

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 419 675 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

05.01.2005 Bulletin 2005/01

(21) Numéro de dépôt: **02796300.8**

(22) Date de dépôt: **21.08.2002**

(51) Int Cl.7: **H05B 6/42**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2002/002914

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2003/019984 (06.03.2003 Gazette 2003/10)

(54) **CREUSET FROID A CHAUFFAGE PAR INDUCTION ET REFROIDISSEMENT PAR CALODUCS**

KALTSCHMELZTIEGEL MIT INDUKTIONSERWÄRMUNG UND WÄRMEROHR-KÜHLUNG

COLD CRUCIBLE WITH INDUCTION HEATING AND HEAT PIPE COOLING

(84) Etats contractants désignés:
DE FR GB

(30) Priorité: **23.08.2001 FR 0111044**

(43) Date de publication de la demande:
19.05.2004 Bulletin 2004/21

(73) Titulaire: **Commissariat A L'Energie Atomique**
75752 Paris 15ème (FR)

(72) Inventeur: **JEGOU, Claude**
F-84530 Villelaure (FR)

(74) Mandataire: **Poulin, Gérard et al**
Brevatome
3, rue du Docteur Lancereaux
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
DD-A- 218 983 **DE-A- 19 705 458**
US-A- 4 660 212

EP 1 419 675 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention ressortit du domaine de la fusion de certains matériaux à haute température de fusion, tels que le verre, les oxydes réfractaires, les oxydes métalliques ainsi que certains métaux, au moyen d'un chauffage par induction électromagnétique. Elle concerne, en particulier, les creusets froids à secteurs refroidis et les creusets à spire directe.

Art antérieur et problème posé

[0002] Parmi les procédés de fonte et de coulage des produits comme le verre, les oxydes réfractaires, les métaux ou même pour faire léviter ces produits, il est courant d'utiliser des creusets froids refroidis à l'eau, le chauffage s'effectuant par induction électromagnétique appliquée au matériau contenu dans le creuset. Deux exemples de creuset utilisés sont représentés par les figures 1, 2 et 3.

[0003] La figure 1 représente un premier type de creuset sectorisé, utilisé à ces mêmes fins. Il est constitué principalement de secteurs 1, d'un fond 2, d'un inducteur 3 à plusieurs spires et d'un circuit de refroidissement 4. Les secteurs 1 sont placés verticalement, les uns contre les autres, pour constituer l'enceinte du creuset. Le fond 2 complète cette enceinte. On précise que ce fond 2 peut être escamotable ou comporter un ou plusieurs orifices pour l'évacuation des matériaux coulés dans le creuset. Les secteurs 1 sont maintenus les uns contre les autres, grâce à une fixation au moyen d'un banderolage 5. Le circuit de refroidissement 4 est constitué par une arrivée 4E et un départ 4S de liquide de refroidissement, qui est, dans la plupart des cas de l'eau.

[0004] Le creuset ainsi constitué est de forme usuellement cylindrique, sans que celle-ci soit impérative. Le courant alternatif de forte intensité est de l'ordre de quelques milliers d'ampères, à une fréquence comprise entre quelques dizaines de hertz et plusieurs mégahertz. La tension peut atteindre plusieurs milliers de volts. Le fond du creuset 2 peut être ou non refroidi.

[0005] La figure 2 montre en coupe un secteur 1, ainsi que la circulation de l'eau dans une canalisation 6 et par une arrivée 4E et une sortie 4S. On constate que l'eau circule sur toute la hauteur du secteur 1.

[0006] La figure 3 montre une autre sorte d'inducteur 6, dit à spire directe, constitué d'une spire unique et cylindrique constituant l'enceinte contenant directement le produit à chauffer. Le circuit de refroidissement 7 est constitué ici par une spirale entourant l'inducteur 6. Pour fermer le creuset et pour éviter les inconvénients liés aux tensions électriques régnant entre les deux bornes 6A et 6B de l'inducteur 6, un doigt froid 8 est placé entre celles-ci.

[0007] Les principaux inconvénients inhérents à ces

deux types de creusets froids sont les suivants :

- l'utilisation d'un circuit de refroidissement dans lequel circule en grande quantité un fluide présente des risques d'explosion de vapeur en cas de fuite d'un secteur, chacun de ceux-ci étant alimenté de façon continue et à fort débit ;
- le circuit de refroidissement 4, 7, est relativement complexe.

[0008] Enfin, on éprouve de grandes difficultés pour la maintenance en cas d'avarie d'un des éléments de cette installation.

Résumé de l'invention

[0009] A cet effet, l'objet principal de l'invention est un creuset froid à chauffage par induction électromagnétique, destiné à la fusion du verre, d'oxydes réfractaire et de métaux. Il comprend principalement :

- un fond ;
- au moins un inducteur entourant l'enceinte ;
- des secteurs juxtaposés ; et
- des moyens de refroidissement.

[0010] Selon la caractéristique principale de l'invention, les secteurs sont constitués chacun d'un caloduc à parois isolées électriquement constituant le creuset ainsi que leurs propres moyens de refroidissement.

[0011] La technologie « caloduc », connue de l'homme du métier, est exposée notamment dans les « Techniques de l'Ingénieur », Article B9545, vol. BE6.

[0012] Dans une réalisation préférentielle, chaque caloduc a, de préférence, une partie haute dépassant l'enceinte du creuset constituée par les parties basses de chaque secteur, et déportée vers l'extérieur. Ceci permet l'évacuation de la chaleur par une circulation forcée de fluide contre la partie haute des caloducs, tout en permettant l'accès par la partie supérieure du creuset.

[0013] Les caloducs de chaque secteur peuvent se prolonger sous l'enceinte pour constituer le fond. Dans une autre réalisation, le fond peut également être constitué d'autres caloducs différents de ceux constituant l'enceinte du creuset.

[0014] Dans le but de fixer les parties hautes des caloducs constituant chaque secteur, on peut utiliser une virole de fixation électriquement isolante entourant l'ensemble des parties hautes.

[0015] Dans le but de bien solidariser les caloducs, notamment dans leur partie basse, ceux-ci sont entourés d'un banderolage.

[0016] Ils peuvent également être fixés entre eux au moyen de colliers autobloquants.

[0017] Selon l'invention, on prévoit également d'utiliser un inducteur supplémentaire placé sous le fond du creuset.

[0018] Enfin, on envisage également d'utiliser plu-

sieurs étages de caloducs superposés, constituant ainsi une enceinte longue et haute, l'inducteur pouvant être constitué par la superposition des inducteurs respectifs de chaque étage.

[0019] Dans une deuxième réalisation préférentielle de l'invention, l'inducteur est une spire unique et directe constituée d'une virole refroidie par des caloducs.

[0020] Dans ces deux réalisations, le doigt froid (ou les doigts) peut être constitué d'un (ou plusieurs) caloduc(s).

[0021] De même, la virole de la spire directe peut être constituée par l'assemblage continu de caloducs non électriquement isolés.

[0022] Enfin, la virole épaisse, constitutive de la spire directe, peut être usinée pour la réalisation in situ des caloducs.

Liste des figures

[0023] L'invention et ses différentes caractéristiques techniques seront mieux comprises à la lecture de la description suivante de plusieurs réalisations de l'invention ; elle est accompagnée de plusieurs figures représentant respectivement :

- figure 1, déjà décrite, un creuset froid selon l'art antérieur ;
- figure 2, déjà décrite, en coupe, un secteur du creuset froid décrit à la figure 1 ;
- figure 3, déjà décrite, une deuxième réalisation de l'inducteur d'un creuset selon l'art antérieur ;
- figure 4, un premier creuset selon l'invention ;
- figure 5, un collier autobloquant pouvant être utilisé sur le creuset selon l'invention ;
- figure 6, un détail du collier autobloquant de la figure 5 ;
- figure 7, une vue du dessous du creuset décrit à la figure 4 ;
- figure 8, en vue de dessous, une autre réalisation du fond du creuset ;
- figure 9, en vue frontale, une deuxième réalisation d'un creuset selon l'invention ;
- figure 10A et 10B, d'autres réalisations possibles du fond du creuset de la figure 9 ;
- figure 11, une troisième réalisation du creuset selon l'invention ;
- figure 12, un détail d'une variante de la troisième réalisation décrite à la figure 11 ;
- figure 13, une autre réalisation possible du creuset selon l'invention ;
- figure 14, un exemple de fixation des creusets les uns sur les autres ; et
- figure 15, une réalisation du creuset à spire directe refroidie par caloducs et à doigt froid constitué d'un ou plusieurs caloducs.

Description détaillée de plusieurs réalisations de l'invention

[0024] Une première réalisation possible du creuset selon l'invention est représentée à la figure 4. Les matériaux y sont toujours fondus dans une partie analogue à celle du creuset décrit à la figure 1 et formée ici de secteurs 11 dont la partie 11B s'apparente à la pluralité de secteurs 1 du creuset de la figure 1.

[0025] La différence majeure réside dans le fait que ces secteurs 11 ont une partie haute 11H, prolongeant par le haut les parties basses 11B et s'écartant par rapport au centre du creuset. De la sorte, leur partie haute 11H ne gêne pas la mise en place des éléments complémentaires à l'installation, tels que les systèmes de remplissage, d'isolation thermique et l'inducteur principal 3. En effet, celui-ci est analogue à celui utilisé sur le creuset de l'art antérieur, représenté à la figure 1.

[0026] Chaque secteur 11 est constitué d'un caloduc, de préférence de section cylindrique, sans que cette forme soit impérative. Elle pourrait être parallélépipédique. La paroi du caloduc doit être en cuivre ou en acier inoxydable, ou tout autre produit ou métal susceptible de convenir à l'application envisagée. Le fluide caloporteur contenu dans le caloduc constituant un secteur 11 peut être de l'eau ou tout autre fluide adéquat, tel que le sodium, le germanium, l'argent. La partie haute 11H de chaque secteur 11, par où s'effectue l'évacuation de la chaleur captée dans le creuset, est entourée d'un dispositif de circulation forcée d'un fluide, symbolisé par une entrée 14E et une sortie 14S, qui côtoie les parties hautes 11H des secteurs 11. On profite d'ailleurs, sans que cela soit une unique solution, que le dispositif de circulation forcée soit présent autour des parties hautes 11H pour assurer la fixation de celles-ci au moyen d'une virole 16 perforée, isolante électriquement et fabriquée en matériau composite. La paroi de chaque secteur est rendue électriquement isolante dans sa partie basse 11B où les secteurs 11 adjacents sont en contact les uns avec les autres par un revêtement adapté. On pense, par exemple, à un revêtement d'alumine projeté par plasma ou par procédé PVD. Concernant la fixation des secteurs 11 dans la partie basse 11B, on utilise, dans cette réalisation, un même banderolage que celui utilisé dans le creuset, précédemment décrit à la figure 1. En référence à la figure 5, ce banderolage peut être remplacé par un collier autobloquant 15, réalisé en matériau composite, isolant électriquement. La fermeture d'un tel collier autobloquant 15 est illustrée par la figure 6 où les deux extrémités 15A et 15B s'encliquètent l'une dans l'autre, au moyen de crochets 15C.

[0027] Le creuset, comme le montre la figure 4, possède un fond 12 qui est, dans ce cas, refroidi par le prolongement 11F des secteurs 11, en dessous de leurs parties basses 11B.

[0028] On note que le fond 2 pourrait ne pas être refroidi et être ouvert en son milieu pour permettre le passage de pièces de grandes longueurs ou pour évacuer

le produit resolidifié.

[0029] La figure 7 montre, en vue de dessous, le même creuset de la figure 4, le fond 12 étant enlevé. On y distingue donc les extrémités basses 11B des secteurs 11 qui s'étendent à partir de la périphérie vers le centre du creuset. Dans le but de couvrir toute la surface du fond du creuset, ces différentes extrémités basses 11B des secteurs 11 ont des longueurs différentes, de manière à s'enchevêtrer les unes dans les autres comme un parquet à bâtons rompus et d'effectuer le recouvrement complet du fond. D'autre part, on distingue également les parties hautes 11H des secteurs 11 avec les entrées 14E et sorties 14S de circulation de liquide de refroidissement.

[0030] La figure 8 montre une autre configuration des extrémités basses 21B des secteurs 21 pour constituer le refroidissement du fond du creuset. Dans celui-ci, on s'aperçoit que chaque extrémité basse 21B s'oriente vers le centre du creuset, ces différentes extrémités basses 21B ayant des longueurs différentes pour pouvoir, non pas s'enchevêtrer, mais recouvrir, grosso modo, le fond du creuset.

[0031] Comme le montre la figure 9, le fond 22 peut être également refroidi par des caloducs 24, indépendants des secteurs 21 en pénétrant dans le fond 22. Cet aménagement est prévu, entre autre, lorsqu'un inducteur supplémentaire 29 est placé sous le fond 22 pour assurer un chauffage complémentaire du creuset. Les caloducs indépendants 24 ont une partie haute 24H analogue à la partie haute 14H des secteurs représentés sur le creuset de la figure 4, c'est-à-dire s'écartant du centre du creuset, au-delà de l'inducteur 23.

[0032] Les figures 10A et 10B montrent les caloducs indépendants qui peuvent être utilisés sous le fond du creuset. Les caloducs indépendants 21A de la figure 10A s'étendent de part et d'autre d'un plan de symétrie du creuset qui a été représenté cylindrique. Dans le cas de la figure 10B, les caloducs 21B s'étendent chacun sur toute la surface du fond et ne s'étendent que d'un côté du creuset.

[0033] La figure 11 montre que la partie inférieure du creuset peut être constituée par des caloducs indépendants 32, positionnés de façon un peu inclinée de manière à venir couvrir le fond du creuset. Ils complètent ainsi les secteurs 31 placés entre l'inducteur 33 et le creuset lui-même, la chaleur étant évacuée grâce au circuit de refroidissement dont l'entrée a été référencée 34E et la sortie 34S. Cette réalisation convient particulièrement bien aux creusets froids, sectorisés de forme parallélépipédique.

[0034] La figure 12 montre que les caloducs indépendants 32 de la figure 10 peuvent être remplacés par des caloducs indépendants inclinés 42, le circuit de refroidissement étant adapté à cette géométrie, les entrées 44E et sorties 44S ne se trouvant plus horizontales.

[0035] La figure 13 montre une autre variante du creuset selon l'invention. En effet, elle montre la superposition de plusieurs creusets pour n'en former qu'un seul

d'une hauteur importante, donc d'une capacité accrue. Compte tenu de la forme écartée des parties hautes 51H, des secteurs 51, l'emboîtement des différents creusets les uns au-dessus des autres est possible. On note que le creuset inférieur est équipé de caloducs indépendants 52, analogues aux caloducs indépendants 32 de la figure 11. Les différents inducteurs successifs 53 sont équivalents à un inducteur beaucoup plus long qui serait constitué en une seule partie.

[0036] Comme le montre la figure 14, la fixation de ces différents creusets les uns sur les autres peut être réalisée au moyen de picots brasés 57 sur chaque extrémité inférieure d'une partie centrale de secteur 51 et s'engageant dans une pièce de fixation 56 fixée à l'extrémité inférieure de la partie basse 51B du secteur 51 du creuset qui lui est juste supérieur.

[0037] La conception de ce creuset s'applique également à un creuset utilisant un inducteur constitué d'une spire unique, comme celui de la figure 3.

[0038] La figure 15 montre la réalisation d'un creuset à spire directe dont la virole 58 est refroidie à l'aide des caloducs 59 qui lui sont fixés, un ou plusieurs caloduc(s) 60 constituant le doigt froid. Une variante de réalisation consiste à utiliser une virole épaisse dans la réalisation de la spire directe, un usinage adéquat permettant la réalisation in situ des caloducs ou simplement leur insertion.

Revendications

1. Creuset froid à chauffage par induction électromagnétique, destiné à la fusion du verre, d'oxydes réfractaires et de métaux, comprenant principalement :

- un fond (2, 22) ;
- au moins un inducteur (3, 33, 53) ; et
- des secteurs (11, 21, 31, 51) juxtaposés et constituant une enceinte du creuset ;
- des moyens de refroidissement,

caractérisé en ce que les secteurs (11, 21, 31, 51) sont constitués de caloducs à parois isolées électriquement constituant eux-mêmes les moyens de refroidissement.

2. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les caloducs ont une partie haute (11H, 31H, 51H) dépassant de l'enceinte du creuset qui est constituée par les parties basses (11B, 31B, 51B) de chaque secteur et étant déportée pour permettre l'évacuation de la chaleur par une circulation forcée de fluide contre la partie haute (11H, 31H, 51H) des secteurs.

3. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les secteurs (11F) se prolongent sous

l'enceinte du creuset pour constituer le fond ou réfrigérer le fond (12).

4. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le fond du creuset constitué de calo-
ducts indépendants (24), indépendants de ceux (11, 31, 51) constituant l'enceinte du creuset. 5
5. Creuset froid selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend une virole (16) de fixation des parties hautes (11H) des secteurs (11, 21), électriquement isolante et entourant l'ensemble de ces parties hautes (11H). 10
6. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les secteurs (11, 21, 51) sont solidarisés par un banderolage (5) dans la partie basse (11B) des secteurs. 15
7. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les secteurs sont solidarisés par des colliers autobloquants (15). 20
8. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** comprend un inducteur complémentaire (29) pour chauffer le creuset en étant placé en dessous du fond (22). 25
9. Creuset froid selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** comprend plusieurs étages de secteurs (51) superposés, constituant ainsi une enceinte de creuset longue et haute et dont l'inducteur est constitué par les inducteurs (53) de chacun des étages ainsi superposés. 30
10. Creuset froid selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'inducteur est une spire unique et directe constituée d'une virole (58) refroidie par des calo-
ducts (59). 35
11. Creuset froid selon la revendication 1 ou 10, **caractérisé en ce que** le doigt froid (ou les doigts) est constitué d'un (ou plusieurs) calo-
duct(s) (60). 40
12. Creuset froid selon la revendication 1 ou 10, **caractérisé en ce que** la virole (58) de la spire directe est constituée par l'assemblage continu de calo-
ducts non électriquement isolés. 45
13. Creuset froid selon la revendication 1 ou 10, **caractérisé en ce que** la virole épaisse, constitutive de la spire directe, est usinée pour la réalisation in situ des calo-
ducts. 50

Claims

1. Cold crucible with electromagnetic induction heat-

ing, intended for the fusion of glass, refractory oxides and metals, and principally comprising:

- a base (2, 22);
- at least one inductor (3, 33, 53);
- segments (11, 21, 31, 51) juxtaposed and constituting a crucible chamber; and
- cooling means.

characterised in that the segments (11, 21, 31, 51) are constituted of heat pipes with electrically insulated walls, themselves constituting the cooling means.

2. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** the heat pipes have an upper part (11H, 31H, 51H) extending beyond the crucible chamber, constituted by the lower parts (11B, 31B, 51B,) of each segment and being offset to allow evacuation of heat by forced circulation of fluid against the upper part (11H, 31H, 51H) of the segments.
3. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** the sectors (11F) are prolonged under the crucible chamber to constitute the base or to cool the base (12).
4. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** the crucible base is constituted of independent heat pipes (24) independent from those (11, 31, 51) constituting the crucible chamber.
5. Cold crucible according to claim 2, **characterised in that** it comprises a hoop (16) for fixation of the upper parts (11H) of segments (11, 21), electrically insulating and surrounding these upper parts as a whole (11H).
6. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** the segments (11, 21, 51) are held together by strapping (5) in the lower part (11B) of the segments.
7. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** the segments are held together by self-locking collars (15).
8. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** it comprises a complementary inductor (29) to heat the crucible by being placed under the base (22).
9. Cold crucible according to claim 2, **characterised in that** it comprises several stages of superposed segments (51), thus constituting a long and high crucible chamber and with an inductor constituted of the inductors (53) of each of the stages superposed in this way.

10. Cold crucible according to claim 1, **characterised in that** the inductor is a single and direct coil constituted of a hoop (58) cooled by heat pipes (59).
11. Cold crucible according to either one of claims 1 or 10, **characterised in that** the cold finger (or fingers) are constituted of one (or several) heat pipes(s) (60).
12. Cold crucible according to either one of claims 1 or 10, **characterised in that** the hoop (58) of the direct coil is constituted by continuous assembly of non-electrically insulated heat pipes.
13. Cold crucible according to either one of claims 1 or 10, **characterised in that** the thick hoop, constituent of the direct coil, is machined for production of heat pipes in situ.

Patentansprüche

1. Kaltschmelztiegel mit elektromagnetischer Induktionserwärmung, bestimmt für das Einschmelzen von Glas, refraktären Oxiden und Metallen, hauptsächlich umfassend:
- einen Boden (2, 22);
 - wenigstens einen Induktor (3, 33, 53); und
 - nebeneinander angeordnete und einen Behälter des Tiegels bildende Sektoren (11, 21, 31, 51);
 - Kühleinrichtungen;
- dadurch gekennzeichnet, dass** die Sektoren (11, 21, 31, 51) durch Wärmerohre mit elektrisch isolierenden Wänden gebildet werden, die selbst die Kühleinrichtungen bilden.
2. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wärmerohre einen oberen Teil (11H, 31H, 51H) aufweisen, der über den durch die unteren Teile (11B, 31B, 51B) aller Sektoren gebildeten Behälter des Tiegels seitlich hinausragt, um die Abführung der Wärme durch eine Fluid-Zwangszirkulation zu ermöglichen, der man den oberen Teil (11H, 31H, 51H) der Sektoren aussetzt.
3. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sektoren (11F) sich unter dem Behälter des Tiegels verlängern, um den Boden zu bilden oder den Boden (12) zu kühlen.
4. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Boden des Tiegels durch unabhängige Wärmerohre (24) gebildet wird, die von denen (11, 31, 51) unabhängig sind, die den Behälter des Tiegels bilden.

5. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen Reif (16) zur Befestigung der oberen Teile (11H) der Sektoren (11, 21) umfasst, der elektrisch isolierend ist und alle diese oberen Teile (11H) umgibt.
6. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sektoren (11, 21, 51) durch eine Umwicklung (5) des unteren Teils (11B) der Sektoren verbunden bzw. zusammengehalten werden.
7. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sektoren durch selbsthemmende Ringe (15) verbunden bzw. zusammengehalten werden.
8. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** er einen zusätzlichen Induktor (29) umfasst, der zur Erwärmung des Tiegels unter dem Boden (22) angeordnet ist.
9. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** er mehrere übereinanderliegende Sektorenstufen (51) umfasst, die derart einen langen und hohen Tiegelbehälter bilden und deren Induktor durch Induktoren (53) von jeder der so übereinander angeordneten Stufen gebildet wird.
10. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Induktor eine einzige und direkte Windung ist, gebildet durch einen Reif (58), gekühlt durch Wärmerohre (59).
11. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kalte Finger (oder die Finger) durch ein (oder mehrere) Wärmerohr(e) (60) gebildet wird.
12. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reif (58) der direkten Windung gebildet wird durch den kontinuierlichen Zusammenbau von elektrisch nicht isolierenden Wärmerohren.
13. Kaltschmelztiegel nach Anspruch 1 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der die direkte Windung bildende dicke Reif für die In-situ-Realisierung der Wärmerohre maschinell bearbeitet wird.

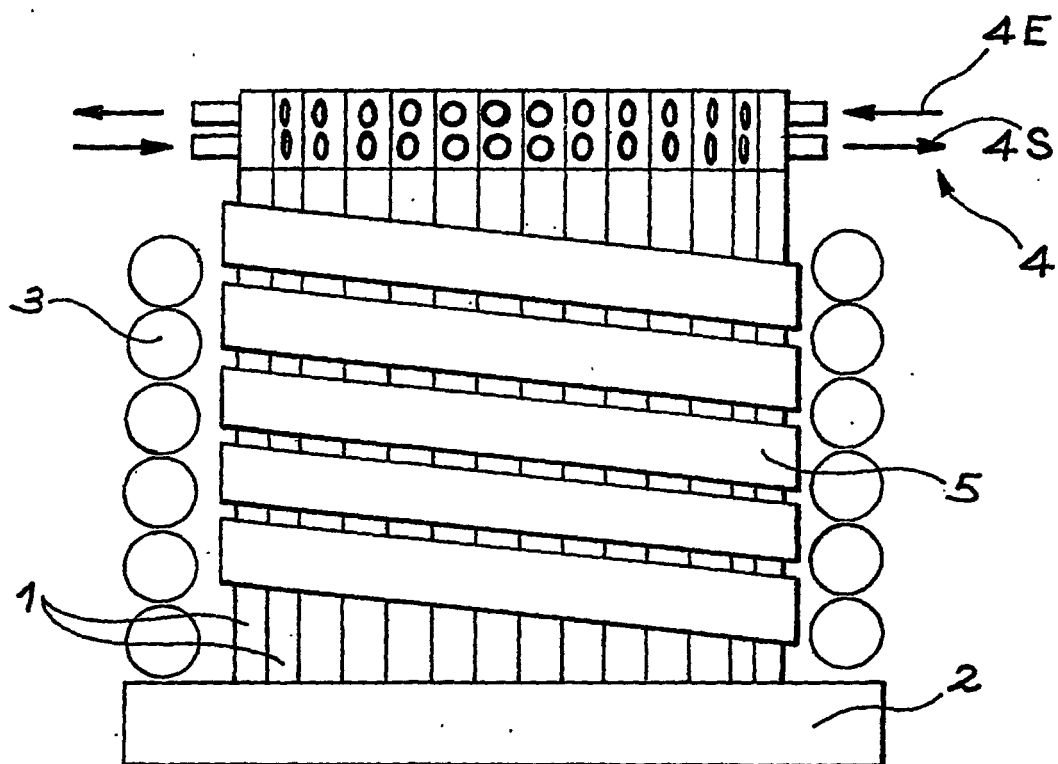


FIG. 1

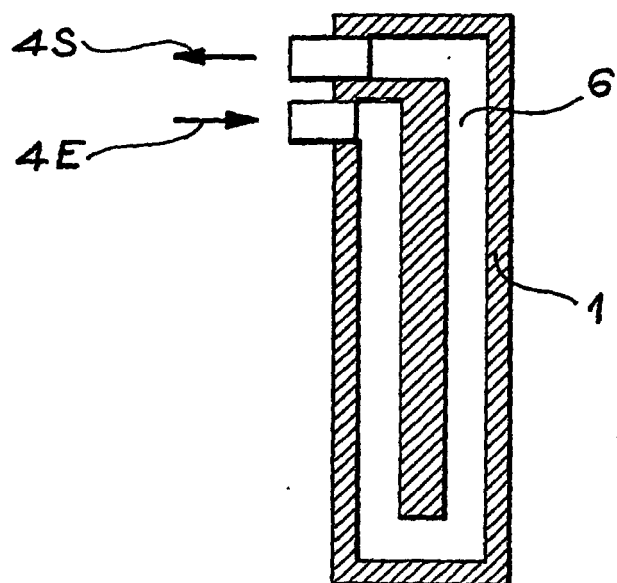


FIG. 2

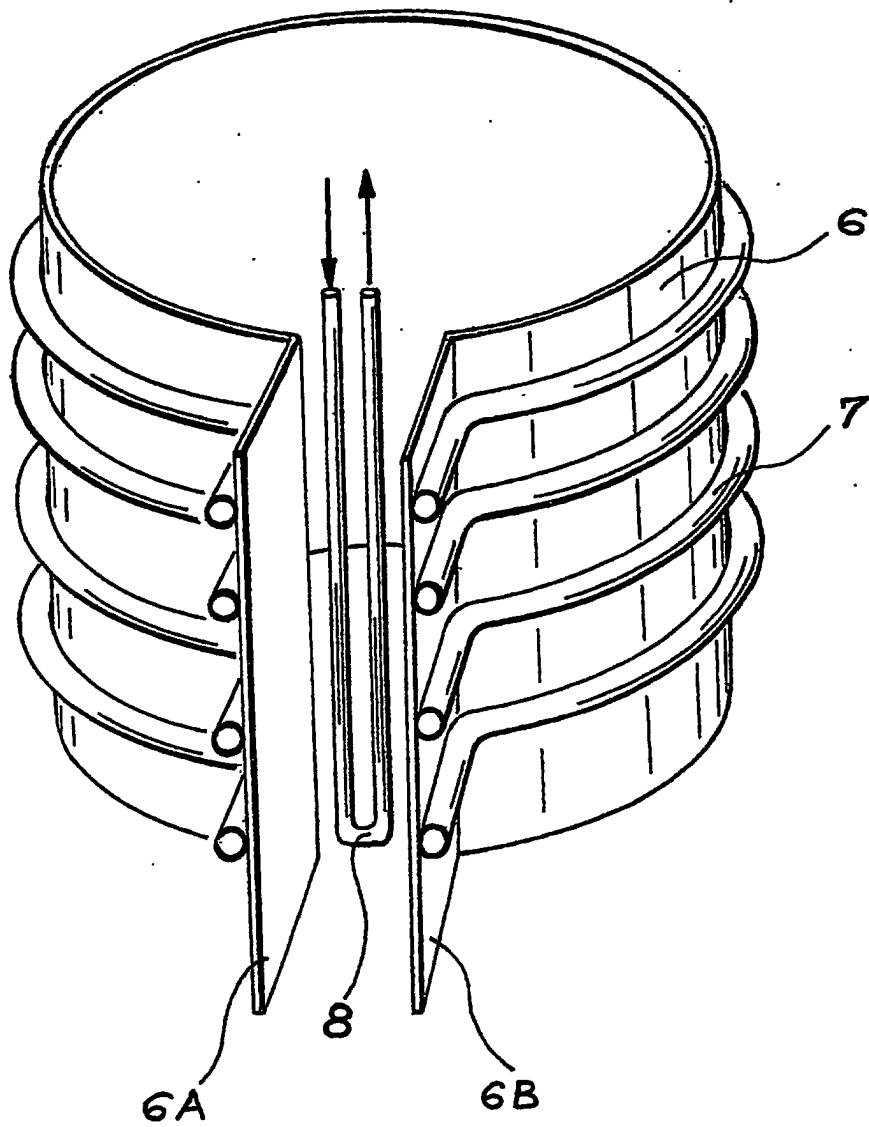


FIG. 3

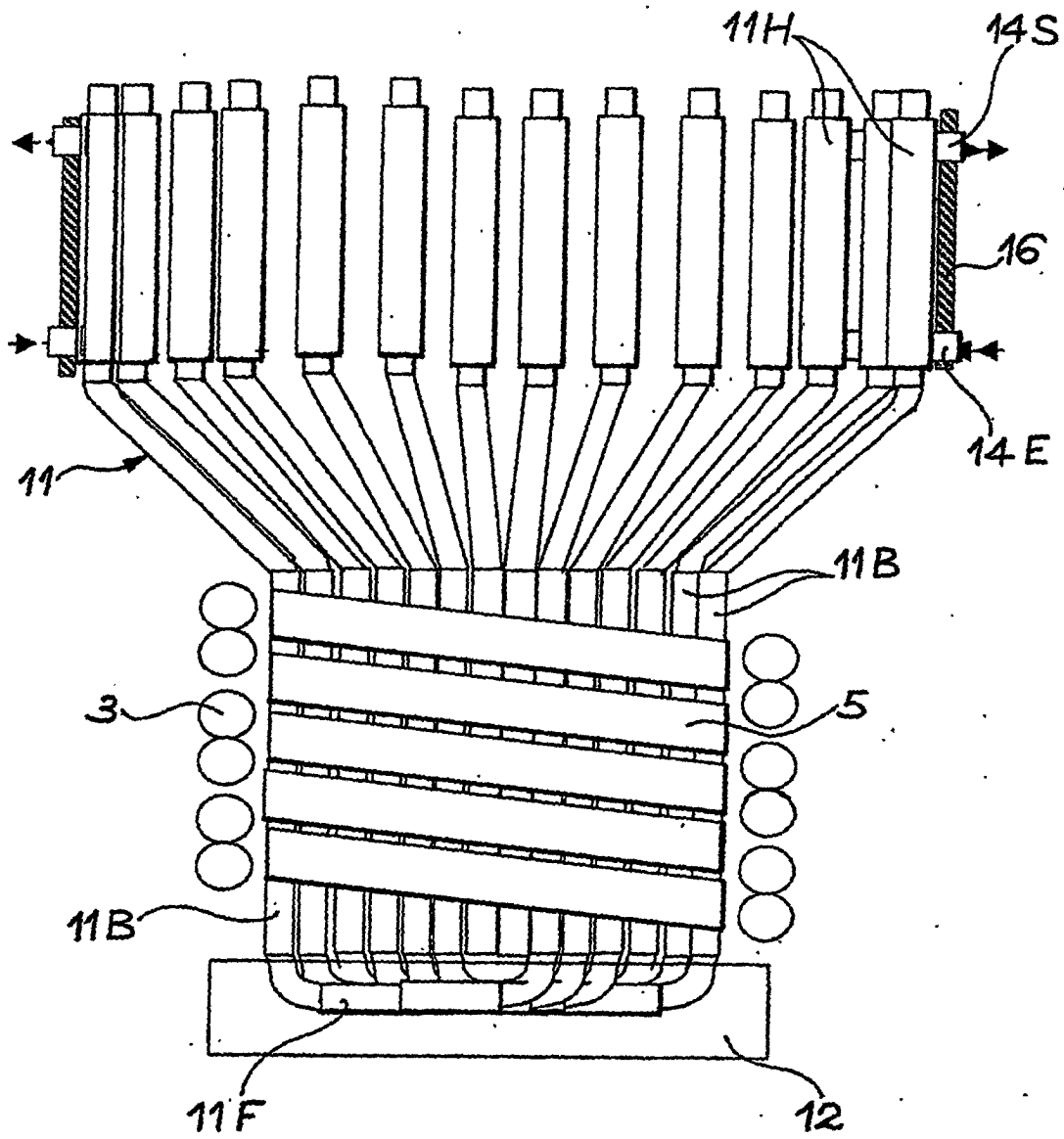


FIG. 4

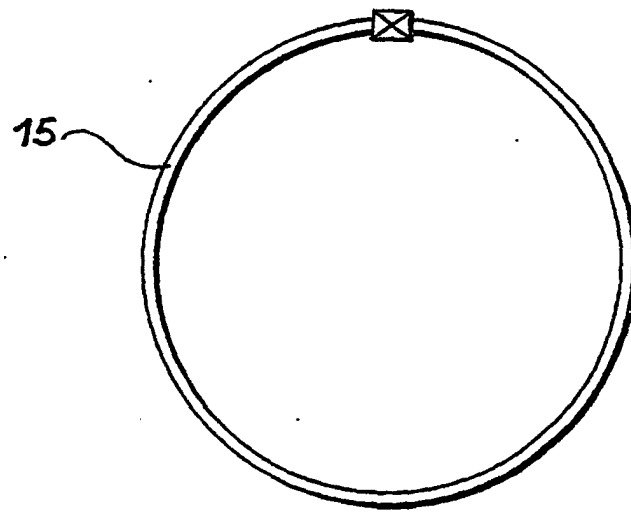


FIG. 5

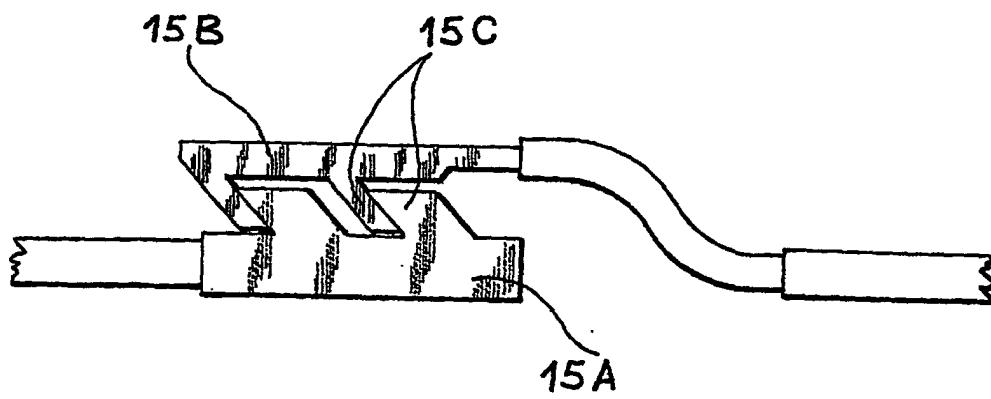


FIG. 6

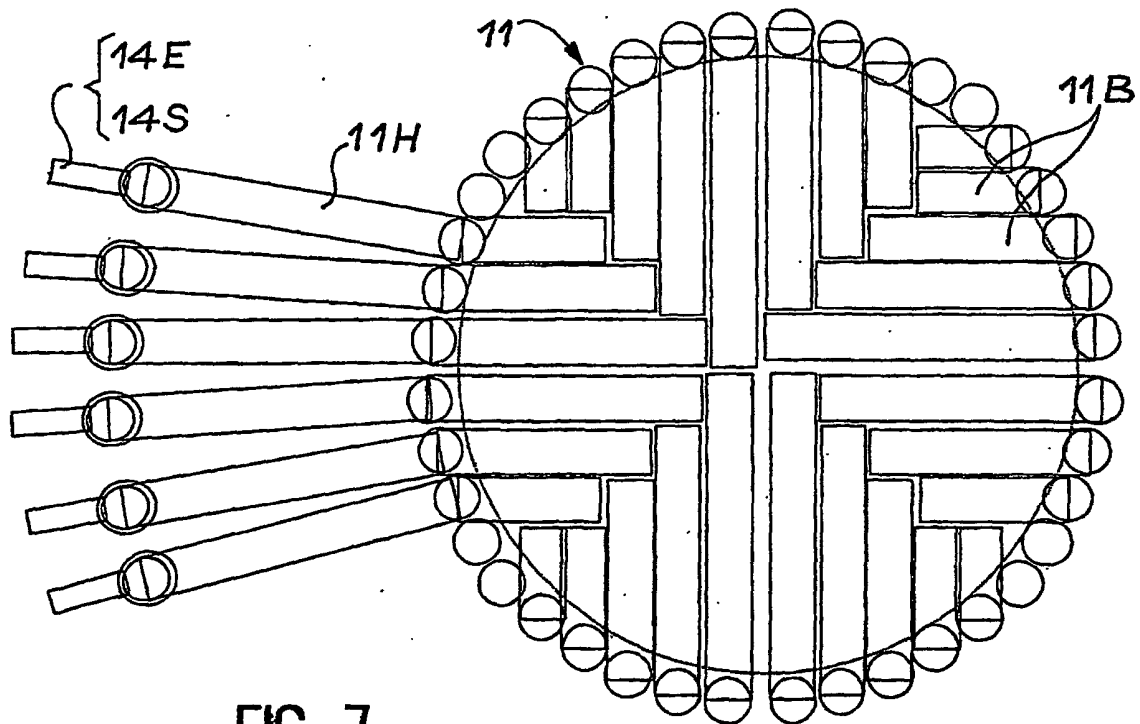


FIG. 7

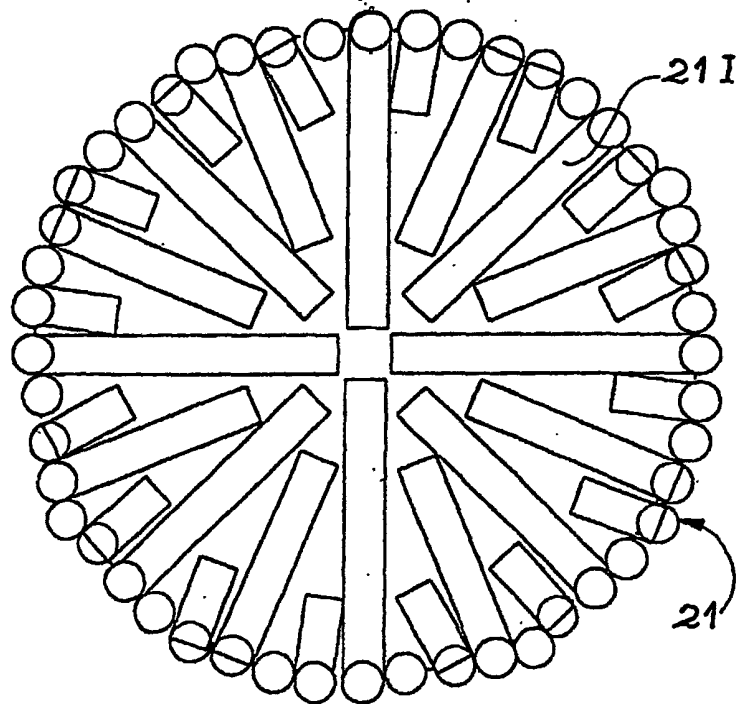


FIG. 8

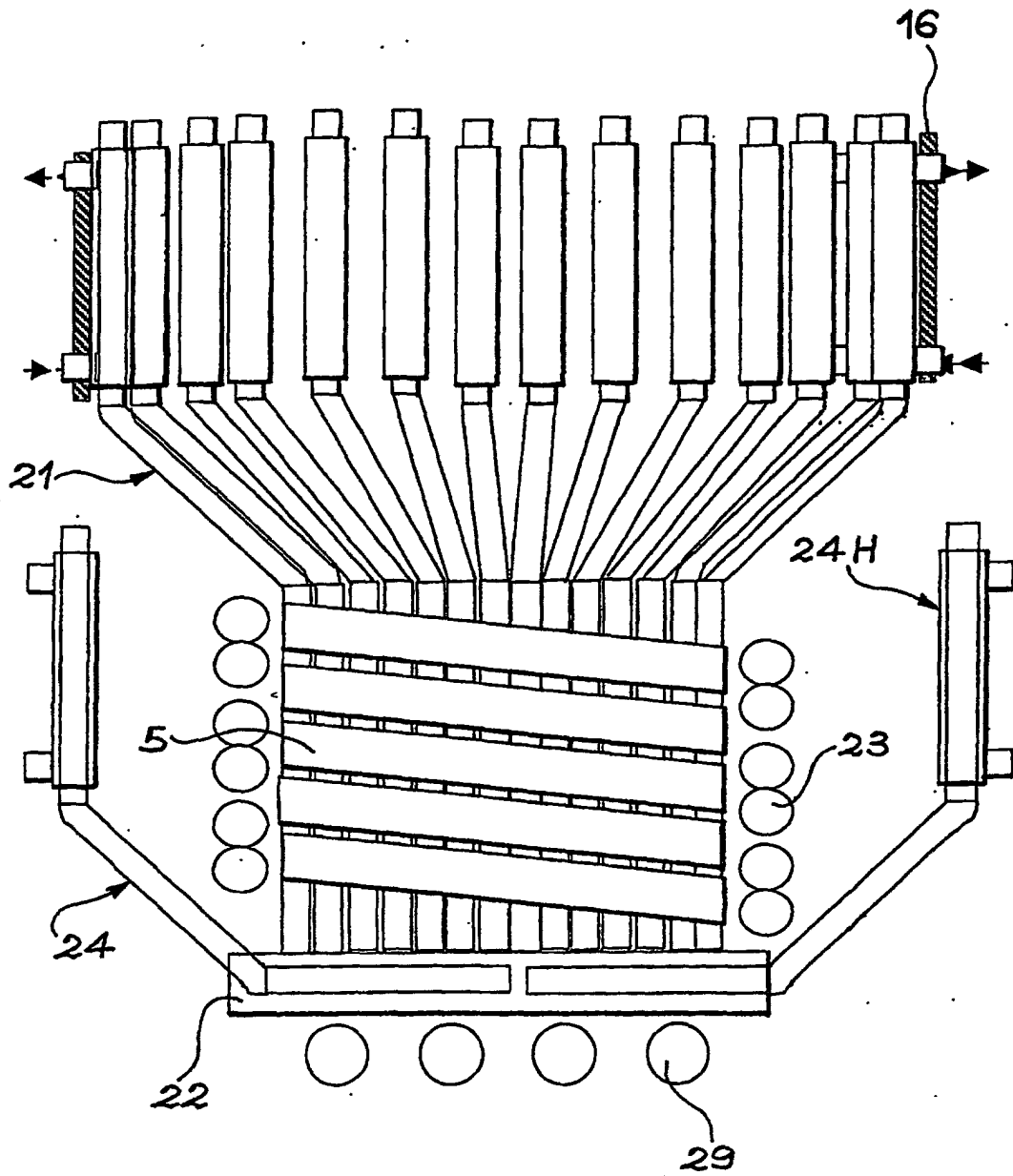


FIG. 9

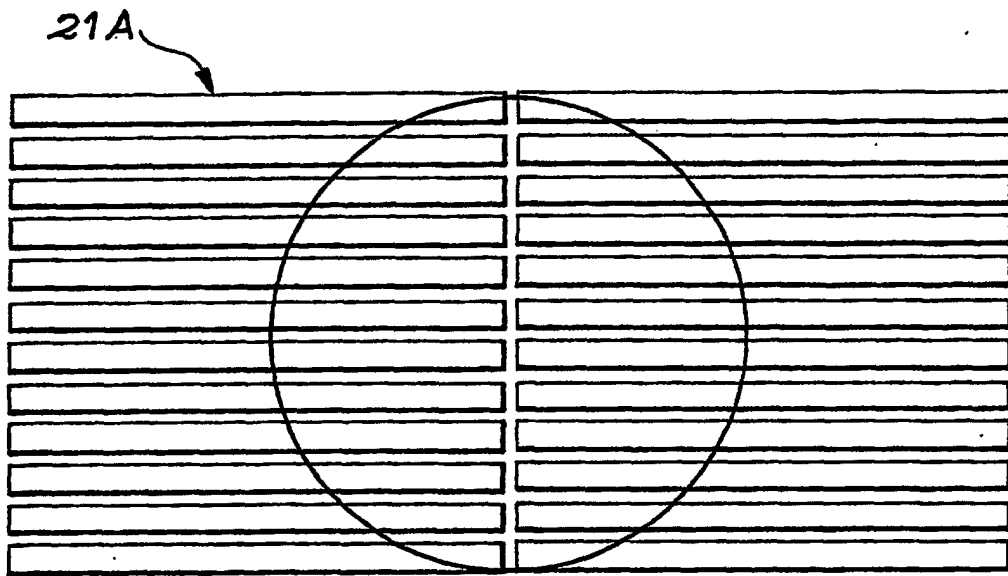


FIG. 10 A

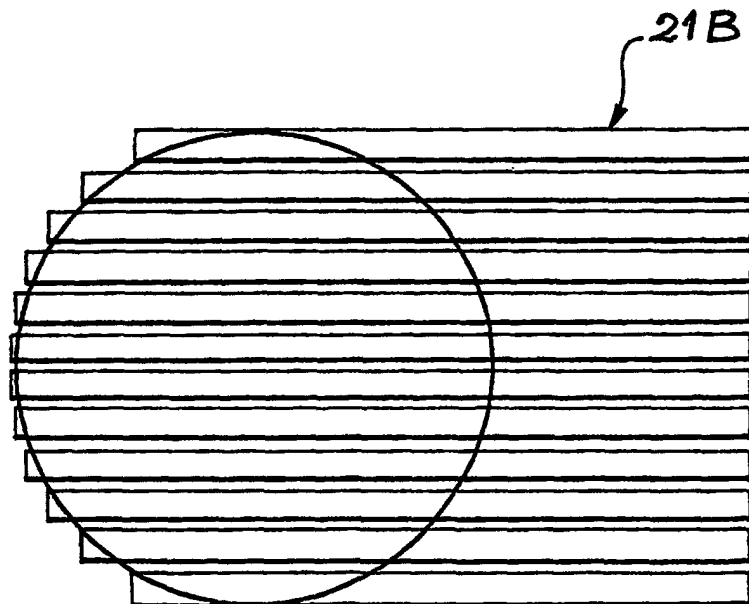


FIG. 10 B

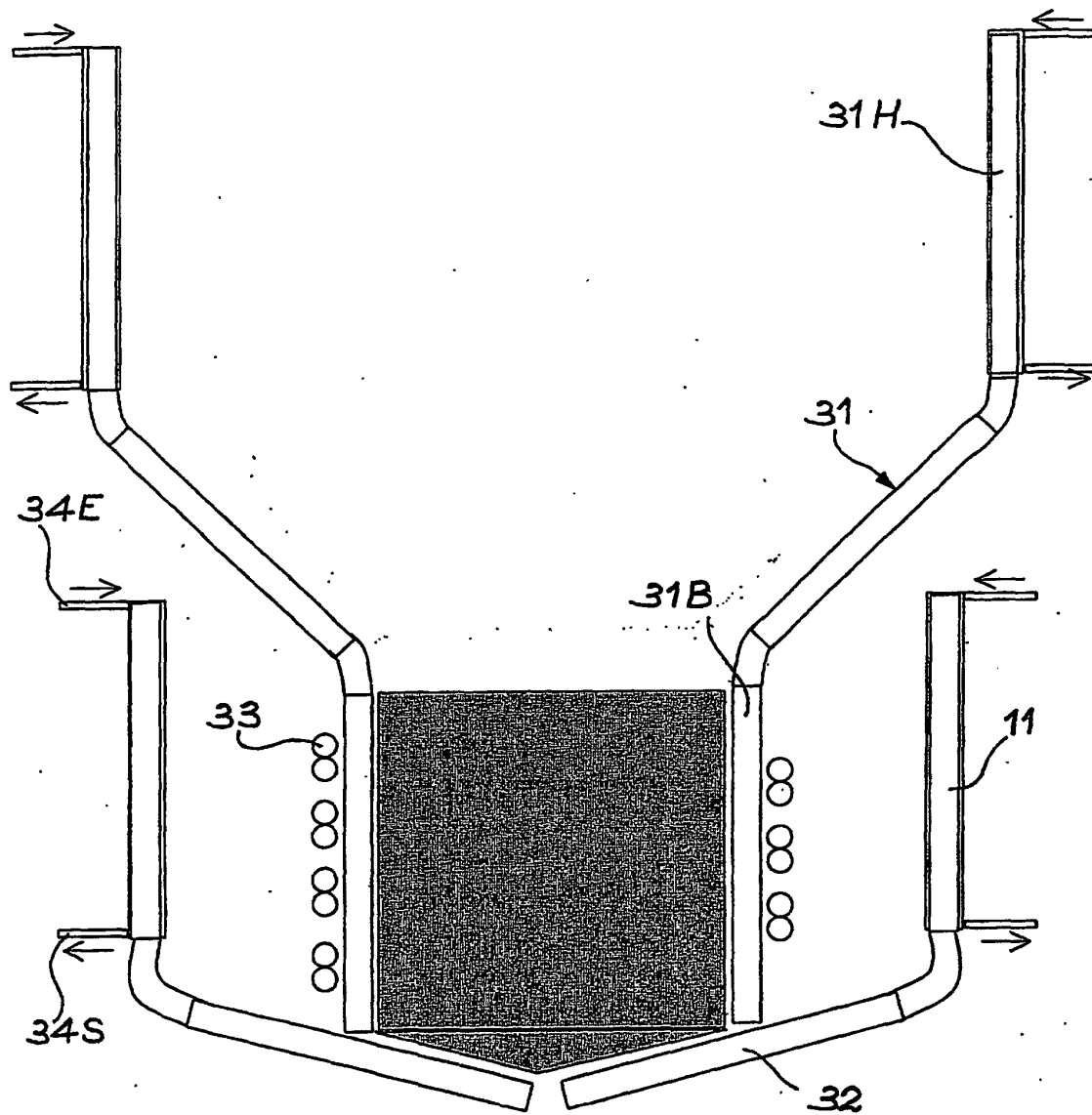
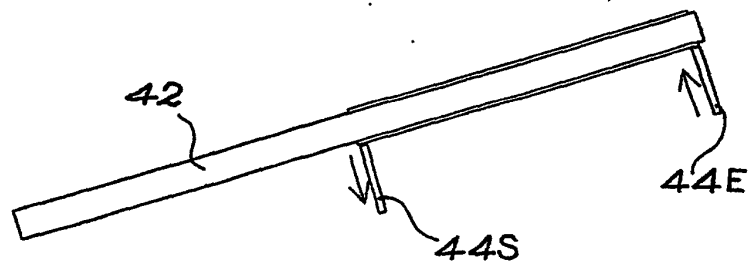


FIG. 11

FIG. 12



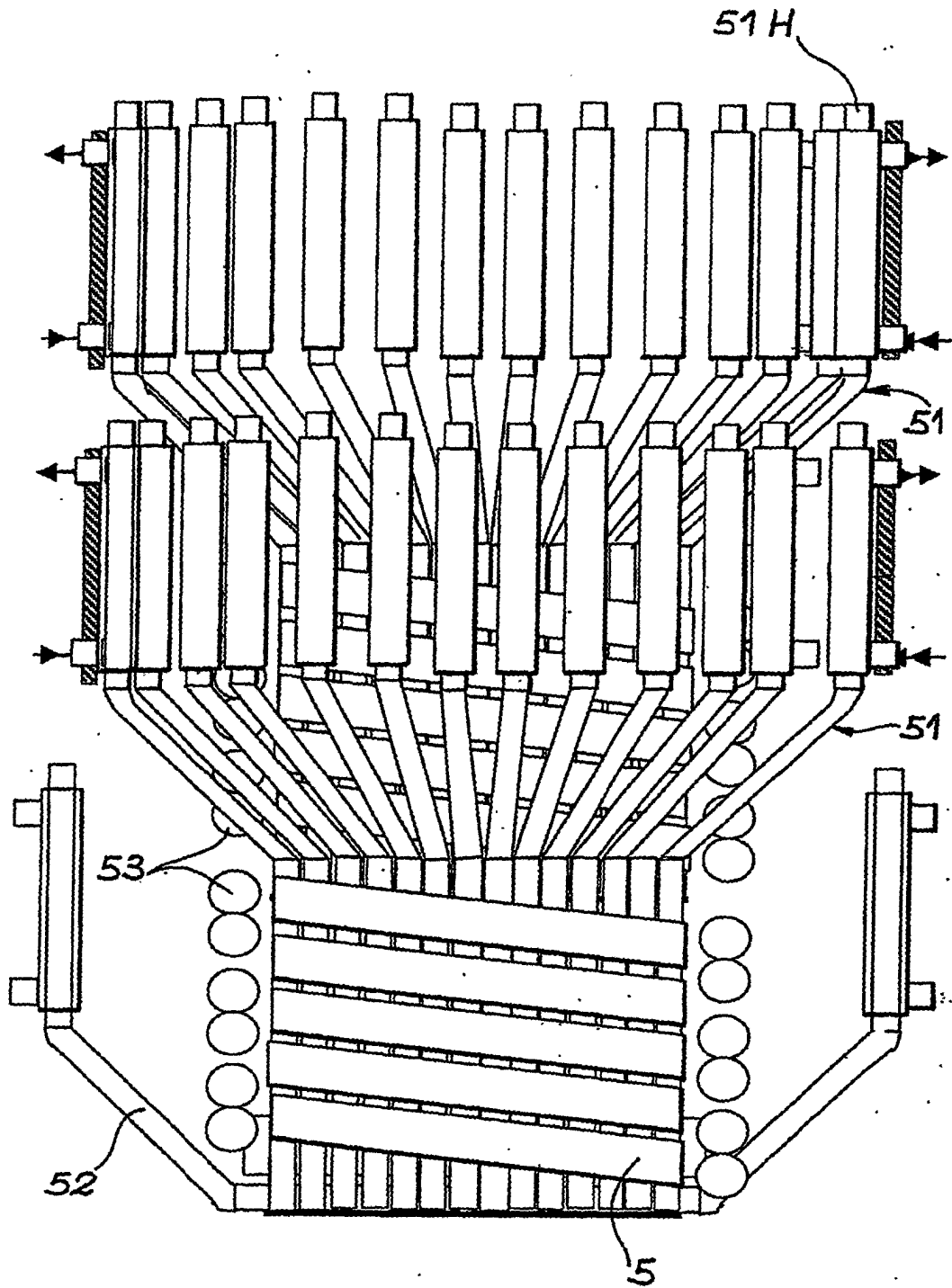


FIG. 13

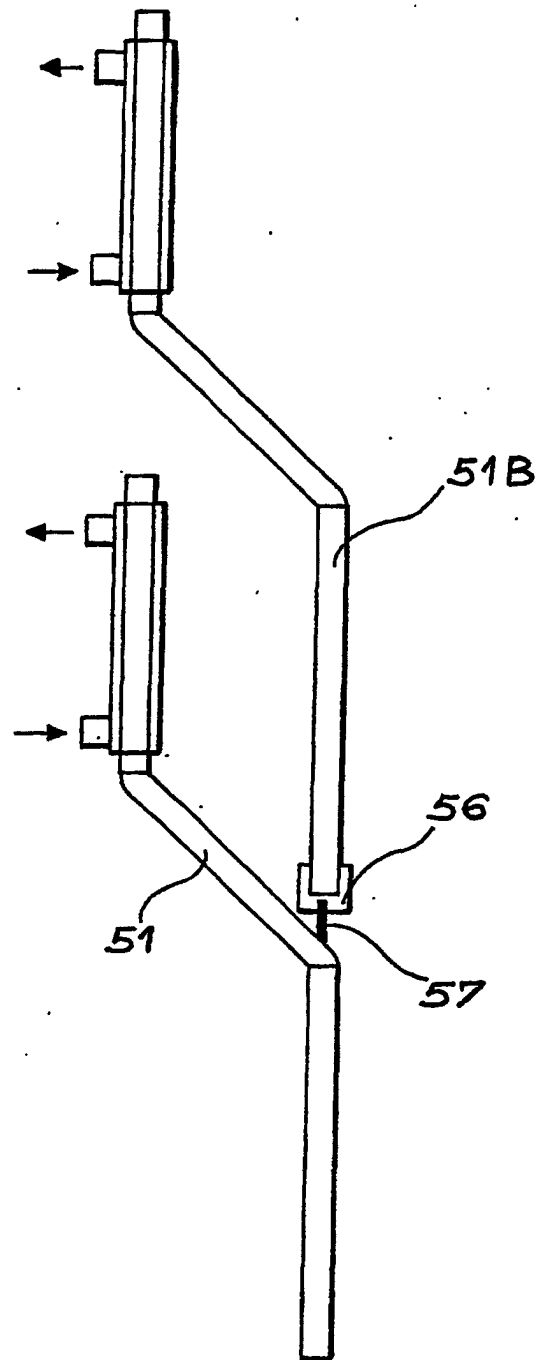


FIG. 14

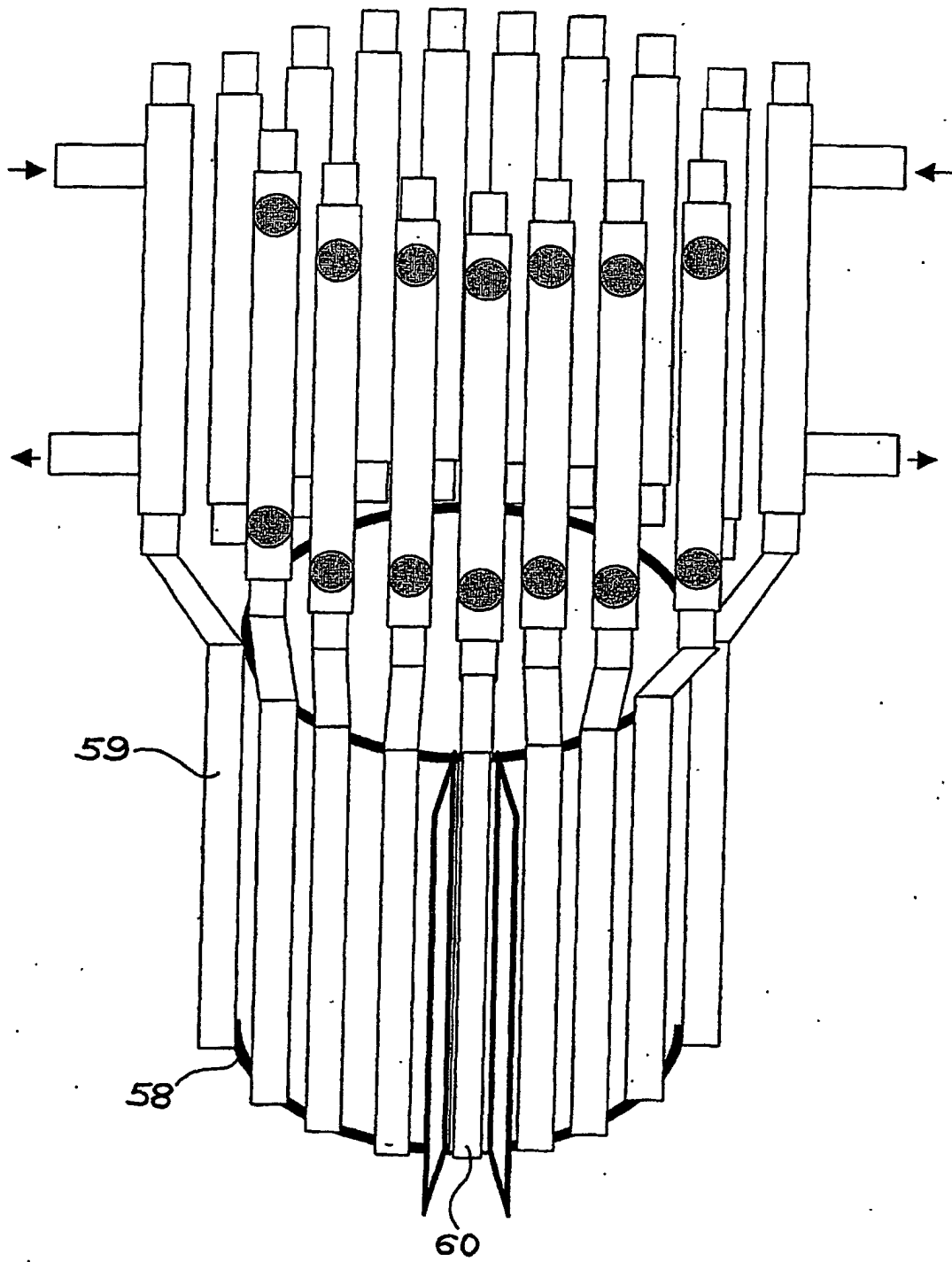


FIG. 15