

(19)



(11)

EP 2 553 693 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
04.05.2016 Bulletin 2016/18

(51) Int Cl.:
H01F 7/02^(2006.01) H05B 6/00^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11719640.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB2011/000698

(22) Date de dépôt: **31.03.2011**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/121435 (06.10.2011 Gazette 2011/40)

(54) **APPAREIL THERMIQUE MAGNETOCALORIQUE COMPORTANT UN GENERATEUR DE CHAMP MAGNETIQUE**

MAGNETOKALORISCHE THERMISCHE VORRICHTUNG MIT EINEM MAGNETFELDGENERATOR
MAGNETOCALORIC THERMAL DEVICE THAT INCLUDES A MAGNETIC FIELD GENERATOR

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

• **MULLER, Christian**
F-67000 Strasbourg (FR)

(30) Priorité: **31.03.2010 FR 1001328**

(74) Mandataire: **Koelbel, Caroline**
Cabinet Nithardt & Associés S.A.
14, boulevard Alfred Wallach
B.P. 1445
F-68071 Mulhouse Cedex (FR)

(43) Date de publication de la demande:
06.02.2013 Bulletin 2013/06

(73) Titulaire: **Cooltech Applications S.A.S.**
67810 Holtzheim (FR)

(56) Documents cités:
EP-A1- 0 661 728 EP-A1- 1 378 920
EP-A1- 2 108 904

(72) Inventeurs:
• **HEITZLER, Jean-Claude**
F-68180 Horbourg-Wihr (FR)

EP 2 553 693 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

DescriptionDomaine technique:**[0001]**

La présente invention concerne un appareil thermique à matériau magnétocalorique muni d'un générateur de champ magnétique comportant au moins un assemblage d'aimants permanents anisotropes agencés pour créer un flux magnétique et définissant un entrefer à l'intérieur duquel est concentré ledit flux magnétique,

- ledit assemblage comportant un premier élément et un deuxième élément comprenant chacun au moins trois aimants permanents,
- lesdits premier et deuxième éléments étant montés en regard l'un de l'autre, symétriquement par rapport à un plan de symétrie, et étant sensiblement disposés dans un même plan et au moins partiellement, respectivement entourés par des organes de fermeture du champ magnétique,
- les aimants permanents constituant les premier et deuxième éléments dudit assemblage étant maintenus latéralement en position les uns par rapport aux autres par l'intermédiaire de moyens de positionnement en contact surfacique avec lesdits aimants permanents,
- les aimants permanents desdits premier et deuxième éléments dudit assemblage étant disposés sensiblement en arc de cercle selon trois zones, une zone centrale disposée en regard de l'entrefer, une première zone latérale, disposée d'un côté de ladite zone centrale et une deuxième zone latérale disposée de l'autre côté de ladite zone centrale, et
- les aimants permanents desdites première et deuxième zones latérales ayant des directions d'aimantation opposées par rapport audit plan de symétrie.

Technique antérieure :

[0002] Afin d'obtenir de manière économique un champ magnétique important dans un espace délimité, il est connu de réaliser un assemblage d'aimants permanents. La littérature décrit de tels assemblages notamment pour une application dans le domaine de l'imagerie médicale par résonance magnétique. Dans ce domaine, l'on réalise des couronnes d'aimants permanents que l'on dispose côte-à-côte. Les aimants permanents utilisés présentent toutefois une structure géométrique complexe difficile à réaliser, ce qui augmente le coût de revient de l'assemblage d'aimants, tels que décrits dans les publications EP 661.728 et EP 1.378.920.

[0003] La transposition de telles structures d'aimants

n'est de ce fait pas envisageable dans le cadre d'applications à volume plus restreint, et en particulier dans le domaine des appareils thermiques magnétocaloriques. En effet, dans ces appareils, il est indispensable de générer un champ magnétique uniforme et intense dans un entrefer correspondant sensiblement au volume d'un matériau ou élément magnétocalorique afin que le champ magnétique créé puisse successivement activer et désactiver magnétiquement un ou plusieurs matériaux magnétocaloriques alternativement introduits puis retirés de l'entrefer. Un exemple de réalisation est décrit dans la publication EP 2.108.904 qui reste toutefois très complexe et coûteux à réaliser.

15 Exposé de l'invention :

[0004] La présente invention vise à pallier ces inconvénients en proposant un dispositif générant un champ magnétique intense et uniforme, facile à réaliser et ayant un faible coût de revient. Un tel dispositif est destiné à être intégré dans un appareil thermique à matériau magnétocalorique.

[0005] Dans ce but, l'invention concerne un appareil thermique à matériau magnétocalorique tel que mentionné en préambule, caractérisé en ce que :

- lesdits premier et deuxième éléments sont montés de part et d'autre d'au moins deux pièces de matériau ferromagnétique constituant un dispositif concentrateur de flux magnétique, lesdites pièces de matériau ferromagnétique étant disposées de part et d'autre dudit entrefer, respectivement entre les aimants permanents desdites premières zones latérales du premier et du deuxième éléments de l'assemblage, disposés d'un côté desdites zones centrales, et entre les aimants permanents desdites deuxièmes zones latérales du premier et du deuxième éléments de l'assemblage, disposés de l'autre côté desdites zones centrales,
- chacun desdits organes de fermeture du champ magnétique desdits premier et deuxième éléments dudit assemblage a un profil intérieur sensiblement en arc de cercle qui correspond à la disposition en arc de cercle selon les trois zones des aimants permanents desdits premier et deuxième éléments dudit assemblage,
- lesdits aimants permanents sont agencés, dans ledit assemblage de telle sorte que, dans ladite zone centrale, l'orientation de leurs lignes de champ magnétique est au moins approximativement tangentielle à la surface adjacente de l'organe de fermeture du champ magnétique correspondant, et dans lesdites première et deuxième zones latérales, l'orientation de leurs lignes de champ magnétique est perpendiculaire à la surface correspondante de l'organe de fermeture du champ magnétique correspondant.

Selon une forme de réalisation, les moyens de position-

nement peuvent être constitués par au moins une partie des aimants permanents.

[0006] A cet effet, les aimants permanents desdits premier et deuxième éléments peuvent être constitués par des blocs polyédriques dont la forme est choisie parmi le groupe comprenant les polyèdres à section carrée et les polyèdres à section trapézoïdale et les aimants permanents à section trapézoïdale peuvent constituer les moyens de positionnement.

Selon une autre forme de réalisation, les moyens de positionnement peuvent être constitués par des éléments polyédriques réalisés en une matière amagnétique et disposés entre les aimants permanents des premier et deuxième éléments.

[0007] A cet effet, les aimants permanents desdits premier et deuxième éléments peuvent être constitués par des blocs polyédriques à section carrée et les moyens de positionnement peuvent être des éléments polyédriques à section triangulaire réalisés en une matière amagnétique et disposés entre lesdits aimants permanents.

[0008] Selon une forme de réalisation particulière, l'appareil peut comporter plusieurs assemblages identiques d'aimants permanents anisotropes, ces assemblages étant juxtaposés et agencés pour former un entrefer unique, le groupe constitué par lesdits assemblages étant agencé pour créer un flux magnétique et comportant des moyens pour concentrer le flux magnétique généré par lesdits assemblages à l'intérieur dudit entrefer unique.

[0009] En variante, l'appareil peut comporter plusieurs assemblages différents d'aimants permanents anisotropes, ces assemblages étant juxtaposés et agencés pour former un entrefer unique, le groupe constitué par lesdits assemblages étant agencé pour créer un flux magnétique et comportant des moyens pour concentrer le flux magnétique généré par lesdits assemblages à l'intérieur dudit entrefer unique.

[0010] De façon particulièrement avantageuse, dans lesdites première et deuxième zones latérales, l'orientation des lignes de champ magnétique ou l'aimantation des aimants permanents peut être perpendiculaire à la surface adjacente des deux pièces du concentrateur de flux magnétique correspondant.

[0011] Les aimants permanents des deux zones latérales peuvent être montés chacun sur une des pièces du concentrateur de flux magnétique correspondant.

[0012] Les pièces dudit concentrateur de flux magnétique peuvent présenter, d'une part, des faces obliques dont la forme correspond à la face des aimants permanents correspondants des deux zones latérales et, d'autre part, une partie en saillie au niveau de l'entrefer.

[0013] Selon une forme de construction particulière, à chaque premier et à chaque deuxième élément dudit assemblage peuvent être respectivement associés un premier et un deuxième organe de fermeture du champ magnétique.

[0014] Selon une autre forme de construction particulière à chaque premier et à chaque deuxième élément dudit assemblage peuvent être respectivement associés

plusieurs premiers et plusieurs deuxièmes organes de fermeture du champ magnétique.

[0015] De préférence, afin d'exploiter l'effet magnéto-calorique d'un ou de plusieurs éléments magnéto-caloriques dans l'appareil selon l'invention, ledit appareil peut comporter au moins un élément magnéto-calorique traversé par un fluide caloporteur circulant de manière alternée en direction d'une première extrémité dudit élément magnéto-calorique et en direction d'une deuxième extrémité, opposée à la première et un moyen d'activation et de désactivation magnétique dudit matériau magnéto-calorique en déplacement relatif par rapport audit élément magnéto-calorique, le générateur du champ magnétique constituant le moyen d'activation et de désactivation magnétique et ledit élément magnéto-calorique étant disposé dans l'entrefer dudit dispositif générateur de champ magnétique.

Description sommaire des dessins :

[0016] La présente invention et ses avantages apparaîtront mieux dans la description suivante de plusieurs modes de réalisation donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels:

- la figure 1 représente une vue en perspective d'une forme de réalisation d'un générateur de champ magnétique selon l'invention,
- la figure 2 représente une vue en perspective d'une autre forme de réalisation d'un générateur de champ magnétique selon l'invention,
- la figure 3 est une vue en élévation qui illustre la disposition des aimants dans la réalisation de la figure 1,
- la figure 4 est une vue identique à celle de la figure 3 illustrant une variante de réalisation du générateur de champ magnétique représenté à la figure 1,
- la figure 5 est une vue schématique en plan qui représente la répartition des lignes de champ dans la réalisation de la figure 1,
- la figure 6 est une vue en coupe partielle du générateur de champ magnétique représenté par la figure 2, et
- la figure 7 est une vue en coupe partielle d'une variante de réalisation du générateur de champ magnétique représenté par la figure 2.

Illustrations de l'invention :

[0017] La figure 1 représente une forme de réalisation élémentaire d'un générateur 1 de champ magnétique selon l'invention. Ce générateur de champ magnétique 1

se compose dans ce cas d'un assemblage 20 d'aimants permanents 30 anisotropes agencés pour créer un flux magnétique et pour définir un entrefer 40, à l'intérieur duquel est concentré le flux magnétique. L'assemblage 20 est constitué de deux éléments 21 et 22 montés en regard l'un de l'autre, symétriquement par rapport à un plan de symétrie A-A. Ce plan de symétrie A-A est perpendiculaire au plan B-B passant par l'axe transversal de l'entrefer 40. Les éléments 21 et 22 sont identiques et sont disposés face à face, de part et d'autre d'un dispositif concentrateur du flux magnétique 90. Ils comportent chacun, dans l'exemple représenté, cinq aimants permanents 30, 31, dont le nombre pourrait varier selon les réalisations envisagées.

[0018] Dans la forme de réalisation représentée, les éléments 21 et 22 comportent des aimants permanents 30 de forme polyédrique à section carrée associés à des aimants permanents 31 de forme polyédrique à section trapézoïdale. Ces aimants permanents 31 de forme polyédrique à section trapézoïdale constituent des moyens de positionnement. En outre, ces aimants permanents 30 et 31 sont accolés les uns aux autres par l'intermédiaire d'une de leur face, ce qui permet, d'une part, de créer un champ magnétique uniforme et intense dans l'entrefer 40 et, d'autre part, un montage aisé desdits aimants permanents 30, 31. Les aimants permanents 30, 31 qui forment les deux éléments 21 et 22 de l'assemblage 20 sont disposés selon deux arcs de cercles opposés et séparés par deux pièces 91 et 92 réalisées en un matériau ferromagnétique et formant ledit dispositif concentrateur du flux magnétique 90. Ces pièces 91 et 92 peuvent être réalisées en acier ferromagnétique, par exemple et présenter des faces obliques 93 et 94 dont la forme correspond à une face adjacente des aimants permanents 30, 31, ces faces étant appliquées sur lesdites pièces 91 et 92 ferromagnétiques. Une boucle fermée de flux magnétique est obtenue grâce à deux organes de fermeture du champ magnétique 51 et 52, en matériau ferromagnétique entourant les aimants permanents 30, 31 et fixées sur ces derniers par attraction magnétique. Les deux pièces de fermeture 51 et 52 sont maintenues en place par deux brides transversales 53 et 54 fixées par vissage. Les pièces de fermeture 51 et 52 peuvent en outre présenter une structure feuilletée pour augmenter leur efficacité.

[0019] La configuration du générateur de champ magnétique 1 représenté par la figure 1 permet d'utiliser des aimants permanents 30, 31 dont la forme est aisée à réaliser et dont l'aimantation est anisotrope. Le fait d'accoler les aimants permanents 30, 31 permet d'augmenter le champ magnétique dans l'entrefer 40 et de garantir un bon positionnement desdits aimants permanents 30, 31. Ceci est notamment possible grâce à la forme particulière à section trapézoïdale des aimants permanents 31 formant les moyens de positionnement. Les aimants permanents 30, 31 représentés sont de section carrée et trapézoïdale, mais une configuration à sections rectangulaire et trapézoïdale, carrée et triangulaire ou encore

rectangulaire et triangulaire pourrait également convenir.

[0020] Comme le montrent en particulier les figures 3 et 4, les aimants permanents 30, 31 de l'assemblage 20 sont disposés, au niveau de chacun des deux arcs de cercle qu'ils forment, selon trois zones. Pour le générateur de champ magnétique 1 représenté par la figure 1, ces trois zones sont les suivantes : une zone centrale 60 localisée en regard de l'entrefer 40 et qui comprend, dans l'exemple représenté, un seul aimant permanent 30 dont la direction d'aimantation est tangente à l'organe de fermeture du champ magnétique 51 ou 52 correspondant, et deux autres zones, dites zones adjacentes 70 et 80 dont les aimants sont montés sur le concentrateur 90 du flux magnétique, plus particulièrement sur les faces obliques 93, 94 des pièces 91 et 92 ferromagnétiques qui le composent. Les aimants permanents 30, 31 des zones adjacentes sont au nombre de deux pour chacune des dites zones, respectivement 70 et 80 pour chacun des éléments 21 et 22 de l'assemblage 20. On notera que lesdites zones adjacentes à la zone centrale 60 dites première zone latérale 70 et deuxième zone latérale 80, disposées de part et d'autre des zones centrales 60, ont des directions d'aimantation opposées. Ces directions sont à la fois perpendiculaires audit concentrateur 90 et aux pièces 91 et 92 ferromagnétiques qui le composent ainsi qu'aux organes de fermeture 51 et 52 du champ magnétique.

[0021] Le générateur de champ magnétique 10 représenté à la figure 4 se distingue de celui représenté à la figure 3 par le fait que les aimants 30 des zones adjacentes 70, 80 et centrales 60 ont tous la forme de polyèdres à section carrée et qu'à chaque zone adjacente sont associés deux aimants permanents 30 à section carrée séparés par des moyens de positionnement 32 les maintenant en position et facilitant leur montage. Ces moyens de positionnement 32 sont des éléments de forme polyédrique à section triangulaire en matériau aimantique ne perturbant pas le champ magnétique formé par les aimants permanents 30.

[0022] L'espace situé entre les deux pièces 91 et 92 formant le concentrateur 90 du flux magnétique constitue l'entrefer 40 des générateurs de champ magnétique 1 et 10 représentés. Pour améliorer encore la densité de flux magnétique dans cet entrefer 40, ces deux pièces 91 et 92 comportent chacune une partie en saillie 55 s'étendant dans ledit entrefer 40.

[0023] La figure 5 représente les lignes de flux magnétique dans le générateur de champ magnétique 1 de la figure 1. On constate que les lignes de flux sont concentrées au niveau de l'entrefer 40. Les organes de fermeture 51 et 52 du champ magnétique arqués et les deux pièces 91 et 92 réalisés en un matériau ferromagnétique du dispositif concentrateur du flux magnétique 90 permettent de réaliser des boucles de flux magnétique régulières, concentrées uniquement dans le volume du générateur de champ magnétique 1, qui sont prépondérantes et distribuées de manière uniforme dans l'entrefer 40. L'on obtient ainsi un générateur de champ magnéti-

que 1 susceptible de générer un champ intense dans son entrefer 40 malgré l'utilisation d'un nombre réduit d'aimants permanents qui ont l'avantage de présenter une structure de fabrication ainsi qu'un montage aisés et économiques.

[0024] Le générateur de champ magnétique 100 représenté par la figure 2 est composé d'un ensemble d'assemblages 20 identiques juxtaposés. Dans l'exemple représenté le nombre de ces assemblages 20 est de trois, mais il pourrait être limité à deux ou augmenté, selon les paramètres recherchés en fonction d'une application spécifique donnée. De plus, ces assemblages correspondent à celui du générateur de champ magnétique 1 de la figure 1, mais ils pourraient présenter une configuration différente. Comme l'encombrement latéral de chaque assemblage 20 est défini par la largeur des organes de fermeture 51 et 52 du champ magnétique, les assemblages sont plaqués les uns aux autres et maintenus en position par un système de fixation mécanique approprié (non représenté).

[0025] Dans les formes de réalisation représentées par les figures 1 et 2, un organe de fermeture 51, 52 est à chaque fois associé à un premier, respectivement un deuxième élément 21, 22. Cette construction ressort plus particulièrement de la figure 6 représentant le générateur 100 de champ magnétique de la figure 2 selon une coupe partielle.

[0026] Or, il peut également être prévu d'associer plusieurs organes de fermeture 51, 52 à chaque premier ou deuxième élément 21, 22. Dans une telle configuration, représentée par le générateur de champ magnétique 1000 de la figure 7, la largeur des aimants permanents 30, 31 (selon la direction de l'axe longitudinal de l'entrefer 40 correspondant à l'intersection des plans A-A et B-B) est supérieure à celle de chaque organe de fermeture 51, 52 pris indépendamment. L'avantage d'une telle configuration réside dans la facilité de montage. On peut également s'attendre à ce que pour une largeur donnée de générateur, cette configuration permet d'obtenir un champ magnétique plus important dans l'entrefer 40. Dans le générateur 1000 de champ magnétique représenté dans cette figure 7, la largeur d'un aimant permanent 30, 31 correspond à celle de trois organes de fermeture 51, 52. Ce nombre n'est toutefois pas limitatif et peut être différent selon les constructions ou selon les applications prévues.

[0027] Les générateurs de champ magnétique 1, 10, 100 et 1000 illustrés par l'ensemble des figures, sont en particulier utilisables dans un appareil thermique magnétocalorique comportant au moins un élément magnétocalorique. Cet élément magnétocalorique peut être constitué par un ou plusieurs matériaux magnétocaloriques et est traversé par un fluide caloporteur circulant de manière alternée en direction de la première extrémité dudit appareil thermique puis en direction de sa deuxième extrémité, de manière synchronisée avec un moyen d'activation et de désactivation magnétique dudit matériau magnétocalorique. Ce moyen d'activation et de désacti-

vation magnétique a pour but de soumettre de manière successive et alternée ledit élément magnétocalorique à un champ magnétique puis à un champ magnétique nul et est réalisé par le générateur de champ magnétique 1, 10, 100, 1000 selon l'invention qui est mis en mouvement relatif par rapport audit élément magnétocalorique pour réaliser la variation du champ magnétique. De préférence, l'élément magnétocalorique est monté coulissant dans l'entrefer 40 dudit générateur de champ magnétique et est entraîné selon un déplacement de translation de va-et-vient.

Possibilités d'application industrielle :

[0028] Il ressort clairement de cette description que l'invention permet d'atteindre les buts fixés, à savoir proposer un générateur pour générer un champ magnétique dont la réalisation est structurellement simple et économique et qui permet d'obtenir un champ magnétique important avec relativement peu de matière aimantée. Un tel générateur peut notamment trouver une application aussi bien industrielle que domestique lorsqu'il est intégré dans un appareil thermique magnétocalorique destiné à être exploité dans le domaine du chauffage, de la climatisation, du tempérage, du refroidissement ou autres, à des coûts compétitifs et avec un faible encombrement.

[0029] La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation décrits mais s'étend à toute modification et variante évidentes pour un homme du métier tout en restant dans l'étendue de la protection définie dans les revendications annexées.

35 Revendications

1. Appareil thermique à matériau magnétocalorique muni d'un générateur (1, 10, 100, 1000) de champ magnétique comportant au moins un assemblage (20) d'aimants permanents (30, 31) anisotropes agencés pour créer un flux magnétique et définissant un entrefer (40) à l'intérieur duquel est concentré ledit flux magnétique,

- ledit assemblage (20) comportant un premier élément (21) et un deuxième élément (22) comprenant chacun au moins trois aimants permanents (30, 31),
- lesdits premier (21) et deuxième (22) éléments étant montés en regard l'un de l'autre, symétriquement par rapport à un plan de symétrie (A-A) et étant sensiblement disposés dans un même plan et au moins partiellement, respectivement entourés par des organes de fermeture (51, 52) du champ magnétique,
- les aimants permanents (30, 31) constituant les premier (21) et deuxième éléments (22) dudit assemblage (20) étant sous la forme de blocs

polyédriques et maintenus latéralement en position les uns par rapport aux autres par l'intermédiaire de moyens de positionnement en contact surfacique avec lesdits aimants permanents (30,31),

- les aimants permanents (30, 31) desdits premier (21) et deuxième (22) éléments dudit assemblage (20) étant disposés sensiblement en arc de cercle selon trois zones, une zone centrale (60) disposée en regard de l'entrefer (40), une première zone latérale (70), disposée d'un coté de ladite zone centrale (60) et une deuxième zone latérale (80) disposée de l'autre coté de ladite zone centrale (60), et

- les aimants permanents (30, 31) desdites première (70) et deuxième (80) zones latérales ayant des directions d'aimantation opposées par rapport audit plan de symétrie (A-A),

appareil **caractérisé en ce que** :

- lesdits premier (21) et deuxième (22) éléments sont montés de part et d'autre d'au moins deux pièces de matériau ferromagnétique (91) et (92) constituant un dispositif concentrateur de flux magnétique (90), lesdites pièces de matériau ferromagnétique (91) et (92) étant disposées de part et d'autre dudit entrefer (40), respectivement entre les aimants permanents (30, 31) desdites premières zones latérales (70) du premier (21) et du deuxième (22) éléments de l'assemblage (20), disposés d'un coté desdites zones centrales (60), et entre les aimants permanents (30, 31) desdites deuxièmes zones latérales (80) du premier (21) et du deuxième (22) éléments de l'assemblage (20), disposés de l'autre coté desdites zones centrales (60),

- chacun desdits organes de fermeture (51, 52) du champ magnétique desdits premier (21) et deuxième (22) éléments dudit assemblage (20) a un profil intérieur sensiblement en arc de cercle qui correspond à la disposition en arc de cercle selon les trois zones (60, 70, 80) des aimants permanents (30, 31) desdits premier (21) et deuxième (22) éléments dudit assemblage (20), et

- lesdits aimants permanents (30, 31) sont agencés, dans ledit assemblage (20) de telle sorte que, dans ladite zone centrale (60), l'orientation de leurs lignes de champ magnétique est au moins approximativement tangentielle à la surface adjacente de l'organe de fermeture (51, 52) du champ magnétique correspondant, et dans lesdites première et deuxième zones latérales (70, 80), l'orientation de leurs lignes de champ magnétique est perpendiculaire à la surface correspondante de l'organe de fermeture (51, 52) du champ magnétique correspondant.

2. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de positionnement sont constitués par au moins une partie desdits aimants permanents (31).

3. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les aimants permanents (30, 31) desdits premier (21) et deuxième (22) éléments sont constitués par des blocs polyédriques dont la forme est choisie parmi le groupe comprenant les polyèdres à section carrée et les polyèdres à section trapézoïdale et **en ce que** les aimants permanents (31) à section trapézoïdale constituent les moyens de positionnement.

4. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de positionnement (32) sont constitués par des éléments polyédriques réalisés en une matière amagnétique et disposés entre les aimants permanents (30) des premier (21) et deuxième (22) éléments.

5. Appareil selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** les aimants permanents (30) desdits premier (21) et deuxième (22) éléments sont constitués par des blocs polyédriques à section carrée et **en ce que** les moyens de positionnement (32) sont des éléments polyédriques à section triangulaire réalisés en une matière amagnétique et disposés entre lesdits aimants permanents (30).

6. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte plusieurs assemblages (20) identiques d'aimants permanents (30, 31) anisotropes, ces assemblages étant juxtaposés et agencés pour former un entrefer unique (40), le groupe constitué par lesdits assemblages (20) étant agencé pour créer un flux magnétique et comportant des moyens pour concentrer le flux magnétique généré par lesdits assemblages (20) à l'intérieur dudit entrefer unique (40).

7. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'il** comporte plusieurs assemblages (20) différents d'aimants permanents (30) anisotropes, ces assemblages étant juxtaposés et agencés pour former un entrefer unique (40), le groupe constitué par lesdits assemblages (20) étant agencé pour créer un flux magnétique et comportant des moyens pour concentrer le flux magnétique généré par lesdits assemblages (20) à l'intérieur dudit entrefer unique (40).

8. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans lesdites première et deuxième zones latérales (70, 80), l'orientation des lignes de champ magnétique des aimants permanents (30, 31) est perpendiculaire à la surface adjacente des deux pièces (91) et (92) du concentrateur de flux magnétique

(90) correspondant.

9. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les aimants permanents (30, 31) des deux zones latérales (70, 80) sont montés chacun sur une des pièces (91) et (92) du concentrateur de flux magnétique (90) correspondant. 5
10. Appareil selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** les pièces (91) et (92) dudit concentrateur de flux magnétique (90) présentent, d'une part, des faces obliques dont la forme correspond à la face des aimants permanents (30, 31) correspondants des deux zones latérales (70, 80) et, d'autre part, une partie en saillie (55) au niveau de l'entrefer (40). 10 15
11. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**à chaque premier (21) et à chaque deuxième (22) élément dudit assemblage (20) sont respectivement associés un premier (51) et un deuxième (52) organes de fermeture du champ magnétique. 20
12. Appareil selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**à chaque premier (21) et à chaque deuxième (22) élément dudit assemblage (20) sont respectivement associés plusieurs premiers (51) et plusieurs deuxièmes (52) organes de fermeture du champ magnétique juxtaposés. 25
13. Appareil selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il comporte au moins un élément magnétocalorique traversé par un fluide caloporteur circulant de manière alternée en direction d'une première extrémité dudit élément magnétocalorique et en direction d'une deuxième extrémité, opposée à la première et un moyen d'activation et de désactivation magnétique dudit matériau magnétocalorique en déplacement relatif par rapport audit élément magnétocalorique, le générateur du champ magnétique constituant le moyen d'activation et de désactivation magnétique et ledit élément magnétocalorique étant disposé dans l'entrefer (40) dudit générateur de champ magnétique (1, 10, 100, 1000). 30 35 40 45

Patentansprüche

1. Magnetokalousche thermische Vorrichtung mit einem Magnetfeldgenerator (1, 10, 100, 1000), der zumindest eine Baugruppe (20) aus anisotropischen Permanentmagneten (30, 31) trägt, die angeordnet sind, um einen Magnetfluss zu erzeugen und einen Luftspalt (40) bestimmen, in dem besagter Magnetfluss konzentriert ist. 50 55
- wobei besagte Baugruppe (20) ein erstes Element (21) und ein zweites Element (22) trägt,

die jeweils zumindest drei Permanentmagnete (30, 31) aufweisen,

- wobei besagtes erstes (21) und zweites (22) Element sich gegenüber liegend, symmetrisch in Bezug auf eine Symmetrie-Ebene (A-A) montiert sind, merklich in einer selben Ebene angeordnet sind und jeweils zumindest teilweise von Magnetfeld-Verschlussorganen (51, 52) umschlossen sind,

- wobei die Permanentmagnete (30, 31), die die ersten (21) und zweiten (22) Elemente von besagter Baugruppe (20) bilden, die Form von polyedrischen Blöcken aufweisen, die seitlich durch Positionierungsmittel zueinander in Position gehalten werden, die mit besagten Permanentmagneten (30, 31) in Flächenkontakt stehen,

- wobei die Permanentmagnete (30, 31) von besagten ersten (21) und zweiten (22) Elementen von besagter Baugruppe (20) merklich in drei Bereichen auf einem Kreisbogen angeordnet sind, ein gegenüber dem Luftspalt (40) angeordneter zentraler Bereich (60), ein auf einer Seite von besagtem zentralen Bereich (60) angeordneter erster seitlicher Bereich (70), und ein auf der anderen Seite von besagtem zentralen Bereich (60) angeordneter zweiter seitlicher Bereich (80), und

- wobei die Permanentmagnete (30, 31) der besagten ersten (70) und zweiten (80) seitlichen Bereiche in Bezug auf besagte Symmetrie-Ebene (A-A) entgegen gesetzte Magnetisierungs-Richtungen aufweisen,

dadurch gekennzeichnete Vorrichtung, dass:

- besagtes erstes (21) und zweites (22) Element beidseitig von zumindest zwei Teilen aus ferromagnetischem Material (91) und (92) montiert sind, die eine Magnetfluss-Konzentriervorrichtung (90) bilden, wobei besagte Teile aus ferromagnetischem Material (91) und (92) beidseitig von besagtem Luftspalt (40) angeordnet sind, jeweils zwischen den Permanentmagneten (30, 31) der besagten ersten seitlichen Bereiche (70) des ersten (21) und des zweiten (22) Elements von Baugruppe (20), die auf einer Seite von besagten zentralen Bereichen (60) angeordnet sind, und zwischen den Permanentmagneten (30, 31) der besagten zweiten seitlichen Bereiche (80) des ersten (21) und des zweiten (22) Elements von Baugruppe (20), die auf der anderen Seite von besagten zentralen Bereichen (60) angeordnet sind, - jedes der besagten Magnetfeld-Verschlussorgane (51, 52) von besagtem erstem (21) und zweitem (22) Element von besagter Baugruppe (20) hat ein merklich kreisbogenförmiges Innenprofil, das der kreisförmigen

- gen Anordnung der drei Bereiche (60, 70, 80) der Permanentmagnete (30, 31) von besagten ersten (21) und zweiten (22) Elementen von besagter Baugruppe (20) entspricht, und
- besagte Permanentmagnete (30, 31) in besagter Baugruppe (20) so angeordnet sind, dass, in besagtem zentralen Bereich (60), die Ausrichtung ihrer Magnetfeldlinien zumindest ungefähr tangential zur anliegenden Fläche des Verschlussorgans (51, 52) des entsprechenden Magnetfelds liegt, und dass in besagten ersten und zweiten seitlichen Bereichen (70, 80), die Ausrichtung ihrer Magnetfeldlinien rechtwinklig zur entsprechenden Fläche des Verschlussorgans (51, 52) des entsprechenden Magnetfelds liegt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionierungsmittel zumindest aus einem Teil der besagten Permanentmagneten (31) bestehen.
 3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnete (30, 31) von besagten ersten (21) und zweiten (22) Elementen aus polyedrischen Blöcken bestehen, deren Form in der Gruppe gewählt wird, die die Polyeder mit quadratischem Querschnitt und die Polyeder mit trapezförmigem Querschnitt umfasst, und dass die Permanentmagnete (31) mit trapezförmigem Querschnitt die Positionierungsmittel bilden.
 4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Positionierungsmittel (32) aus aus einem nicht magnetischen Material gefertigten polyedrischen Elementen bestehen, die zwischen den Permanentmagneten (30) der ersten (21) und zweiten (22) Elemente angeordnet sind.
 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnete (30) von besagten ersten (21) und zweiten (22) Elementen aus polyedrischen Blöcken mit quadratischem Querschnitt bestehen, und dadurch, dass die Positionierungsmittel (32) aus aus einem nicht magnetischen Material gefertigten polyedrischen Elementen mit dreieckigem Querschnitt bestehen, die zwischen besagten Permanentmagneten (30) angeordnet sind.
 6. Vorrichtung nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mehrere identische Baugruppen (20) aus anisotropischen Permanentmagneten (30, 31) beträgt, wobei diese Baugruppen nebeneinander liegen und ausgelegt sind, um einen einzigen Luftspalt (40) zu bilden, wobei die aus diesen Baugruppen (20) bestehende Gruppe ausgelegt ist, um einen Magnetfluss zu erzeugen und Mittel beträgt, um den von besagten Baugruppen (20) erzeugten Magnetfluss innerhalb von besagtem einzigem Luftspalt (40) zu konzentrieren.
 7. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mehrere unterschiedliche Baugruppen (20) aus anisotropischen Permanentmagneten (30) beträgt, wobei diese Baugruppen nebeneinander liegen und ausgelegt sind, um einen einzigen Luftspalt (40) zu bilden, wobei die aus diesen Baugruppen (20) bestehende Gruppe ausgelegt ist, um einen Magnetfluss zu erzeugen und Mittel beträgt, um den von besagten Baugruppen (20) erzeugten Magnetfluss innerhalb von besagtem einzigem Luftspalt (40) zu konzentrieren.
 8. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in besagten ersten und zweiten seitlichen Bereichen (70, 80) die Ausrichtung der Magnetfeldlinien von Permanentmagneten (30, 31) senkrecht zur anliegenden Fläche der beiden Teile (91 und (92) der entsprechenden Magnetfluss-Konzentriervorrichtung ist.
 9. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Permanentmagnete (30, 31) der beiden seitlichen Bereiche (70, 80) jeweils auf einem der Teile (91) und (92) der entsprechenden Magnetfluss-Konzentriervorrichtung montiert sind.
 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Teile (91) und (92) von besagter Magnetfluss-Konzentriervorrichtung (90) einerseits schräge Flächen, deren Form der Fläche der entsprechenden Permanentmagnete (30, 31) der beiden seitlichen Bereiche (70, 80) entspricht, und andererseits bei dem Luftspalt (40) einen vorstehenden Teil (55) aufweisen.
 11. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit jedem ersten (21) und jedem zweiten (22) Element von besagter Baugruppe (20) ein erstes (51) bzw. ein zweites (52) Magnetfeld-Verschlussorgan verbunden ist.
 12. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit jedem ersten (21) und jedem zweiten (22) Element von besagter Baugruppe (20) mehrere erste (51) bzw. mehrere zweite (52) nebeneinander liegende Magnetfeld-Verschlussorgane verbunden sind.
 13. Vorrichtung nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zumindest ein magnetokalisches Element beträgt, das von einem Wärmeübertragungsfluid durchflossen wird, das abwechselnd in Rich-

tung eines ersten Endes von besagtem magnetokalorischen Element und in Richtung eines zweiten, dem ersten entgegen gesetzten Endes zirkuliert, und ein Mittel zur magnetischen Aktivierung und Deaktivierung von besagtem, sich in Bezug auf besagtes magnetokalorisches Element in relativer Bewegung befindenden magnetokalorischen Material, wobei der Magnetfeldgenerator das Mittel zur magnetischen Aktivierung und Deaktivierung bildet und besagtes magnetokalorisches Element in dem Luftspalt (40) von besagtem Magnetfeldgenerator (1, 10, 100, 1000) angeordnet ist.

Claims

1. Magnetocaloric thermal device including a magnetic field generator (1, 10, 100, 1000) with at least one assembly (20) of anisotropic permanent magnets (30, 31) arranged to create a magnetic flux and defining an air gap (40) wherein said magnetic flux is concentrated.

- said assembly (20) including a first element (21) and a second element (22) comprising each at least three permanent magnets (30, 31),
- said first (21) and second (22) elements being mounted opposite to each other, symmetrically with respect to a symmetry plane (A-A) and being substantially arranged in a same plane and at least partly respectively surrounded by magnetic field closing elements (51, 52),
- the permanent magnets (30, 31) forming the first (21) and second (22) elements of said assembly (20) having the shape of polyhedral blocks held in position laterally with respect to each other by positioning means in surface contact with said permanent magnets (30, 31),
- the permanent magnets (30, 31) of said first (21) and second (22) elements of said assembly (20) being arranged substantially in an circular arc according to three zones, a central zone (60) arranged in front of the air gap (40), a first lateral zone (70), arranged on one side of said central zone (60) and a second lateral zone (80) arranged on the other side of said central zone (60), and
- the permanent magnets (30, 31) of said first (70) and second (80) lateral zones having magnetization directions opposite with respect to said symmetry plane (A-A),

device **characterized in that:**

- said first (21) and second (22) element are mounted on either side of at least two parts out of ferromagnetic material (91) and (92) forming a magnetic flux concentrator device (90), said

parts out of ferromagnetic material (91) and (92) being arranged on either side of said air gap (40), respectively between the permanent magnets (30, 31) of said first lateral zones (70) of the first (21) and of the second (22) elements of assembly (20) arranged on one side of said central zones (60), and between the permanent magnets (30, 31) of said second lateral zones (80) of the first (21) and of the second (22) elements of assembly (20) arranged on the other side of said central zones (60), - each of said magnetic field closing elements (51, 52) of said first (21) and second (22) elements of said assembly (20) has substantially the internal profile of a circular arc that corresponds to the circular arc arrangement according to the three zones (60, 70, 80) of permanent magnets (30, 31) of said first (21) and second (22) elements of said assembly (20), and

- said permanent magnets (30, 31) are arranged, in said assembly (20), so that, in said central zone (60), the orientation of their magnetic field lines is at least approximately tangential to the adjacent surface of the closing element (51, 52) of the corresponding magnetic field, and that, in said first and second lateral zones (70, 80), the orientation of their magnetic field lines is perpendicular to the corresponding surface of the closing element (51, 52) of the corresponding magnetic field.

2. Device according to claim 1, **characterized in that** the positioning means are made of at least a part of said permanent magnets (31).
3. Device according to claim 1, **characterized in that** the permanent magnets (30, 31) of said first (21) and second (22) elements are made of polyhedral blocks whose shape is chosen among the group including the polyhedra with a square cross-section and the polyhedra with a trapezoidal cross-section, and **in that** the permanent magnets (31) with a trapezoidal cross-section form the positioning means.
4. Device according to claim 1, **characterized in that** the positioning means (32) are made of polyhedral elements manufactured out of a non-magnetic material and are arranged between the permanent magnets (30) of the first (21) and second (22) elements.
5. Device according to claim 4, **characterized in that** the permanent magnets (30) of said first (21) and second (22) elements are made of polyhedral blocks with a square cross-section and **in that** the positioning means (32) are polyhedral elements with a triangular cross-section manufactured out of a non-magnetic material and are arranged between said permanent magnets (30).

6. Device according to any of the previous claims, **characterized in that** it includes several identical assemblies (20) of anisotropic permanent magnets (30, 31), these assemblies being juxtaposed and arranged to form one single air gap (40), the group formed by said assemblies (20) being arranged to create a magnetic flux and including means for concentrating the magnetic flux generated by said assemblies (20) inside of said single air gap (40). 5
7. Device according to any of claims 1 to 5, **characterized in that** it includes several different assemblies (20) of anisotropic permanent magnets (30), these assemblies being juxtaposed and arranged to form one single air gap (40), the group formed by said assemblies (20) being arranged to create a magnetic flux and including means for concentrating the magnetic flux generated by said assemblies (20) inside of said single air gap (40). 10 15
8. Device according to claim 1, **characterized in that**, in said first and second lateral zones (70, 80), the orientation of the magnetic field lines of permanent magnets (30, 31) is perpendicular to the adjacent surface of both parts (91) and (92) of the corresponding magnetic flux concentrator (90). 20 25
9. Device according to claim 1, **characterized in that** the permanent magnets (30, 31) of the two lateral zones (70, 80) are mounted each on one of parts (91) and (92) of the corresponding magnetic flux concentrator (90). 30
10. Device according to claim 9, **characterized in that** parts (91) and (92) of said magnetic flux concentrator (90) have, on the one hand, oblique surfaces whose shape corresponds to the surface of the corresponding permanent magnets (30, 31) of the two lateral zones (70, 80) and, on the other hand, a protruding section (55) at air gap (40) level. 35 40
11. Device according to claim 1, **characterized in that** a first (51) and a second (52) magnetic field closing elements are associated respectively to each first (21) and to each second (22) element of said assembly (20). 45
12. Device according to claim 1, **characterized in that** several first (51) and several second (52) juxtaposed magnetic field closing elements are associated respectively to each first (21) and to each second (22) element of said assembly (20). 50
13. Device according to any of the previous claims, **characterized in that** it includes at least one magnetocaloric element crossed by a heat transfer fluid that circulates alternately towards a first end of said magnetocaloric element and towards a second end op- 55
- posite to the first, and a means of magnetic activation and deactivation of said magnetocaloric material that is in relative movement with respect to the said magnetocaloric element, the magnetic field generator forming the means of magnetic activation and deactivation and said magnetocaloric element being arranged in air gap (40) of said magnetic field generator (1, 10, 100, 1000).

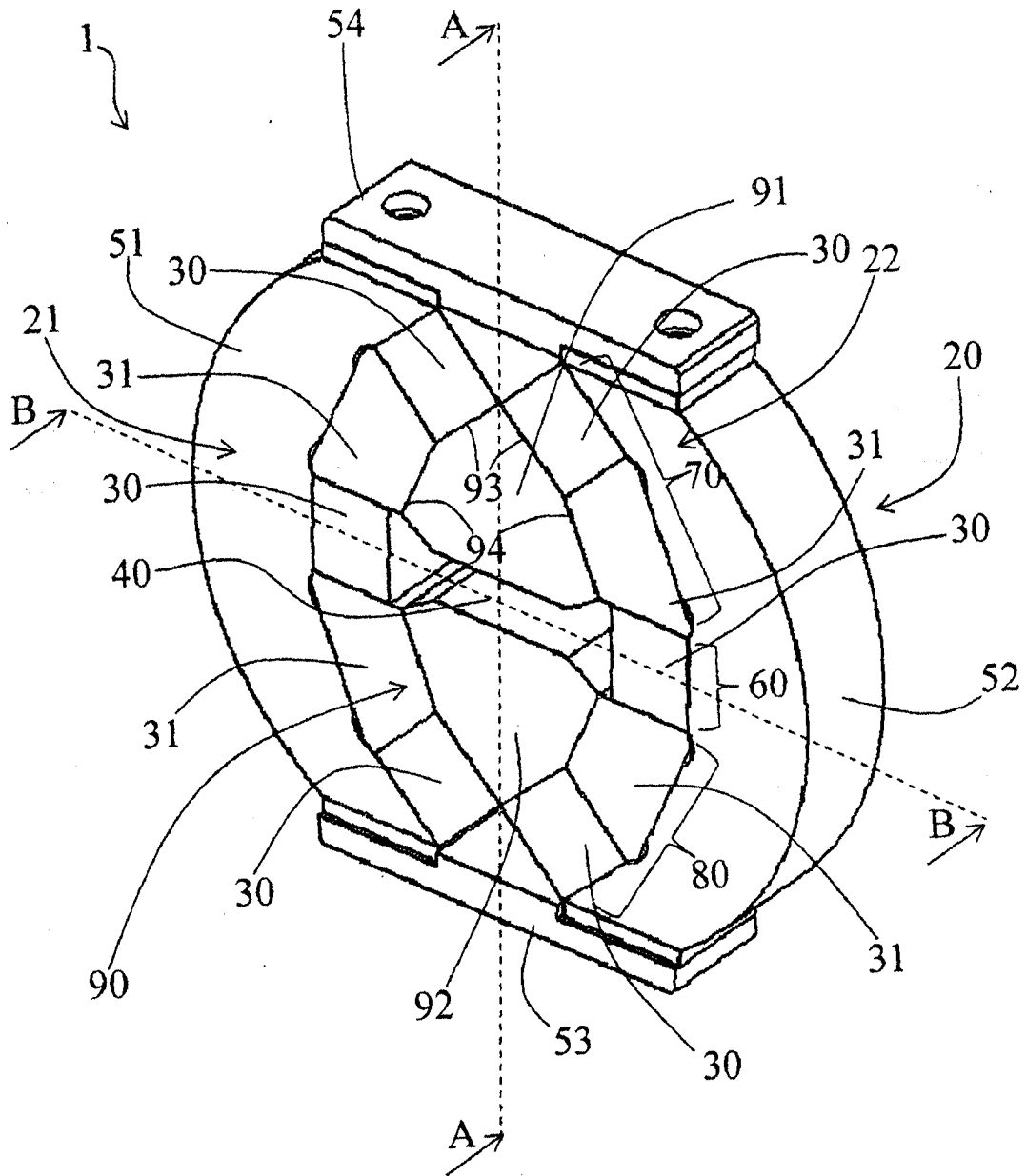


FIG. 1

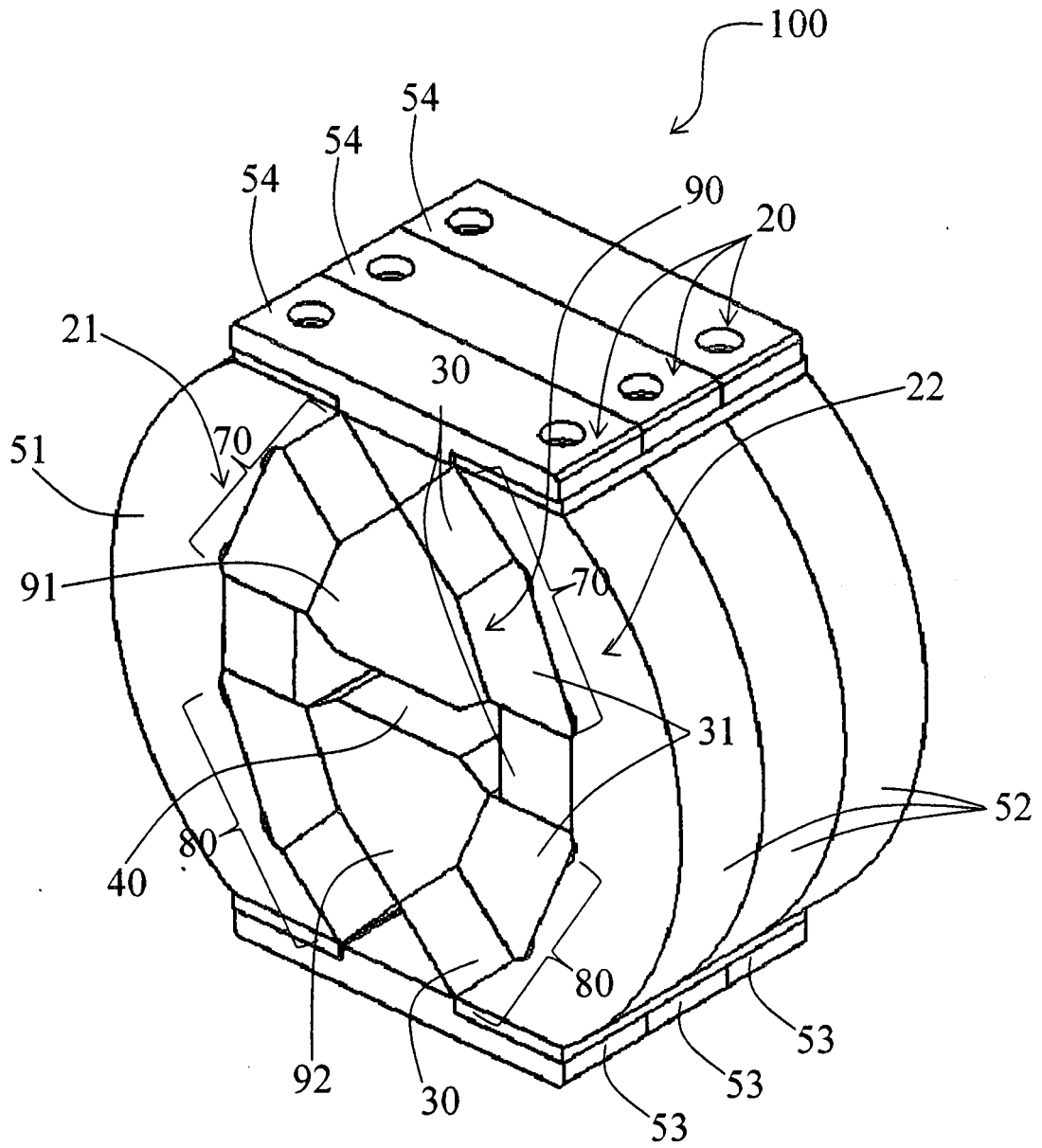


FIG. 2

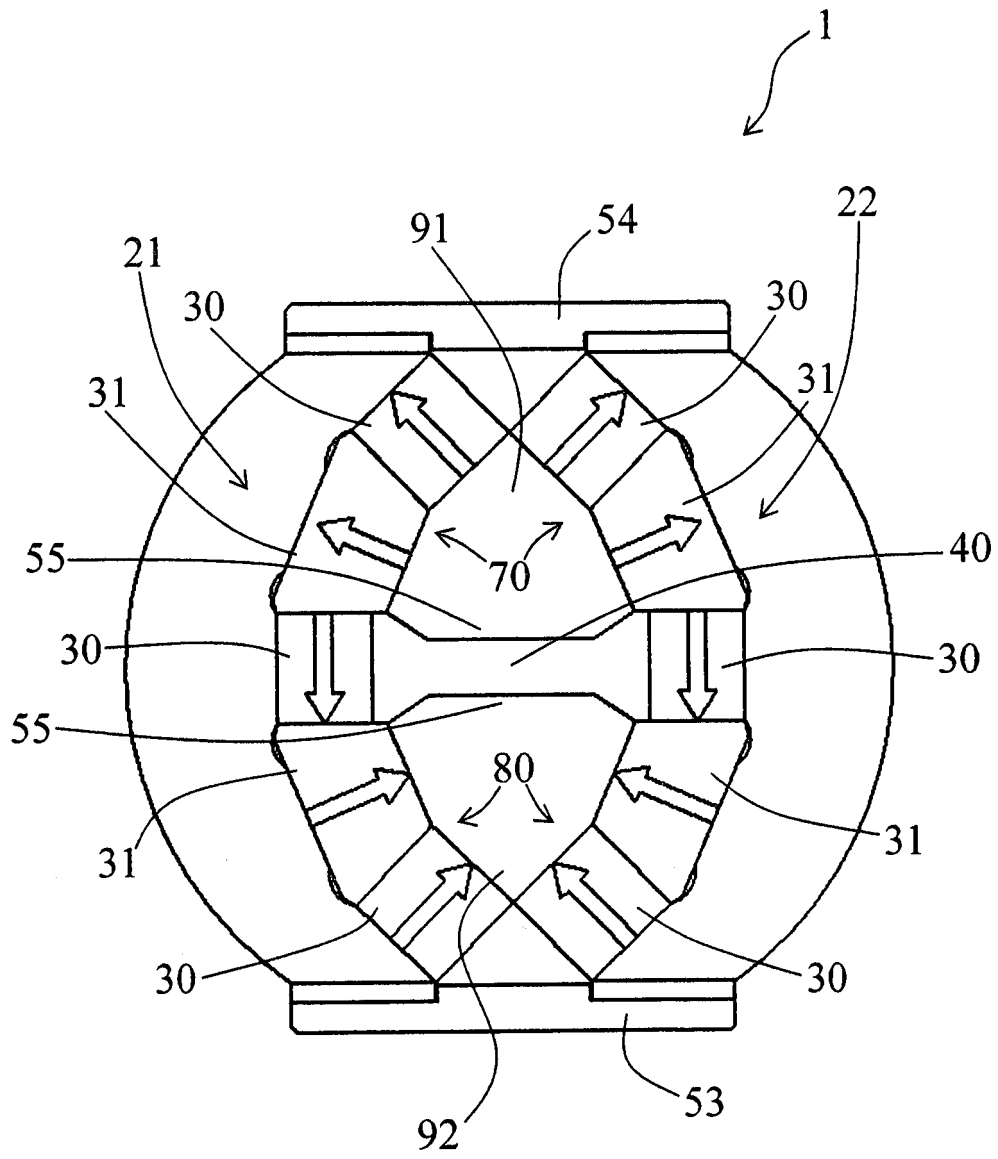


FIG. 3

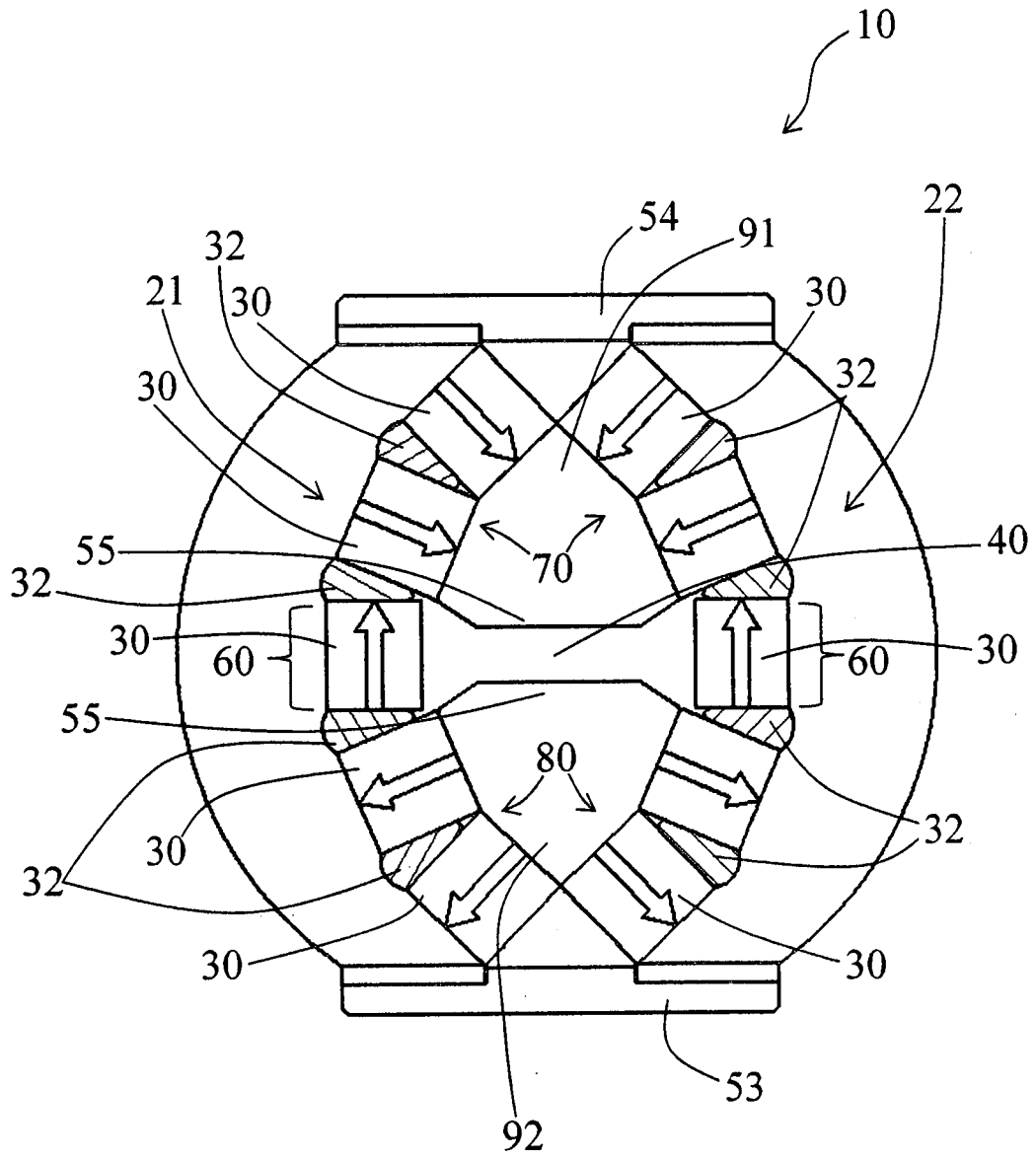


FIG. 4

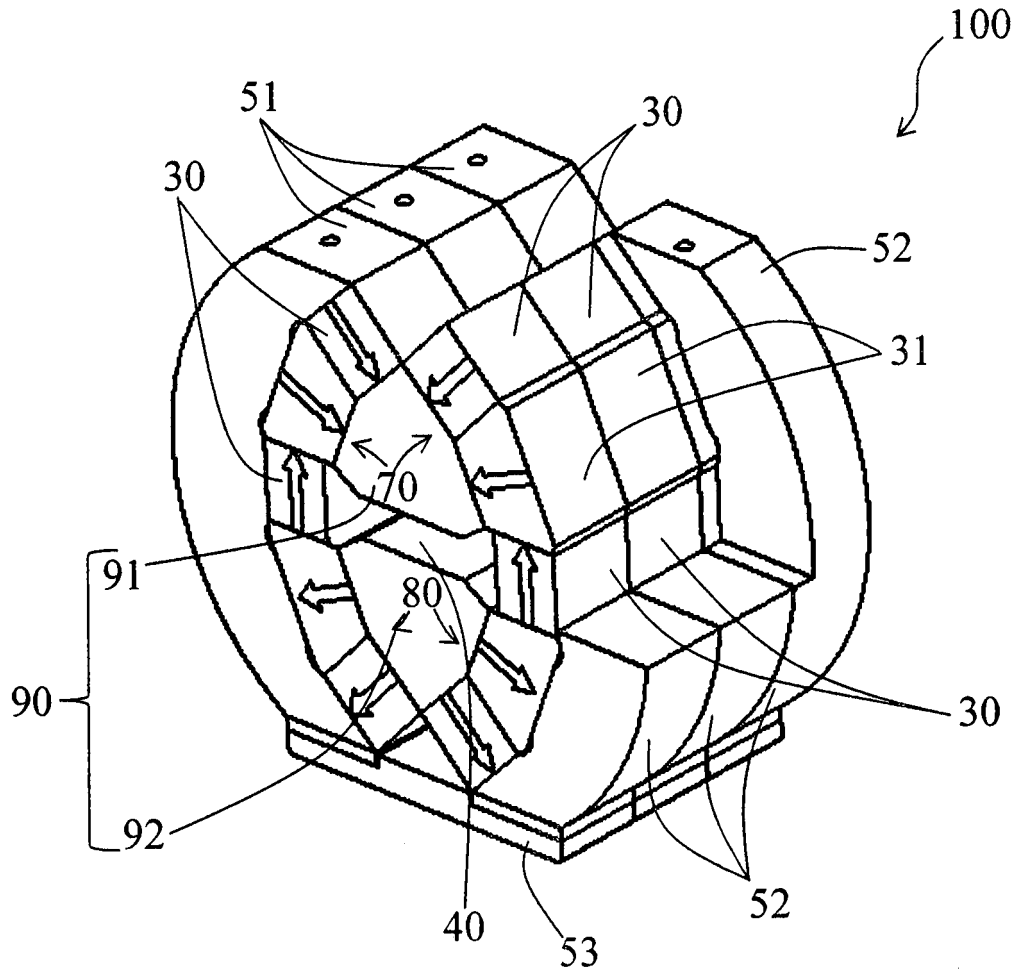


FIG. 6

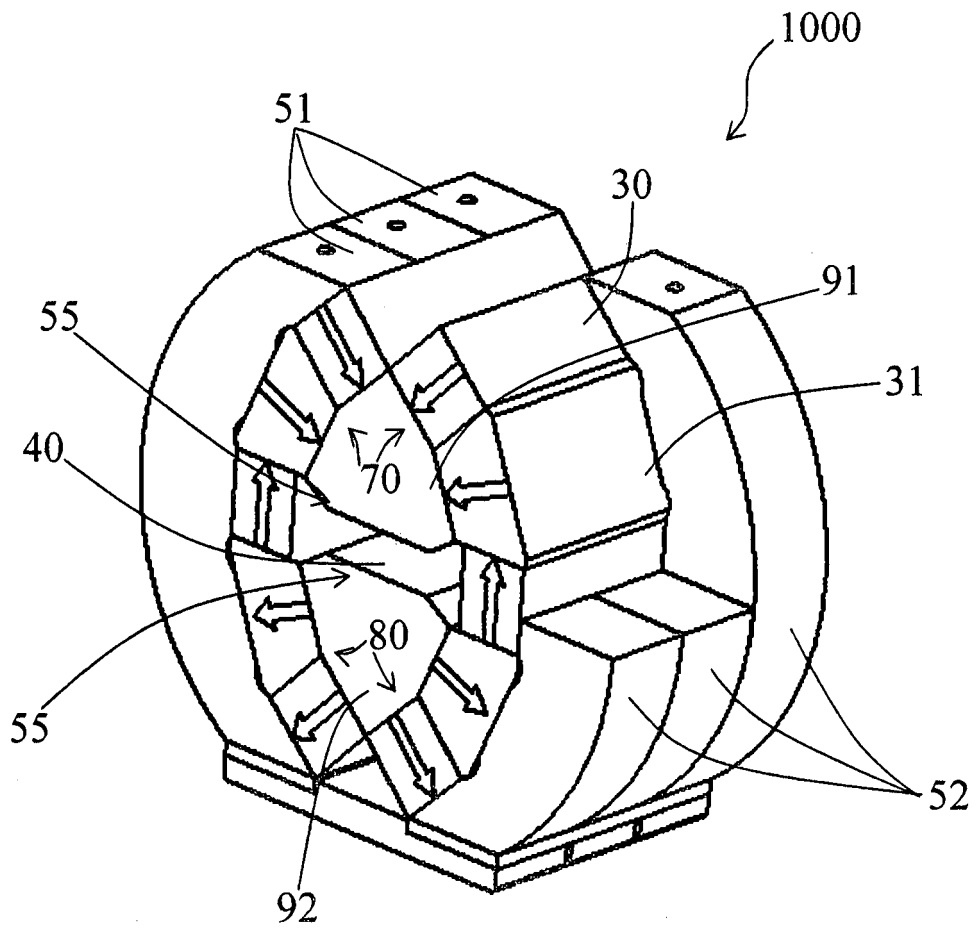


FIG. 7

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 661728 A [0002]
- EP 1378920 A [0002]
- EP 2108904 A [0003]