15, caractérisée par le fait qu'une feuille de couverture (34) rigide est disposée entre une paroi latérale de la bride (31) et une paroi latérale (10, 11) du support.
17. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 10, caractérisée par le fait que le paquet de tôles (9) est bloqué dans le support (8, 10 à 12) au moyen de cales (26).
- 25 18. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 17, caractérisée par le fait que de la pâte conductrice de la chaleur est appliquée entre le paquet de tôles (9) et le support (8, 10 à 12).
19. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 18, caractérisée par le fait que des éléments (24) amortisseurs de vibrations sont disposés sur les faces frontales du support (8, 10 à 12) tournées vers la bobine.
- 30 20. Culasse magnétique selon la revendication 19, caractérisée par le fait que les éléments (24) amortisseurs de vibrations sont immobilisés au moyen de saillies de retenue (25) formées sur le support (8, 10 à 12).
- 35 21. Culasse magnétique selon la revendication 6, caractérisée par le fait que la paroi arrière (12) du support est agencée sous forme de profilé (15) en acier.
22. Culasse magnétique selon au moins une des revendications 1 à 20, caractérisée par le fait qu'un profilé (20) en acier est fixé sur au moins une surface principale du support (8, 10 à 12).
- 40 23. Culasse magnétique selon la revendication 22, caractérisée par le fait que le profilé (20) en acier est collé sur le support (8, 10 à 12).
- 45 24. Culasse magnétique selon la revendication 22 et/ou la revendication 23, caractérisée par le fait que le support (8, 10 à 12) est pourvu de saillies de retenue (21) destinées à immobiliser le profilé (20) en acier.

50

55

Fig.1

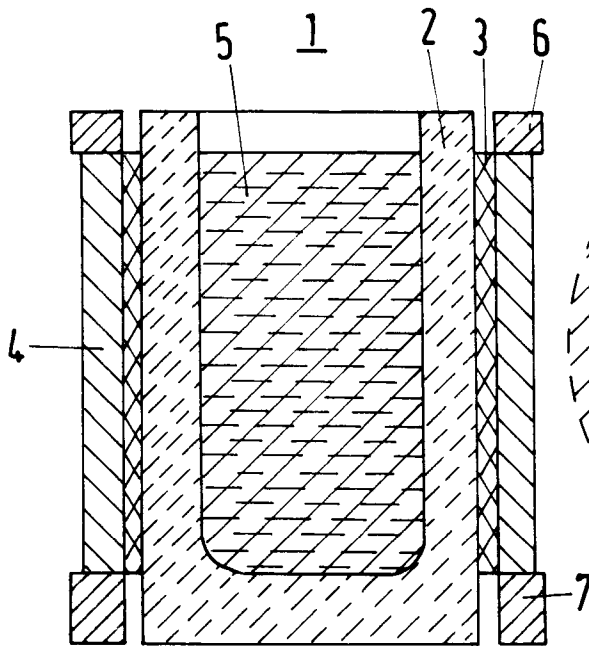


Fig.2

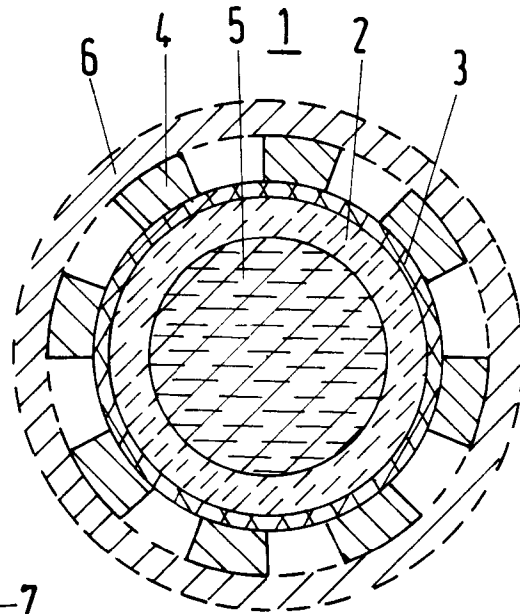


Fig.3

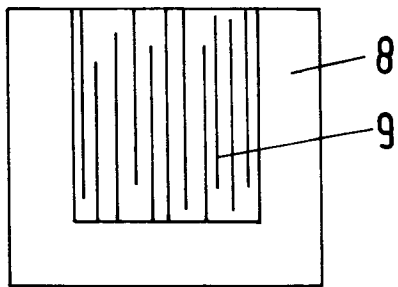


Fig.4

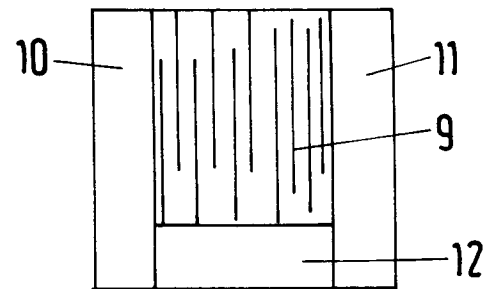


Fig.5

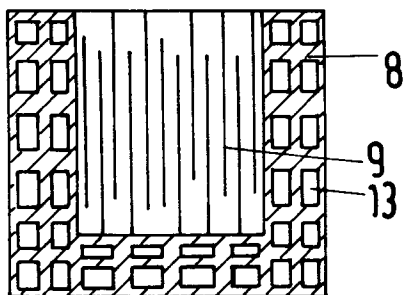


Fig.6

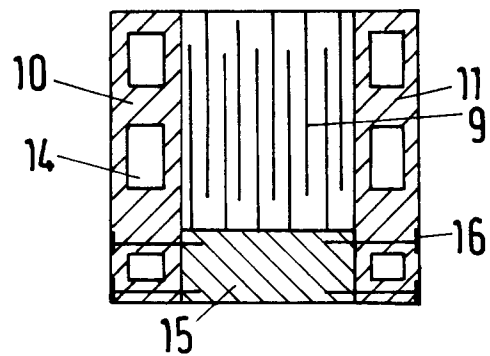


Fig.7

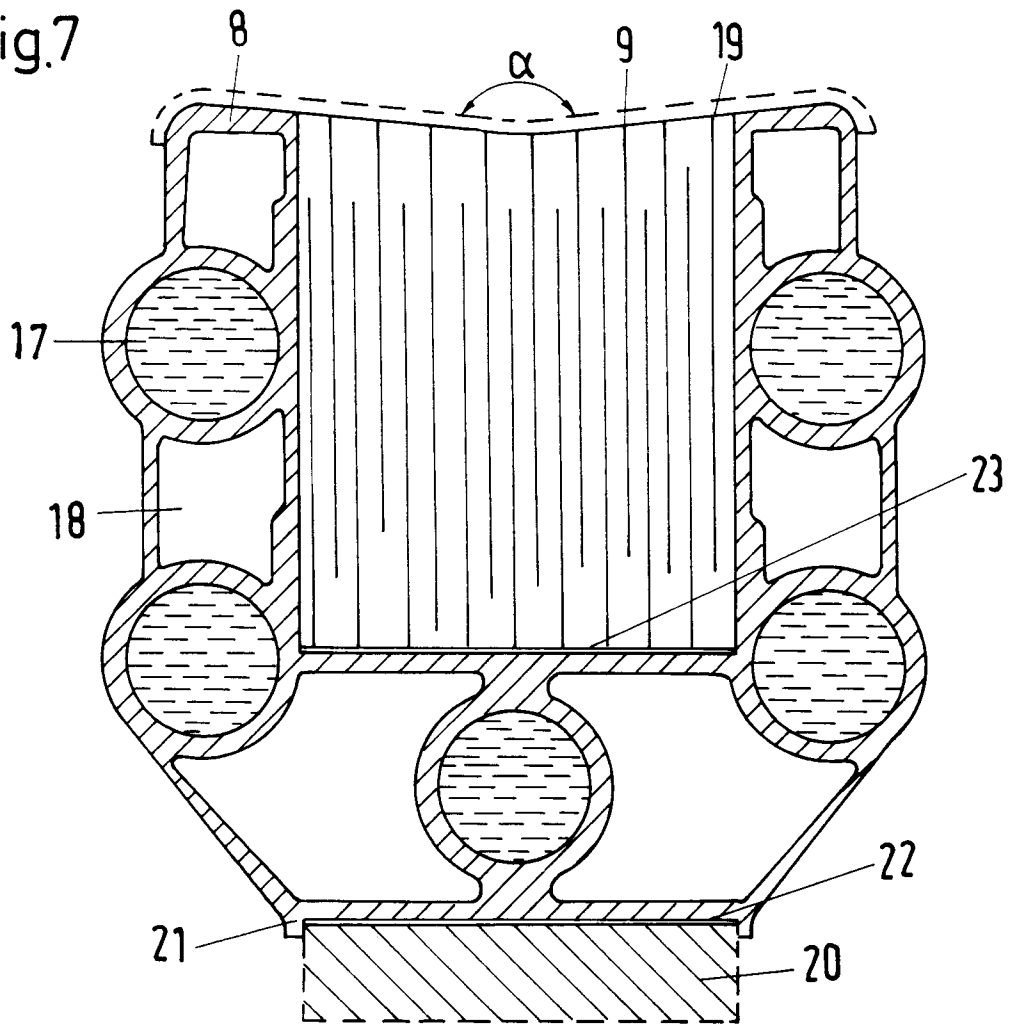


Fig.8

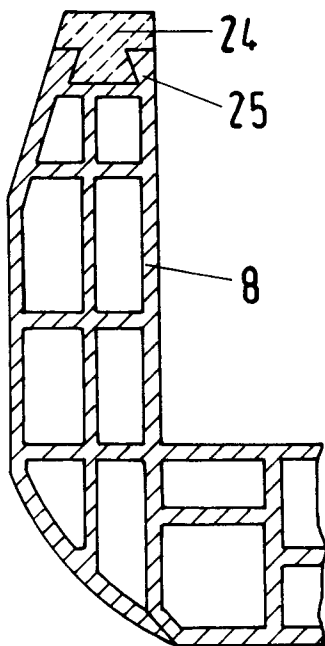


Fig.9

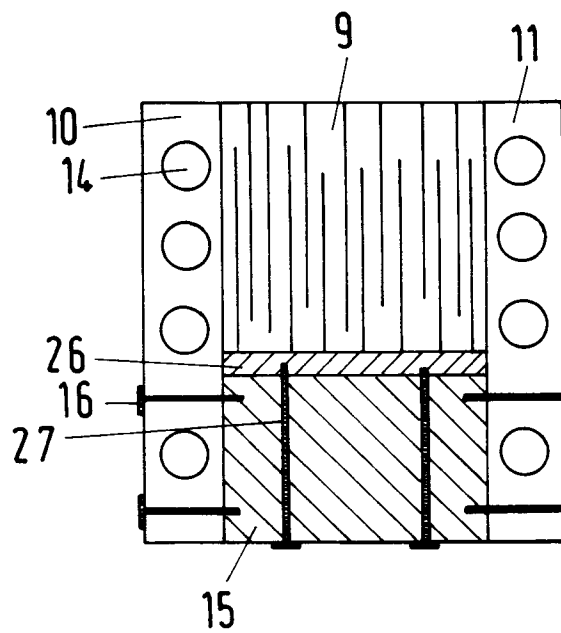


Fig.10

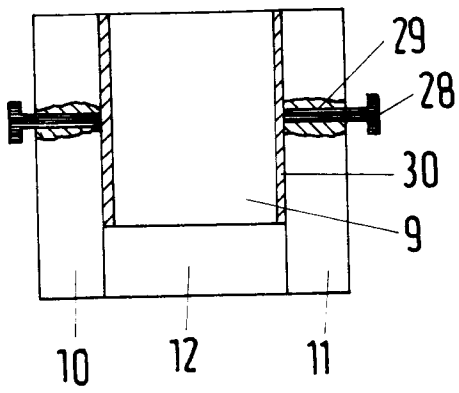


Fig.11

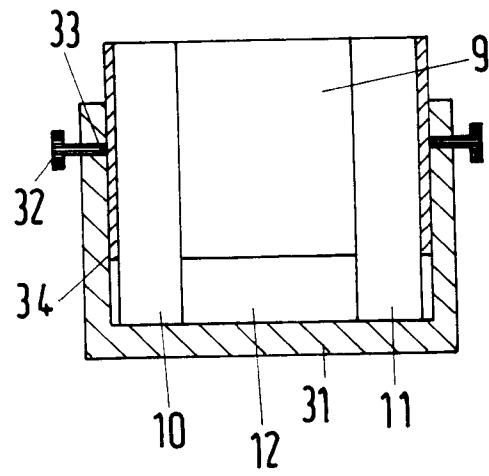


Fig.12

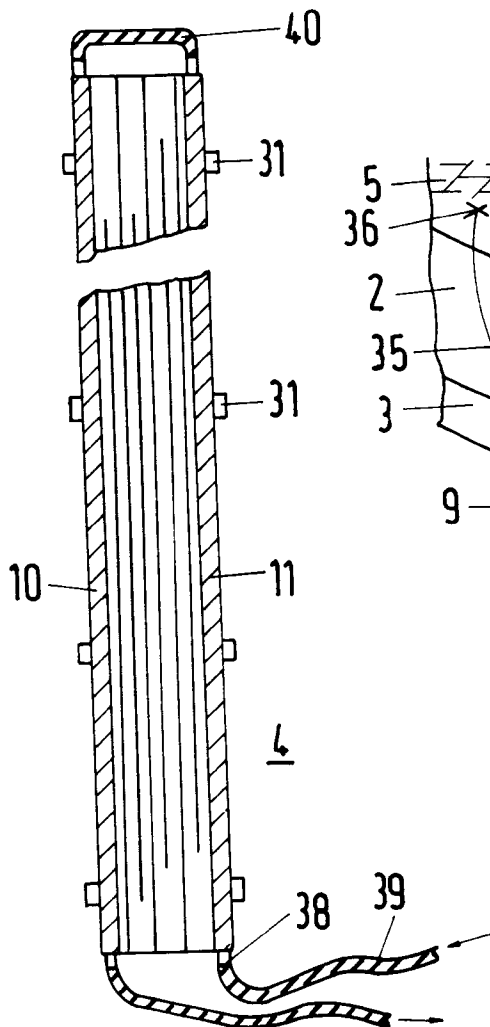


Fig.13

