



(11) **EP 2 183 944 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.09.2010 Patentblatt 2010/38

(51) Int Cl.:
H05B 6/02 (2006.01) **H05B 6/14** (2006.01)
H01F 6/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08773966.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2008/005646

(22) Anmeldetag: **10.07.2008**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2009/012895 (29.01.2009 Gazette 2009/05)

(54) **INDUKTIONSSHEIZER**

INDUCTION HEATER

APPAREIL DE CHAUFFAGE PAR INDUCTION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **26.07.2007 DE 202007014930 U**
25.10.2007 DE 102007051144

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.05.2010 Patentblatt 2010/19

(73) Patentinhaber: **Zenergy Power GmbH**
53359 Rheinbach (DE)

(72) Erfinder:
• **FÜLBIER, Christoph**
53797 Lohmar (DE)

- **HAHN, Ingolf**
53177 Bonn (DE)
- **BÜHRER, Carsten**
53125 Bonn (DE)
- **BRAUN, Thomas**
56729 Ettringen (DE)

(74) Vertreter: **Prietsch, Reiner**
Dipl.-Ing. Reiner Prietsch
Patentanwalt
Postfach 11 19
82141 Planegg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 170 556 EP-A- 0 266 470
WO-A-02/24965 WO-A-91/17644
DE-A1- 2 315 502 DE-A1-102005 061 670
FR-A- 904 159 US-A- 3 522 405

EP 2 183 944 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Induktionsheizer mit einer gleichstromgespeisten supraleitenden Spulenanordnung auf einem Joch und ein Verfahren zum Einstellen der Jochbreite.

[0002] Ein Induktionsheizer ist aus der DE 10 2005 061 670.4 bekannt. Zur Erwärmung eines Billets aus einem elektrisch leitenden Werkstoff wird das Billet in einem Schacht zwischen zwei Schenkeln eines im Querschnitt C-förmigen Jochs gedreht. Auf dem Joch sitzt eine gleichstromgespeiste hochtemperatursupraleitende Spule. Als hochtemperatursupraleitend (HTSL) werden Cupratsupraleiter z.B. YBCO und allgemeiner alle Supraleiter (SL) mit einer SL-Sprungtemperatur oberhalb der Siedetemperatur von flüssigem Stickstoff bezeichnet. Induktionsheizer sind in der Regel in eine Fertigungslinie integriert. Deshalb muss der Induktionsheizer innerhalb eines durch die Fertigungslinie vorgegebenen Zeittaktes ein erhitztes Billet bereitstellen.

[0003] Aus der US 5 412 183 A ist ein Induktionsheizer mit einem näherungsweise E-förmigen Joch bekannt, dessen drei Schenkel als Polschuhe ausgebildet und sternförmig um jeweils 120 Grad versetzt angeordnet sind, um in dem Raum zwischen den Polschuhen ein Werkstück durch auf den Polschuhen sitzende, wechselstromgespeiste Spulenanordnungen induktiv zu erwärmen.

[0004] Aus der FR 904 159 A ist ein weiterer Induktionsheizer mit einem E-förmigen Joch bekannt, auf dessen Mittelschenkel eine erste Spulenanordnung sitzt und dessen Endschenkel aufeinander zugerichtet sind. Das zu erwärmende Werkstück befindet sich zwischen den von einander beabstandeten Stirnflächen der Endschenkel des Jochs und ist von einer weiteren Spulenanordnung umgeben, die wechselstromgespeist ist und primär die Leistung zur induktiven Erwärmung des Werkstücks liefert.

[0005] Aus der EP 266 470 A1 ist ein weiterer Induktionsheizer mit einem E-förmigen Joch bekannt, dessen drei Schenkel je eine wechselstromgespeiste Spulenanordnung tragen um das in dem freien Raum zwischen den Schenkeln befindliche Werkstück induktiv zu erwärmen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Induktionsheizer für einen pro Zeiteinheit erhöhten Billetaustoss und bei niedrigem Energieverbrauch bereitzustellen.

[0007] Diese Aufgabe ist durch einen Induktionsheizer mit den Merkmalen nach dem Anspruch 1 und durch ein Verfahren mit den Schritten des Anspruchs 22 gelöst. Die abhängigen Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen gerichtet.

[0008] Der Induktionsheizer nach dem Anspruch 1 hat ein im Querschnitt zumindest näherungsweise E-förmiges Joch aus einem Mittelschenkel zwischen zwei Außenschenkeln, wobei der Mittelschenkel und die beiden Außenschenkel durch einen Querschlenkel verbunden sind. Mindestens eine supraleitende Spule sitzt auf einem der genannten Schenkel. Zwischen den beiden Außenschenkeln und dem Mittelschenkel ist jeweils ein Schacht, in dem ein Billet durch Drehen in dem Schacht erwärmt werden kann. Weil der Induktionsheizer zwei Schächte hat, können zwei Billets gleichzeitig erwärmt werden. Beispielsweise kann beim Wechsel eines erwärmten Billets gegen ein neues, kaltes Billet ein weiteres Billet in dem anderen Schacht erwärmt werden. Entsprechend erhöht sich der Ausstoß des Induktionsheizers. Die E-Form des Jochs ermöglicht es, mit nur einer supraleitenden Spule den Ausstoß an erwärmten Billets deutlich zu erhöhen. Üblicherweise ist die Spule Teil einer Spulenanordnung, die in der Regel zumindest noch die Anschlüsse für die Spule umfasst.

[0009] Beispielsweise kann die Spule bzw. die Spulenanordnung auf dem Mittelschenkel sitzen. Alternativ können auch z.B. zwei Spulen bzw. Spulenanordnungen auf dem Querschlenkel, bevorzugt beiderseits des Mittelschenkels je eine Spule bzw. Spulenanordnung, sitzen. Natürlich kann auch auf den Außenschenkeln je eine Spule sitzen.

[0010] Die nachfolgend beschriebenen Weiterbildungen der Erfindung sind nicht an die E-Form des Jochs, insbesondere nicht an die Anzahl der Schächte gebunden.

[0011] Die beiden Außenschenkel und der Mittelschenkel des Jochs sind durch einen Querschlenkel verbunden. Bevorzugt ist die Spulenanordnung bzw. die Spule bis zum Anschlag an den Querschlenkel auf den Mittelschenkel aufgeschoben. Dies ermöglicht ein kompaktes Joch mit einem entsprechend kurzen magnetischen Rückschluss, wodurch der Wirkungsgrad des Induktionsheizers verbessert wird.

[0012] Bevorzugt sind die Schenkel des Jochs aus Vollmaterial. Weil die Spule gleichstromgespeist ist, kann auf den teureren Aufbau eines Jochs aus geschichtetem Blechen verzichtet werden ohne durch Wirbelströme verursachte Wirbelstromverluste in dem Joch in Kauf nehmen zu müssen. Durch die fehlende Laminierung, die auch eine elektrische Isolation beinhaltet, wird der magnetische Füllfaktor gegenüber einer geblechten Variante erhöht. Dies erlaubt entweder eine Steigerung des Magnetfeldes oder eine kostengünstigere Konstruktion durch Verwendung einfacherer Materialien bei gleicher magnetischer Feldstärke.

[0013] Die Spulenanordnung hat bevorzugt eine evakuierte Kammer, in der mindestens eine HTSL-Spule ist. Die evakuierte Kammer ermöglicht eine gute Wärmeisolierung der HTSL-Spule.

[0014] Weiter verbessert wird die Wärmeisolierung, wenn die HTSL-Spule in mehrere Lagen einer metallbeschichteten, vorzugsweise in eine aluminiumbedampfte Folie eingehüllt ist.

[0015] Die HTSL-Spule kann mittels Kunststofflagern in der Kammer gehalten sein.

[0016] Eine Wärmeisolierung zwischen der Spulenordnung und den offenen Enden der Schächte reduziert die notwendige Kühlleistung für die HTSL-Spule. Besonders geeignet sind mikroporöse Wärmeisolierungen. Ein geeigneter Werkstoff für die Wärmeisolierung ist insbesondere Calziumsilikat.

[0017] Zusätzlich oder alternativ zu der Wärmeisolierung kann ein in Richtung des Billets reflektierender Infrarotreflektor beispielsweise aus einer goldbedampften Keramik in den Schächten sein. Dadurch werden Wärmeverluste reduziert. Besonders geeignet ist ein im Querschnitt U-förmiger Infrarotreflektor, in dessen freier Mitte das Billet gedreht wird.

[0018] Bevorzugt ist vor der Spulenordnung in jedem Schacht eine Prallschutzplatte mit einem im Vergleich zum Joch hohen magnetischen Widerstand, z.B. aus Edelstahl (V2A, V4A etc.). Sollte sich ein rotierendes Billet aus seiner Halterung lösen, dann verhindert die Prallschutzplatte eine Beschädigung der teureren und empfindlichen supraleitenden Spulenordnung. Die Prallschutzplatten können beispielsweise jeweils in zwei einander gegenüberliegenden Längsnuten in dem entsprechenden Schacht sitzen.

[0019] Bevorzugt sind die Schächte in Richtung der freien Enden der Schenkel verjüngt, d.h. die Schenkel sind entsprechend verdickt. Dadurch wird der Luftspalt zwischen den freien Enden der Schenkel, in welchen die Billets gedreht werden, verkürzt. Entsprechend wird der magnetische Widerstand verringert und die maximale Heizleistung und der Wirkungsgrad erhöht.

[0020] Die Schächte können gegenüber der Umgebung durch eine Wärmeisolation verschlossen sein. Zum Aus- und Einbringen der Billets in die Schächte sind die Schächte verschließenden Wärmeisolationen vorzugsweise beweglich.

[0021] Zusätzlich oder optional können die Schächte gegenüber der Umgebung durch nichtmagnetische Schutzplatten abgedeckt sein. Diese Schutzplatten verhindern, dass ein rotierendes Billet, welches sich aus seiner Einspannvorrichtung gelöst hat, den Schacht verlässt und andere Maschinenteile oder sogar Personen beschädigt bzw. verletzt. Selbstverständlich sind auch die Schutzplatten zum Öffnen der Schächte bevorzugt beweglich.

[0022] Bevorzugt ist die Breite der Schächte einstellbar. Dadurch lassen sich die Schächte an unterschiedliche Billetdurchmesser anpassen. Dies kann beispielsweise durch Verschieben oder Schwenken zumindest eines unteren Teils der Außenschenkel erfolgen. Der untere Teil der Außenschenkel kann auch in einer Ebene orthogonal zur Drehachse segmentiert sein. Zur Feldanpassung in dem jeweiligen Schacht können die Segmente unabhängig voneinander verschoben oder geschwenkt werden. Alternativ oder optional kann die Breite der Schächte durch an den Schenkeln des Jochs auswechselbar befestigte ferromagnetische Metallplatten eingestellt werden.

[0023] Solche Metallplatten können eine größere relative magnetische Permeabilität als das Joch haben. Dies führt zu einer Konzentration des magnetischen Flusses durch die Metallplatten und damit auch durch das zwischen den Metallplatten gedrehte Billet. Wenn besonders große Billets erwärmt werden sollen, können die Metallplatten auch eine geringere relative Permeabilität als das Joch haben, dann wirken die Metallplatten streuend, entsprechend wirkt der magnetische Fluss gleichmäßiger.

[0024] Die Breite der Schächte kann von den Stirnseiten des Jochs zur Mitte hin zunehmen. Dazu können ferromagnetische Metallkeile auswechselbar an den Schenkeln des Jochs befestigt sein. Diese Geometrie der Schächte reduziert die an den Stirnseiten des Joches aus den Schächten austretenden Streufelder, entsprechend wird der magnetische Fluss durch die Billets erhöht.

[0025] Zum Verstellen der Breite der Schächte, sei es durch Verschieben oder Verschwenken von Teilen der Außenschenkel oder auch durch Austauschen auswechselbar befestigter Metallplatten oder Keile wird bevorzugt zunächst die HTSL Spule abgeschaltet. Anschließend kann dann die Breite der Schächte einfach verändert werden. Besonders einfach lässt sich die Breite der Schächte verändern, wenn nach dem Abschalten der Spule und vor dem Verändern der Breite das Joch entmagnetisiert wird. Dazu kann beispielsweise eine auf dem Joch sitzenden Spulenordnung, insbesondere die supraleitende Spulenordnung mit Wechselstrom gespeist werden. Die Stromstärke der Wechselstromspeisung ist geringer als die Nennstromstärke bei Gleichstromspeisung. Vorzugsweise beträgt sie etwa 10 % bis 20 % des Nennstroms bei Gleichstromspeisung.

[0026] In der Zeichnung ist schematisch vereinfacht ein Induktionsheizer nach der Erfindung beispielhaft dargestellt. Es zeigt:

Fig. 1 eine teilgeschnittene Seitenansicht eines Induktionsheizers,

Fig. 2 einen Querschnitt der Magneteinheit des Induktionsheizers aus Fig. 1,

Fig. 3 eine Seitenansicht der Magneteinheit des Induktionsheizers aus Fig. 1,

Fig. 4 einen Längsschnitt (B/B aus Fig. 3) des Induktionsheizers,

Fig. 5 eine weitere Magneteinheit eines Induktionsheizers,

Fig. 6 eine schematische Ansicht einer weiteren Magnet- einheit von unten, und

Fig. 7 bis Fig. 10 je einen Schnitt durch einen Induktionsheizer.

[0027] Der Induktionsheizer in Fig. 1 hat eine zweiteilige Einspannvorrichtung 2a, 2b, die ein Billet 10 in einem Schacht einer Magneteinheit 100 haltet. Das Billet 10 ist über einen Teil der Einspannvorrichtung 2a, ein Getriebe 3 und einen Motor 1 drehangetrieben. Mittels der Einspannvorrichtung 2a, 2b kann das Billet 10 wie durch den entsprechenden Doppelpfeil angedeutet angehoben und abgesenkt werden. Zusätzlich können die Einspannvorrichtungen 2a, 2b auch horizontal verfahrbar sein. Auch dies ist durch Doppelpfeile angedeutet.

[0028] Das Billet 10 ist in einem Schacht 150 1 eines im Querschnitt E-förmigen Jochs 140, auf dessen Mittelschenkel eine Spulenordnung 120 sitzt (vgl. Fig. 2 bis Fig. 4). Das Joch 140 ist im Querschnitt E-förmig und hat zwei Außenschenkel 142 1, 142 r die über einen Querschenkel 141 mit einem Mittelschenkel 143 verbunden sind. Entsprechend ist zwischen dem Außenschenkel 142 1 und dem Mittelschenkel 143 ein nach unten offener Schacht 150 1 und zwischen dem Außenschenkel 142 r und dem Mittelschenkel 143 ein weiterer ebenfalls nach unten offener Schacht 150 r. Das Joch 140 ist aus einem Vollmaterial hergestellt.

[0029] Die Spulenordnung 120 besteht aus einer evakuierten Kammer 125 in der eine z.B. mit flüssigem Stickstoff gekühlte HTSL-Spule 121 ist (Kühlung und elektrische Zuleitungen nicht dargestellt). Die HTSL-Spule 121 ist in einem Gehäuse 122, welches von mehreren Lagen einer AL-bedampften Polyesterfolie als Wärmeisolation 123 umhüllt und mit einer nicht dargestellten Kunststoffhalterung in der Kammer 125 festgelegt ist. Eine gute Wärmeisolation 123 erreicht man mit ca. 40 bis 60 Lagen der Folie, wobei an den Kanten vorzugsweise 10 bis 20 weitere Lagen sind.

[0030] Unterhalb der Kammer 125 ist in jedem Schacht 150 1, 150 r eine Prallschutzplatte 153. Die Prallschutzplatten 153 sind aus einem nicht magnetischen Material, z.B. Edelstahl, und sitzen in einander gegenüberliegenden Längsnuten 152 in ihrem Schacht 150 1 bzw. 150 r. Zur Montage werden die Prallschutzplatten 153 von einer der Stirnseiten des Joches in die Längsnuten 152 eingeschoben und dann befestigt. Die Prallschutzplatten 153 schützen die Spulenordnung 120 vor Beschädigungen durch ein rotierendes Billet 10, welches sich aus der Einspannvorrichtung 2a, 2b gelöst hat.

[0031] Nach unten schließt sich an die Prallschutzplatte 153 unmittelbar eine Wärmeisolierung 154, hier aus Calziumsilikatplatten, an. Die Wärmeisolierung 154 schützt, ebenso wie der sich daran anschließende im Querschnitt U-förmigen Infrarotreflektor 158 aus goldbedampfter Keramik, die Spulenordnung 120 und das Joch 140 vor der Wärme der Billets 10. Zudem sind die Verluste durch Wärmeabgabe des Billets an das Joch geringer.

[0032] Die Schächte 150 1, 150 r sind an ihren unteren Enden durch auswechselbar an den Außenschenkeln 142 1, 142 r bzw. an dem Mittelschenkel 143 befestigte ferromagnetische Platten 155, verjüngt. Dadurch wird der Luftspalt zwischen den Schenkeln 142 1, 142 r und 143 des Jochs 140 und den Billets 10 verkürzt und entsprechend der magnetische Widerstand der Magneteinheit 100 verringert. Die Platten 155 haben eine größere magnetische Permeabilität als das Joch 140. Deshalb konzentrieren die Platten 155 den magnetischen Fluss durch die Billets 10. Im Vergleich zu einer Ausführung, bei der die Schächte eine konstante, dem Abstand zwischen den Platten 155 geringe Breite haben, hat die hier gezeigte Ausführungsform den Vorteil, dass die Schächte 150 1, 150 r nach oben effektiv verbreitert sind, wodurch die evakuierte Kammer 125 entsprechend größer ausfällt und die Isolation der HTSL-Spule 121 verbessert ist. Die auswechselbare Befestigung der Platten 155 ermöglicht eine einfache Montage der Magneteinheit 100 sowie eine Anpassung der Breite der Schächte 150 1, 150 r an den Durchmesser der zu erwärmenden Billets 10.

[0033] Nach unten sind die Schächte 150 1, 150 r durch eine weitere Wärmeisolierung 156 verschlossen. Die Wärmeisolierung 156 liegt in einem Kanal aus drei Schutzplatten 157. Die Schutzplatten 157 sind aus einem nicht magnetischen Material, z.B. Edelstahl, und dienen der Unfallvermeidung. Sollte sich ein Billet 10 während des Erwärmens unvorhergesehen aus der Einspannvorrichtung 2a, 2b lösen, so kann es den entsprechenden Schacht 150 1, 150 r nicht verlassen, d.h. weder andere Anlagenteile beschädigen noch Personen verletzen. Die Wärmeisolierung 156 und die Schutzplatten 157 sind, durch Doppelpfeile angedeutet, heb- und senkbar. Dadurch können die Schächte 150 1, 150 r geöffnet werden, um ein Billet 10 von unten in den entsprechenden Schacht einzubringen.

[0034] Die Ausführungsform in Fig. 5 entspricht im Wesentlichen der Ausführungsform in Fig. 1 bis 4 (gleiche oder ähnliche Teile sind mit identischen Bezugszeichen gekennzeichnet), jedoch sind die unteren Teilstücke der beiden Außenschenkel 142 1 und 142 r verschiebbar, um die Breite der Schächte 150 1, 150 r an Billets 10 mit unterschiedlichen Durchmessern anzupassen. Der verschiebbare Teil der beiden Außenschenkel 142 1, 142 r ist in zwei Positionen dargestellt, wobei die Offenstellung durch eine entgegen der ansonsten für das Joch 140 verwendeten Schraffur gerichtete Schraffur angedeutet ist.

[0035] Zur Anpassung der Wärmeisolierung 154 und der Infrarotreflektoren 158 an eine veränderte Schachtbreite können diese entweder komplett ausgetauscht werden oder in der Breite teleskopartig verstellbar sein (nicht dargestellt).

[0036] Die Magneteinheit 100 in Fig. 6 ist im Wesentlichen ähnlich zu den Induktionsheizern der anderen Figuren. Anstelle der Platten 153 in Fig. 2 und Fig. 5 sind Metallkeile 155 b an den Außenschenkeln 142 1, 142 r und beidseitig des Mittelschenkels 143 auswechselbar und gegeneinander verschiebbar befestigt. Dadurch nimmt die Breite der Schächte 150 1, 150 r von den Stirnseiten zur Mitte hin zu. Dies reduziert stirnseitig austretende Streufelder und ermöglicht

eine Feldanpassung zur Ausbildung eines Feldprofils. Durch Verschieben der Metallkeile 155 b parallel zur Drehachse kann so z.B. auf unterschiedliche Materialien oder Geometrien eingestellt werden. Entsprechend ist der Wirkungsgrad der Magneteinheit 100, also des Induktionsheizers verbessert. Die Induktionsheizer 100 in den Figuren 7 bis 10 sind zu dem Induktionsheizer 100 in den Fig. 1 bis 4 ähnlich. Deshalb werden für gleiche oder ähnliche Teile identische Bezugszeichen verwendet und es wird lediglich auf die Unterschiede eingegangen.

[0037] Der Induktionsheizer 100 in Fig. 7 hat anstelle einer Spulenordnung auf dem Mittelschenkel 143 wie in Fig. 1 bis 4 gezeigt eine Spulenordnung 120 auf dem rechten Außenschenkel 142 r und eine Spulenordnung 120 auf dem linken Außenschenkel 142 l.

[0038] Der Induktionsheizer 100 in Fig. 8 hat lediglich eine Spulenordnung, die auf dem linken Außenschenkel 142 l sitzt und auf diesen bis zum Anschlag an den Querschenkel 141 aufgeschoben ist.

[0039] Die Fig. 9 zeigt einen Induktionsheizer 100 mit einer Spulenordnung 120, die zwischen dem linken Außenschenkel 142 l und dem Mittelschenkel 143 auf dem Querschenkel 141 sitzt. Zur Montage einer vormontierten Spulenordnung 120 ist der linke Außenschenkel 142 l, anders als dargestellt, demontierbar.

[0040] Fig. 10 zeigt einen Induktionsheizer 100 mit je einer Spulenordnung 120 beidseits des Mittelschenkels 143, die auf dem Querschenkel 141 sitzt. Zur Montage einer vormontierten Spulenordnung 120 sind die beiden Außenschenkel 142 l, 142 r, anders als gezeigt, demontierbar.

Patentansprüche

1. Induktionsheizer mit mindestens einer gleichstromgespeisten supraleitenden Spule (121) auf einem Joch (140) zum Erwärmen von Billets, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Joch (140) an einem gemeinsamen Querschenkel (141) einen Mittelschenkel (143) zwischen zwei Außenschenkeln (142 l, 142 r) hat, und dass zwischen dem Mittelschenkel (143) und den beiden Außenschenkeln (142 l, 142 r) je ein Schacht (150 l, 150 r) zur Aufnahme jeweils eines der zu erwärmenden Billets ist.
2. Induktionsheizer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (121) bis zum Anschlag an den Querschenkel (141) auf den Mittelschenkel (143) des Jochs aufgeschoben ist.
3. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Schenkel (141, 142 l, 142 r, 143) des Jochs (140) aus Vollmaterial ist.
4. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule eine HTSL-Spule (121) in einer evakuierten Kammer (125) einer Spulenordnung (120) ist.
5. Induktionsheizer nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (121) mittels Kunststofflager in der Kammer (125) gehalten ist.
6. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spule (121) mit mehreren Lagen einer metallbedampften Folie (123) umhüllt ist.
7. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** eine Wärmeisolierung (154) zwischen der Spule (121) und den offenen Enden der Schächte (150 l, 150 r).
8. Induktionsheizer nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeisolierung (154) mikroporös ist.
9. Induktionsheizer nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmeisolierung (154) aus Calciumsilikat ist.
10. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **gekennzeichnet durch** eine nichtmagnetische Prallschutzplatte in jedem Schacht (150 l, 150 r).
11. Induktionsheizer nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Schacht (150 l, 150 r) zwei einander gegenüberliegende Längsnuten (152) hat, in denen eine der Prallschutzplatten (153) sitzt.
12. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schächte (150 l, 150 r) in Richtung der freien Enden der freien Schenkel (142 l, 142 r, 143) verjüngt sind.

13. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schächte (150 1, 150 r) gegenüber der Umgebung durch eine Wärmeisolation (156) verschlossen sind und dass die die Schächte (150 1, 150 r) verschließende Wärmeisolation zum Öffnen der Schächte (150 1, 150 r) beweglich ist.
- 5 14. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schächte (150 1, 150 r) gegenüber der Umgebung durch nichtmagnetische Schutzplatten (157) abgedeckt sind und dass die Schutzplatten (157) zum Öffnen der Schächte (150 1, 150 r) beweglich sind.
- 10 15. Induktionsheizer nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Schächte (150 1, 150 r) einstellbar ist.
16. Induktionsheizer nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Schächte (150 1, 150 r) durch Verschieben oder Schwenken zumindest von Teilen der Außenschenkel (142 1, 142 r) einstellbar ist.
- 15 17. Induktionsheizer nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Breite der Schächte (150 1, 150 r) durch an den Schenkeln (142 1, 142 r, 143) des Jochs auswechselbar befestigte ferromagnetische Metallplatten (155) einstellbar ist.
- 20 18. Induktionsheizer nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die relative magnetische Permeabilität der Metallplatten (155) von der des Jochs (140) abweicht.

Claims

- 25 1. An induction heater, comprising at least one direct-current powered superconducting coil (121) on a yoke (140) for heating billets, **characterized in that** the yoke (140) comprises a middle leg (143) between two outside legs (142 1, 142 r) on a common transverse leg (141), and one shaft (150 1, 150 r) for receiving one each of the billets to be heated is each disposed between the middle leg (143) and the two outside legs (142 1, 142 r).
- 30 2. An induction heater according to claim 1, **characterized in that** the coil (121) is slid up to the stop on the transverse leg (141) on the middle leg (143) of the yoke.
3. An induction heater according to one of the claims 1 or 2, **characterized in that** at least one leg (141, 142 1, 142 r, 143) of the yoke (140) is made of solid material.
- 35 4. An induction heater according to one of the claims 1 to 3, **characterized in that** the coil is an HTSC-coil (121) in an evacuated chamber (125) of a coil arrangement (120).
- 40 5. An induction heater according to claim 4, **characterized in that** the coil (121) is held by means of plastic bearings in the chamber (125).
6. An induction heater according to one of the claims 1 to 5, **characterized in that** the coil (121) is encased by several layers of a metallized foil (123).
- 45 7. An induction heater according to one of the claims 1 to 6, **characterized by** thermal insulation (154) between the coil (121) and the open ends of the shafts (150 1, 150 r).
8. An induction heating according to claim 7, **characterized in that** the thermal insulation (154) is microporous.
- 50 9. An induction heater according to claim 7 or 8, **characterized in that** the thermal insulation (154) is made of calcium silicate.
10. An induction heater according to one of the claims 1 to 9, **characterized by** a non-magnetic impact-protection plate in each shaft (150 1, 150 r).
- 55 11. An induction heater according to claim 10, **characterized in that** each shaft (150 1, 150 r) has two oppositely disposed longitudinal grooves (152) in which one of the impact-protection plates (153) is sitting.

EP 2 183 944 B1

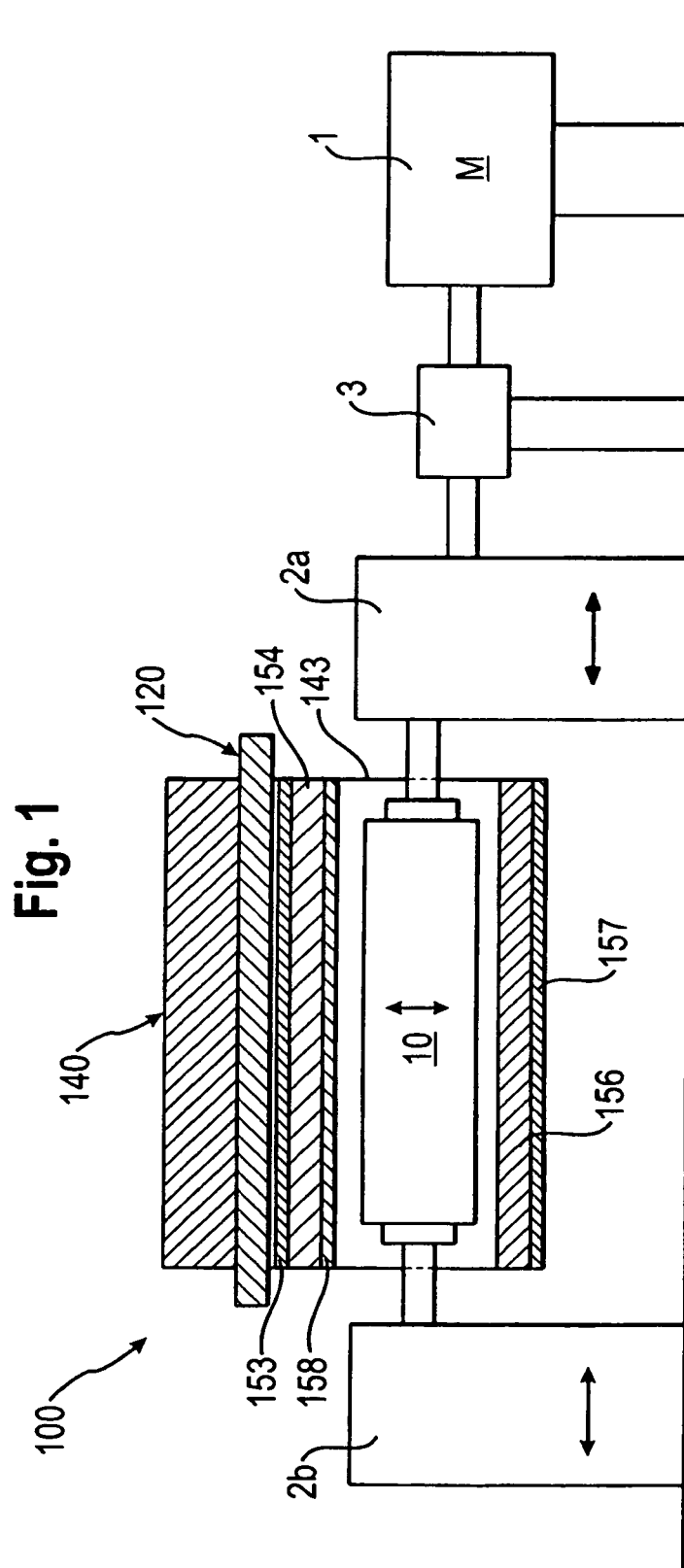
12. An induction heater according to one of the claims 1 to 11, **characterized in that** the shafts (150 1, 150 r) taper in the direction of the free ends of the free legs (142 1, 142 r, 143).
- 5 13. An induction heater according to one of the claims 1 to 12, **characterized in that** the shafts (150 1, 150 r) are sealed by means of a thermal insulation (156) against the ambient environment and the thermal insulation sealing the shafts (150 1, 150 r) is movable for opening the shafts (150 1, 150 r).
- 10 14. An induction heater according to one of the claims 1 to 13, **characterized in that** the shafts (150 1, 150 r) are covered against the ambient environment by non-magnetic protective plates (157) and the protective plates (157) are movable for opening the shafts (150 1, 150 r).
- 15 15. An induction heater according to one of the claims 1 to 14, **characterized in that** the width of the shafts (150 1, 150 r) is adjustable.
- 20 16. An induction heater according to claim 15, **characterized in that** the width of the shafts (150 1, 150 r) is adjustable by displacing or swiveling at least parts of the outside legs (141 1, 142 r).
- 25 17. An induction heater according to claim 15 or 16, **characterized in that** the width of the shafts (150 1, 150 r) is adjustable by ferromagnetic metal plates (155) which are fastened in an exchangeable manner to the legs (142 1, 142 r, 143) of the yoke.
- 30 18. An induction heater according to claim 17, **characterized in that** the relative magnetic permeability of the metal plates (155) deviates from that of the yoke (140).

Revendications

- 35 1. Chauffage à induction au moins une bobine supraconductrice (121) alimentée en courant continu sur une culasse (140) pour le chauffage de billettes, **caractérisé en ce que** la culasse (140) possède un bras central (143) entre deux bras extérieurs (142 1, 142 r) sur un bras transversal (141) commun et **en ce qu'il** est prévu entre le bras central (143) et chacun des deux bras extérieurs (142 1, 142 r) une gaine (150 1, 150 r) à recevoir l'une des billettes à chauffer.
- 40 2. Chauffage à induction selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la bobine (121) est enfilée jusqu'à la sur le bras transversal (141) par-dessus le bras central (143) de la culasse.
- 45 3. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'au moins un bras (141, 142 1, 142 r, 143) de la culasse (140) est fait de matériau plein.
- 50 4. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la bobine est une bobine SCHT (121) dans une chambre sous vide (125) d'une disposition bobine (120).
- 55 5. Chauffage à induction selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la bobine (121) est retenue dans la chambre (125) au moyen de coussinets en plastique.
6. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la bobine (121) est entourée de plusieurs épaisseurs d'une feuille (123) métallisée en phase vapeur.
7. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce qu'une** isolation thermique (154) est prévue entre la bobine (121) et les extrémités ouvertes des gaines (150 1, 150 r).
8. Chauffage à induction selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** l'isolation thermique (154) est microporeuse.
9. Chauffage à induction selon la revendication 7 ou 8, en ce que l'isolation thermique (154) se compose de silicate de calcium.
10. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 9, en ce qu'une plaque antichocs non magnétique est prévue dans chaque gaine (150 1, 150 r).

EP 2 183 944 B1

11. Chauffage à induction selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** chaque gaine (150 l, 150 r) possède deux gorges longitudinales (152) se faisant faces dans lesquelles l'une des plaques antichocs (153) est posée.
- 5 12. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** les gaines (150 l, 150 r) se resserrent en direction des extrémités libres des bras libres (142 l, 142 r, 143).
- 10 13. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 12, en ce que les gaines (150 l, 150 r) sont fermées vis-à-vis de l'environnement par une isolation thermique (156) et en ce que l'isolation thermique fermant les gaines (150 l, 150 r) est mobile pour ouvrir les gaines (150 l, 150 r).
14. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** les gaines (150 l, 150 r) sont recouvertes vis-à-vis de l'environnement par des plaques de protection non magnétiques (157) et **en ce que** les plaques de protection (157) sont mobiles pour ouvrir les gaines (150 l, 150 r).
- 15 15. Chauffage à induction selon l'une des revendications 1 à 14, en ce que la largeur des gaines (150 l, 150 r) est réglable.
16. Chauffage à induction selon la revendication 15, en ce que la largeur des gaines (150 l, 150 r) est par translation ou pivotement d'au moins, une partie des bras extérieurs (142 l, 142 r).
- 20 17. Chauffage à induction selon, la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** la largeur des gaines (150 l, 150 r) est réglable à l'aide de plaques métalliques ferromagnétiques (155) fixées sur les bras (142 l, 142 r, 143) de la culasse de façon interchangeable.
- 25 18. Chauffage à induction selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la perméabilité magnétique relative des plaques métalliques (155) est différente de celle de la culasse (140).



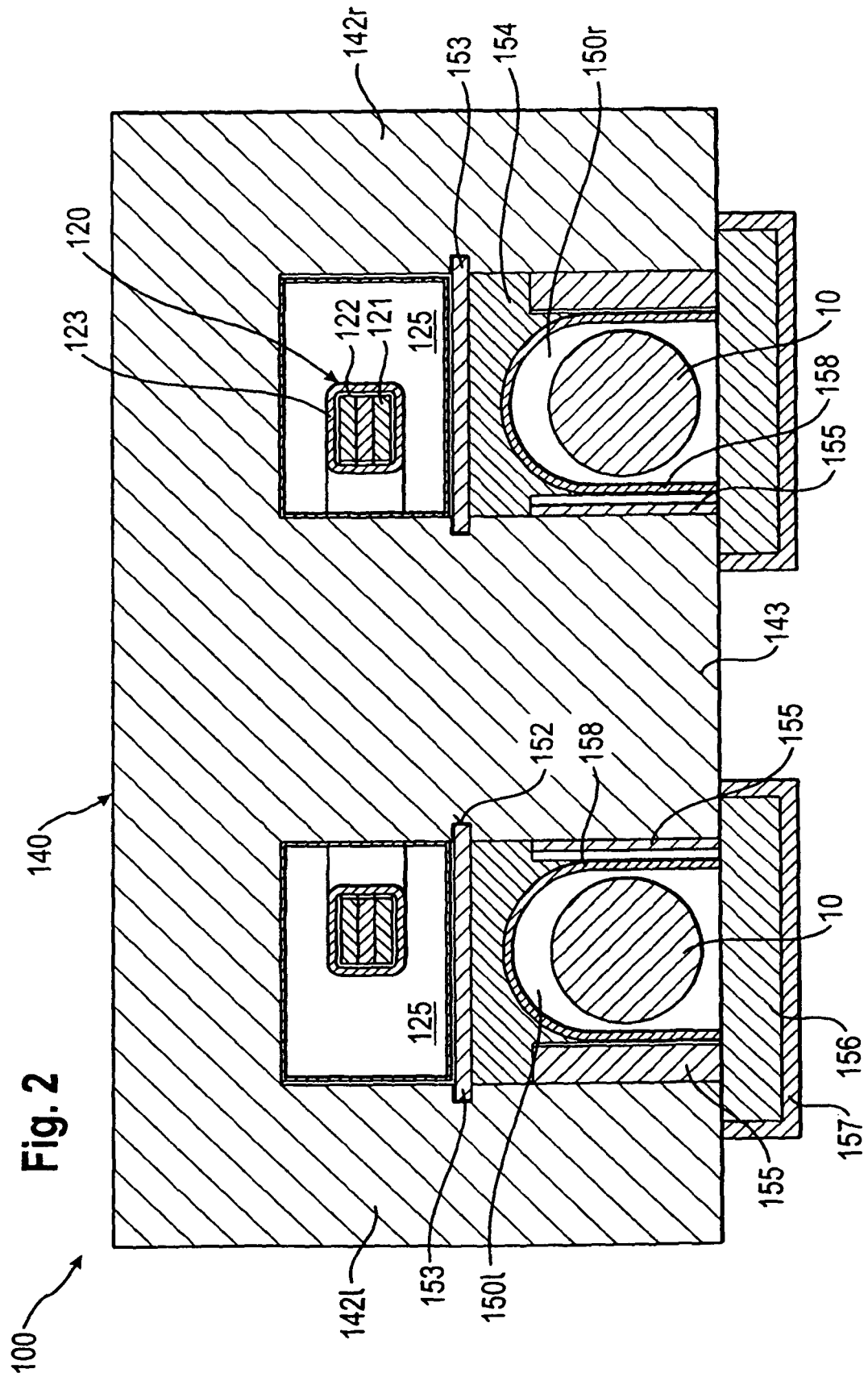


Fig. 3

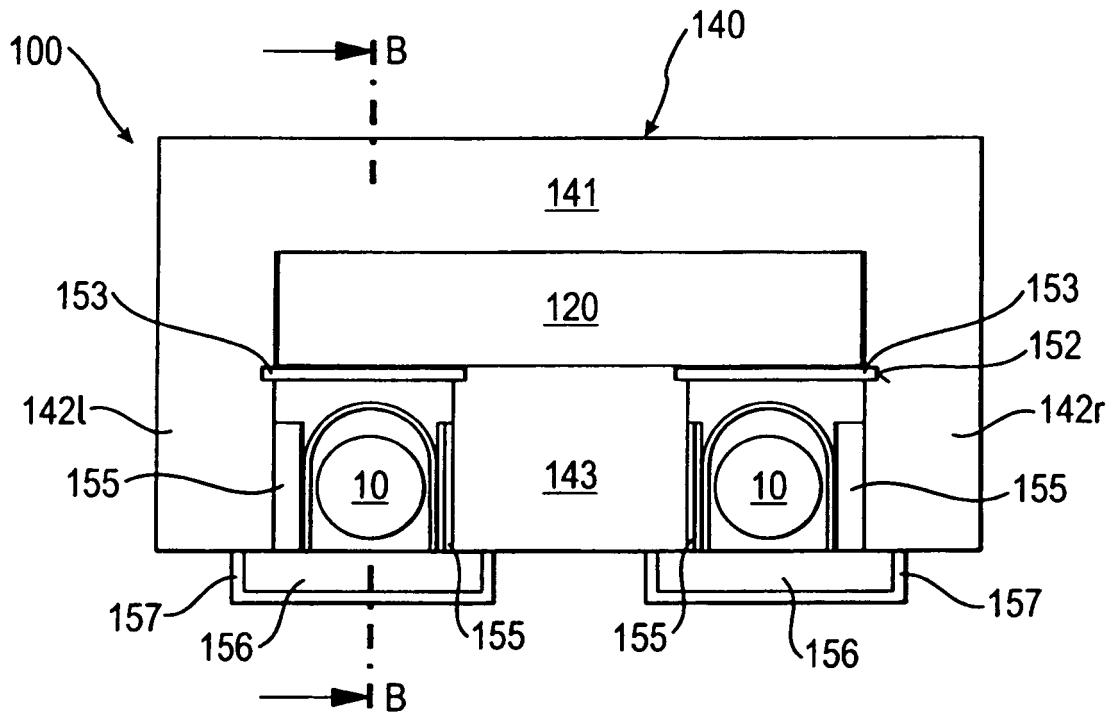
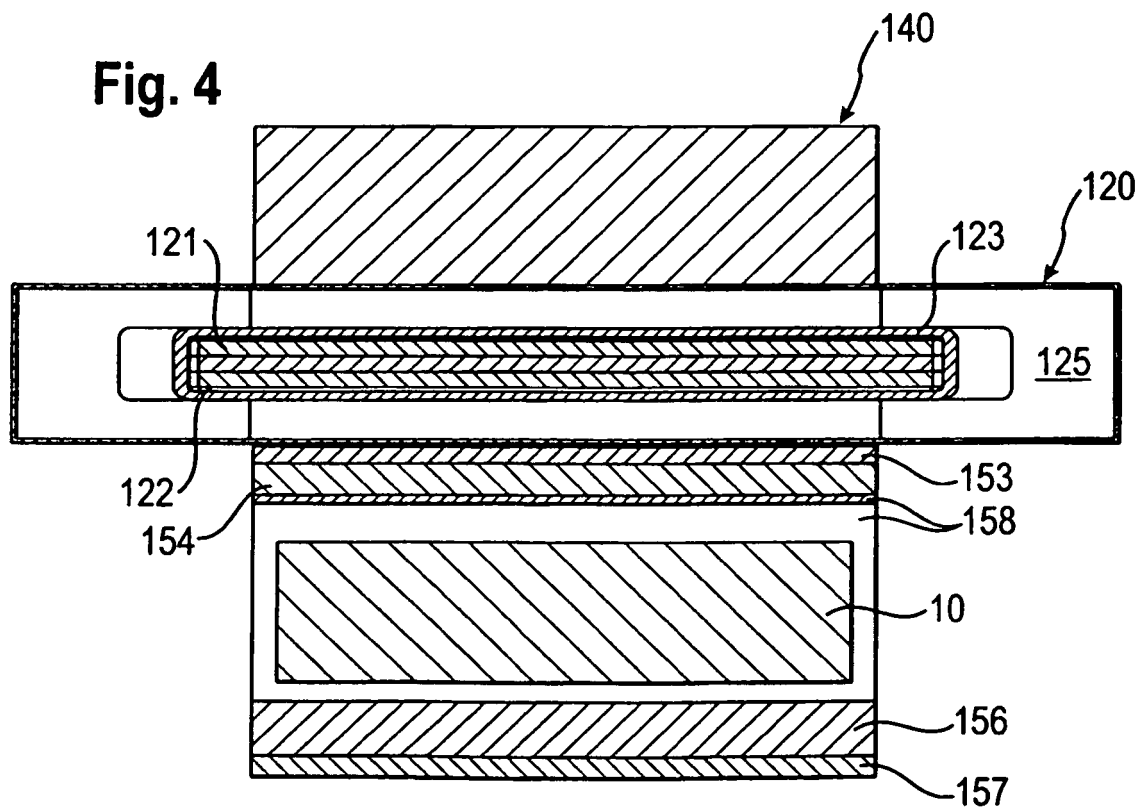


Fig. 4



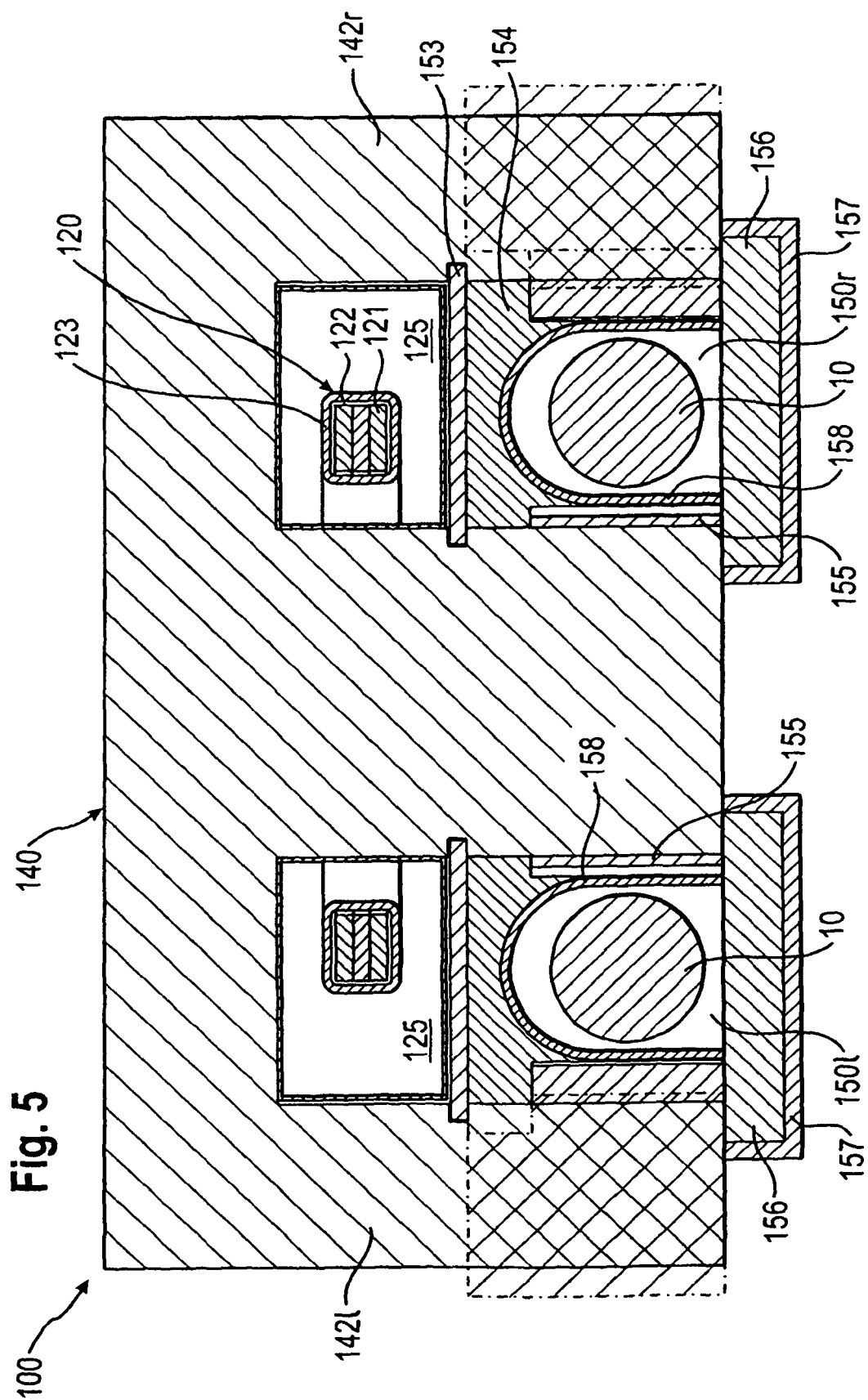


Fig. 6

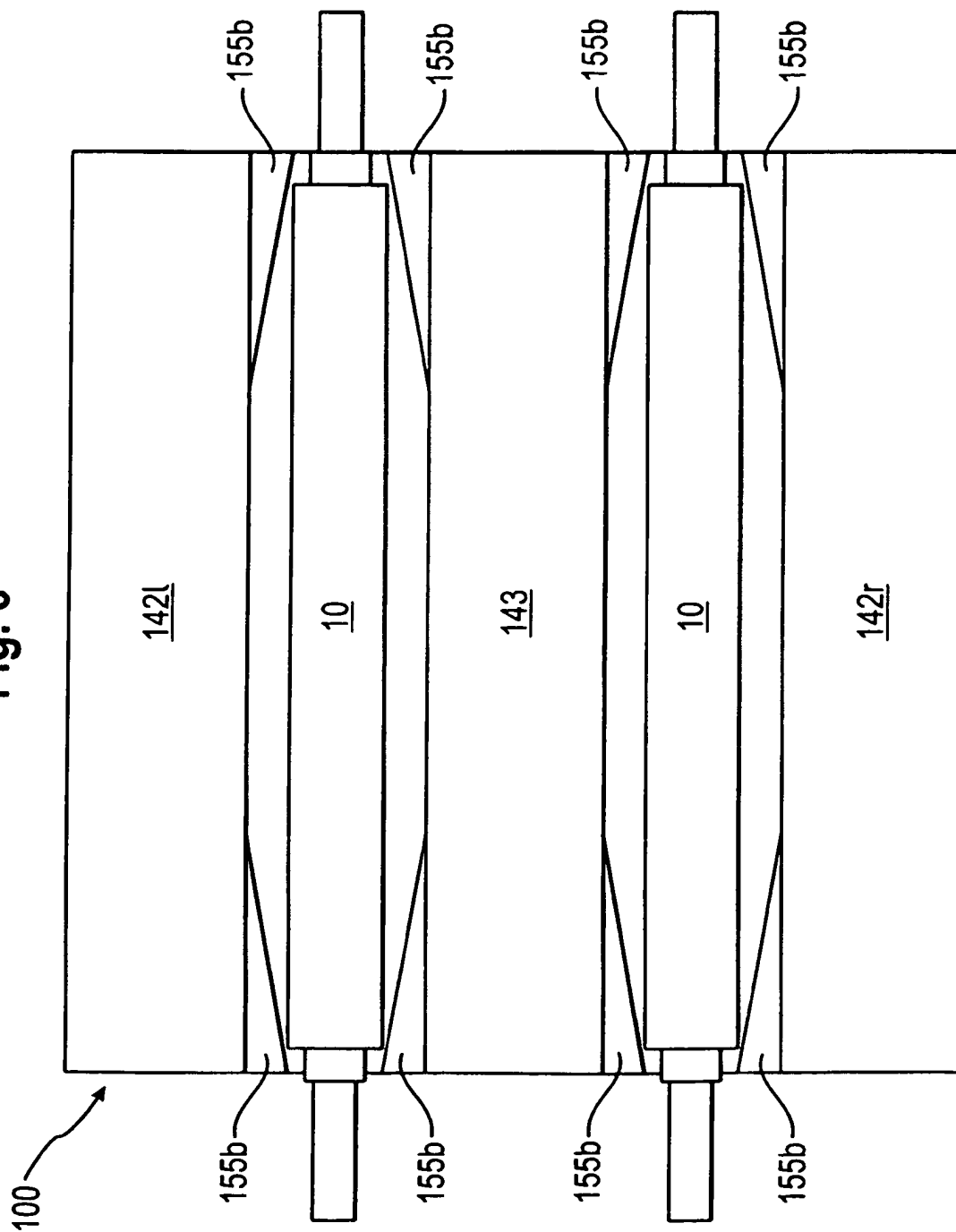


Fig. 7

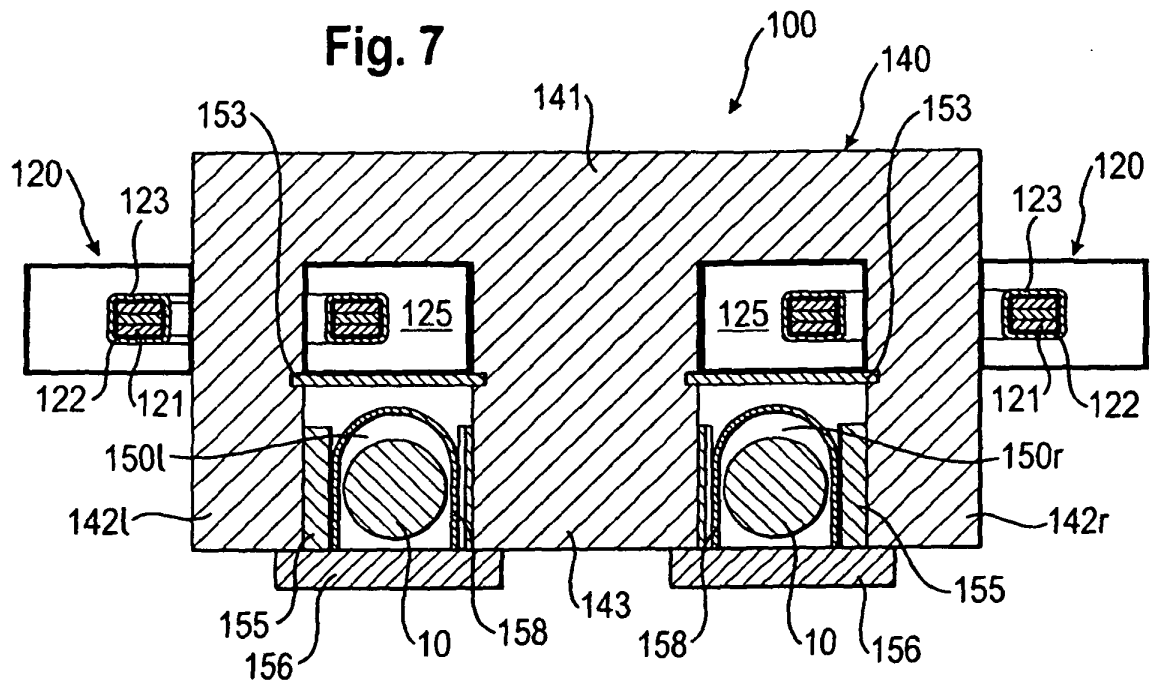


Fig. 8

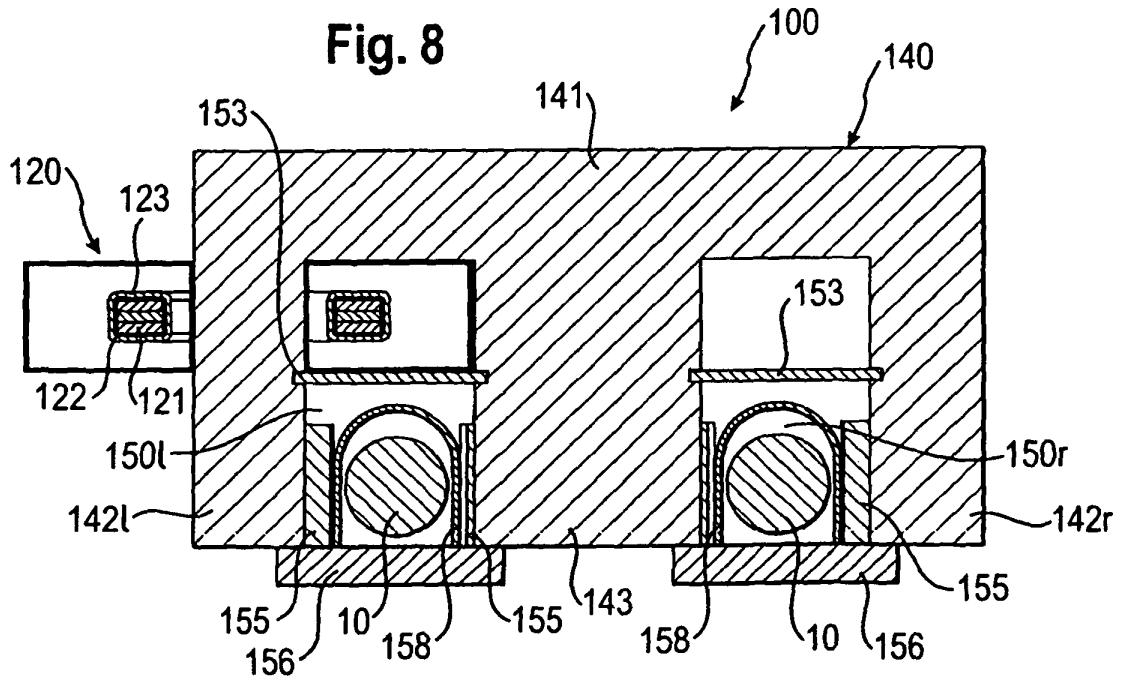


Fig. 9

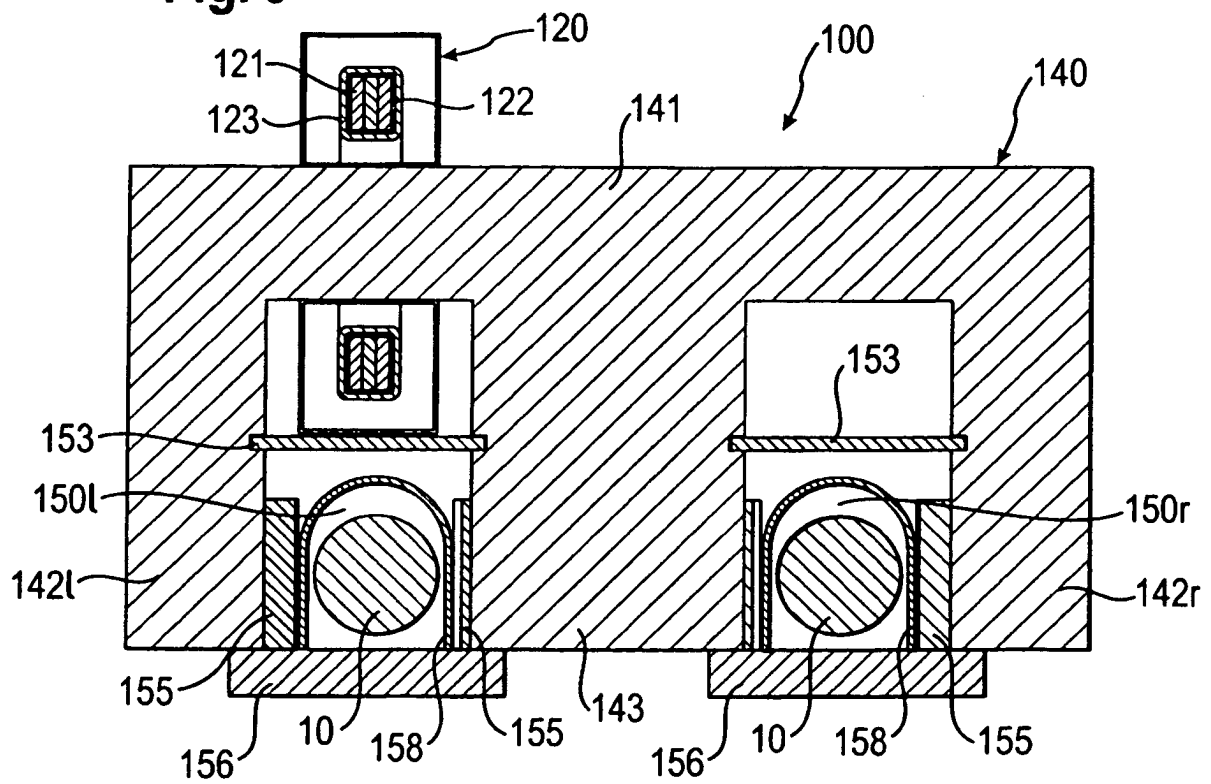
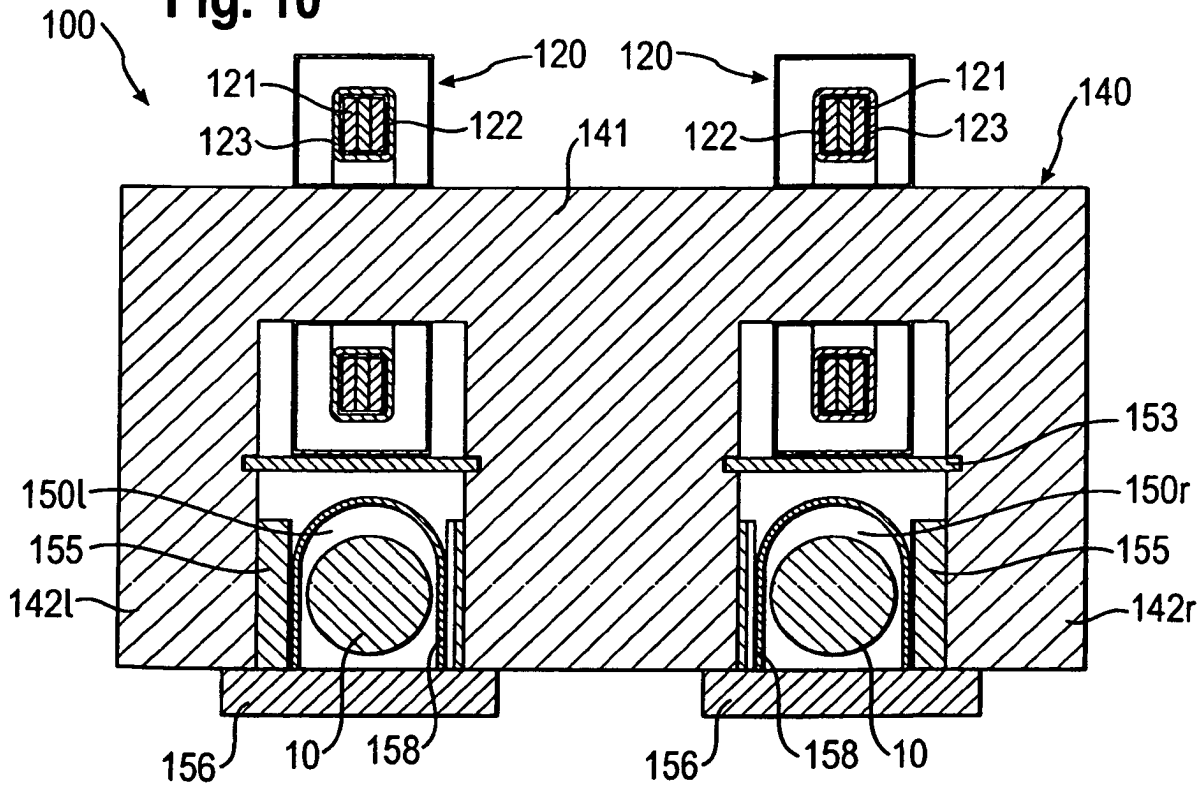


Fig. 10



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102005061670 [0002]
- US 5412183 A [0003]
- FR 904159 A [0004]
- EP 266470 A1 [0005]