

⑭ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

⑮ Date de dépôt : 22.04.22.

⑯ Priorité :

⑰ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 27.10.23 Bulletin 23/43.

⑱ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑲ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑳ Demandeur(s) : *ERNEO Société par actions simplifiée*
— FR.

㉑ Inventeur(s) : JAC Julien et ZIEGLER Nicolas.

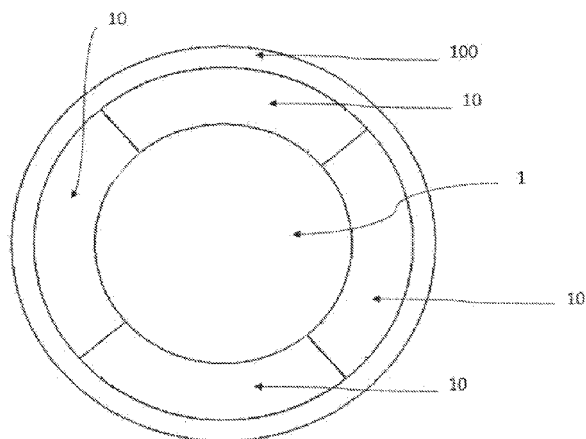
㉒ Titulaire(s) : *ERNEO Société par actions simplifiée.*

㉓ Mandataire(s) : IPAZ.

㉔ **PIECE ROTATIVE DU TYPE « ROTOR » A AIMANTS EN SURFACE ET MACHINE ELECTRIQUE ET/OU
MAGNETIQUE ASSOCIEE.**

㉕ La présente invention a pour objet une pièce rotative
du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique
équipée d'aimants en surface (10) maintenus au moyen
d'une frette (100), caractérisée en ce que la frette (100) est
constituée d'un empilement de tôles magnétiques décou-
pées de manière à constituer un manchon tubulaire une fois
empilées.

Figure 1



Description

Titre de l'invention : PIECE ROTATIVE DU TYPE « ROTOR » A AIMANTS EN SURFACE ET MACHINE ELECTRIQUE ET/OU MAGNETIQUE ASSOCIEE.

- [0001] La présente invention se situe dans le domaine des pièces rotatives du type « rotor » qui sont utilisées pour les machines électriques et/ou magnétiques qui fonctionnent notamment selon des vitesses de rotation élevées.
- [0002] Les machines électriques et/ou magnétiques comportent généralement un stator et un rotor.
- [0003] Dans le cas de machines cylindriques, les stators sont généralement constitués d'un circuit magnétique réalisé par empilement de tôles magnétiques formant un paquet. Le paquet est ensuite isolé puis bobiné par insertion des fils de cuivre dans les encoches qui ont été découpées au préalable dans les tôles.
- [0004] Dans le cas de machines discoïdes, les tôles sont généralement enroulées sur elles-mêmes pour former le circuit magnétique du stator.
- [0005] Les rotors sont aussi constitués d'un circuit magnétique et dans la plupart des cas garnis d'aimants permanents ou de conducteurs en cuivre ou en aluminium. Les circuits magnétiques sont généralement constitués soit d'un bloc en acier doux massif, soit par un assemblage de tôles magnétiques formant un paquet comme pour les stators.
- [0006] On peut aussi avoir le cas des aimants montés sur un support non magnétique, par exemple de l'aluminium, du titane, fibre de carbone, etc.
- [0007] Lorsque les rotors sont garnis d'aimants permanents, il existe deux types de configuration.
- [0008] Les configurations de type « aimants enterrés » sont des configurations dans lesquelles les aimants permanents sont fixés à l'intérieur du rotor.
- [0009] Cependant, afin de permettre l'insertion des aimants dans les logements, il faut tenir compte des tolérances dimensionnelles des aimants et prévoir un jeu entre les aimants et le circuit magnétique dans les logements. Ce faisant, les aimants ne sont pas parfaitement maintenus et ceci rend les machines à aimants enterrés pas forcément adéquates pour les applications à haute vitesse de rotation.
- [0010] Pour les hautes vitesses de rotation, on préfère utiliser des rotors à aimants en surface avec une frette rotorique de maintien serrée autour des aimants, la frette désignant un anneau généralement métallique qui entoure une pièce pour en renforcer la résistance.
- [0011] Les configurations de type « aimants en surface » sont des configurations dans lesquelles les aimants permanents sont fixés à la surface du rotor sur un support.

- [0012] Cette configuration est généralement la plus performante dans la mesure où il n'y a pas de matériau autour des aimants, susceptibles de court-circuiter une partie des lignes de champ magnétique générées par les aimants qui transitent vers le stator.
- [0013] Cependant pour les hautes vitesses de rotation, les forces centrifuges nécessitent la mise en place d'une frette de maintien des aimants.
- [0014] Ces frettes sont généralement en fibre de carbone, fibre de verre, ou bien métallique.
- [0015] Dans les machines électriques, les bobinages du stator sont très souvent raccordés à des dispositifs électriques (redresseurs ou onduleurs) qui utilisent la modulation de largeur d'impulsion pour générer les formes d'ondes requises. Ce faisant, dans chaque phase de la machine électrique, transite un fondamental de courant ainsi que des harmoniques de courant haute fréquence (HF) lié à la fréquence de découpage du dispositif électronique.
- [0016] Le problème, c'est que ces harmoniques de courant HF vont engendrer chacun un champ magnétique HF dans l'entrefer de la machine électrique. Or, ce champ magnétique tourne à une vitesse bien plus grande que celle du rotor. Ainsi, des pertes par courants de Foucault vont être engendrées au rotor : dans les aimants, dans le support des aimants et le cas échéant, dans la frette métallique massive qui se trouve autour des aimants.
- [0017] C'est pourquoi, l'invention consiste à placer une frette tubulaire autour des aimants qui serait réalisée par un empilage de tôles magnétiques
- [0018] Grâce à cette frette feuilletée magnétique, on constate une réduction importante des pertes dans les aimants et le support des aimants, la frette faisant office de blindage magnétique.
- [0019] De plus, comme la frette est feuilletée, les pertes induites par les champs magnétiques HF sont plus faibles en comparaison d'une frette massive, en un seul tenant.
- [0020] Plus particulièrement, l'invention a pour objet une pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique équipée d'aimants en surface maintenus au moyen d'une frette, caractérisée en ce que la frette est constituée d'un empilement de tôles magnétiques découpées de manière à former un manchon sensiblement tubulaire une fois empilées.
- [0021] Des caractéristiques optionnelles de l'invention, complémentaires ou de substitution sont énoncées ci-après.
- [0022] Selon un certain mode de réalisation préférentiel, lesdites tôles magnétiques sont en alliage de Fer-Cobalt à l'état écroui et sans traitement thermique de type recuit, de manière à conserver une limite d'élasticité R_p 0,2% supérieure à 1000 MPa, et préférentiellement supérieure à 1100 MPa.
- [0023] En effet, l'invention privilégie l'utilisation de tôles magnétiques en alliage de fer-cobalt à l'état écroui pour des machines électriques et/ou magnétiques fonctionnant

notamment selon des vitesses de rotation élevées.

[0024] Selon un autre mode de réalisation préférentiel, la composition chimique de l'alliage de Fer-Cobalt, peut être constituée en poids de 40 % à 50 % de cobalt, de 1,5 % à 2,2 % de vanadium, au moins un élément pris parmi le tantale et le niobium, selon des teneurs telles que $0,02 \% \leq \text{Ta} + 2 \times \text{Nb} \leq 0,2 \%$, de 0,0007 % à 0,007 % de bore, moins de 0,05 % de carbone, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration de l'alliage.

[0025] Selon un autre mode de réalisation encore plus préférentiel, les impuretés peuvent être le zirconium, le phosphore, le manganèse, le silicium, le chrome, le molybdène, le cuivre, le nickel et le soufre selon des teneurs telles que : $\text{Mn} + \text{Si} \leq 0,2 \%$, $\text{Cr} + \text{Mo} + \text{Cu} \leq 0,2 \%$, $\text{Ni} \leq 0,2 \%$ et $\text{S} \leq 0,005 \%$.

[0026] Selon un autre mode de réalisation particulier, l'alliage de Fer-Cobalt peut comporter en poids 49% de Fer et 49% de Cobalt.

[0027] Selon un autre mode de réalisation particulier, lesdites tôles magnétiques peuvent être issues d'un procédé de fabrication comportant une étape de laminage à chaud aux environs de 1200 °C permettant d'obtenir des bandes de 1 à 3 mm d'épaisseur, puis d'une étape d'hypertrempe par refroidissement en moins de 1 seconde entre 800 °C et 100 °C, puis d'une étape de laminage à froid pour obtenir des bandes de 0,10 à 0,50 mm d'épaisseur.

[0028] Selon un mode de réalisation préféré, les aimants sont séparés par des éléments amagnétiques.

[0029] Selon une variante, les aimants sont séparés par des éléments magnétiques.

[0030] Selon une autre variante, les aimants sont séparés par un espace vide.

[0031] Selon une variante encore, les éléments amagnétiques, respectivement magnétiques, forment une seule et même pièce avec le support des aimants.

[0032] L'invention a également pour objet une machine électrique et/ou magnétique à haute vitesse de rotation, comportant une pièce rotative du type « rotor », selon un mode de réalisation de l'invention

[0033] Selon une particularité, la vitesse de rotation du rotor est comprise entre 10000 et 150000 tours par minute, la vitesse périphérique étant supérieure à 100 m/s.

[0034] Selon une autre particularité, la machine est une machine de type cylindrique.

[0035] Selon une autre particularité encore, la machine est un moteur électrique, ou bien un générateur électrique, ou bien un coupleur magnétique, ou bien un réducteur magnétique.

[0036] D'autres avantages et particularités de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée de mises en œuvre et de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés suivants :

[0037] [Fig.1] Cette figure est une vue schématique de face d'un mode de réalisation par-

ticulier de l'invention, soit un rotor cylindrique à aimants en surface maintenus par une frette réalisée à partir d'un empilement de tôles magnétiques.

[0038] [Fig.2] Cette figure est une vue schématique en perspective du mode de réalisation précédent.

[0039] [Fig.3] Cette figure est une vue schématique de face d'un autre mode de réalisation particulier de l'invention, soit un rotor cylindrique à aimants en surface séparés entre eux par des éléments amagnétiques, et maintenus par une frette réalisée à partir d'un empilement de tôles magnétiques.

[0040] [Fig.4] Cette figure est une vue schématique en perspective du mode de réalisation précédent.

[0041] [Fig.5] Cette figure est une vue schématique de face d'un autre mode de réalisation particulier de l'invention, soit un rotor cylindrique à aimants en surface maintenus par une frette réalisée à partir d'un empilement de tôles magnétiques qui ne couvre pas entièrement le rotor sur toute sa longueur.

[0042] Les modes de réalisation décrits ci-après étant nullement limitatifs, on pourra notamment considérer des variantes de l'invention ne comprenant qu'une sélection de caractéristiques décrites, isolées des autres caractéristiques décrites même si cette sélection est isolée au sein d'une phrase comprenant ces autres caractéristiques, si cette sélection de caractéristiques est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'information de la technique antérieure.

[0043] Cette sélection comprend au moins une caractéristique, de préférence fonctionnelle sans détails structurels, ou avec seulement une partie des détails structurels si cette partie uniquement est suffisante pour conférer un avantage technique ou pour différencier l'invention par rapport à l'information de la technique antérieure.

[0044] Selon l'invention, on a représenté sur les figures 1 à 5, une pièce rotative du type « rotor » destinée à équiper une machine électrique et/ou magnétique cylindrique, fonctionnant en particulier selon des vitesses de rotation élevées.

[0045] Les figures 1 à 5 représente un rotor qui est garni en surface d'aimants 10 maintenus sur leur support 1 par une frette 100.

[0046] Sur les figures 1 et 2, la frette recouvre le rotor sur toute sa longueur.

[0047] Sur la [Fig.5], la frette ne recouvre qu'une partie du rotor. Selon d'autres modes de réalisation, il serait possible d'envisager une frette discontinue, c'est-à-dire plusieurs empilements tubulaires espacés assurant le maintien des aimants.

[0048] Les figures 3 et 4 représente une configuration dans laquelle les aimants 10 sont disjoints en ce sens qu'ils sont espacés par des éléments amagnétiques 12a. Le support 1 est creux de manière à pouvoir être monté sur un arbre 11.

[0049] En effet, dans certains cas, il est pertinent que les aimants ne soient pas jointifs autrement dit, qu'il y ait un espace entre aimants. Ceci permet en effet de sinu-

soïdaliser l'induction magnétique d'entrefer générée par les aimants. Le problème avec ces espaces entre aimants, est, qu'à haute vitesse de rotation, les contraintes mécaniques induites dans la frette rotorique ne sont plus uniformes. Il apparait en effet des concentrations de contraintes dans la frette au niveau des espaces entre aimants. Afin de contrer ces inconvénients, on place des pièces amagnétiques 12a entre les aimants (par exemple en alliage de titane) pour uniformiser les contraintes.

- [0050] Selon une variante, on peut espacer les aimants 10 avec des éléments magnétiques 12b disposés entre aimants pour créer de la saillance magnétique et mieux répartir les contraintes mécaniques dans la frette.
- [0051] Selon encore une autre variante, on peut espacer les aimants en ménageant un espace vide entre eux, de manière à sinusoïdaliser l'induction magnétique d'entrefer générée par les aimants.
- [0052] Selon un mode de réalisation préféré, les éléments amagnétiques 12a comme les éléments magnétiques 12b peuvent former avec le support des aimants 1 une seule et même pièce. Le cas échéant, ils peuvent être fixés sur le support des aimants par tout moyen.
- [0053] Selon le principe général de l'invention, la frette est constituée d'un empilement de tôles magnétiques découpées de manière à former un manchon sensiblement tubulaire une fois empilées.
- [0054] On entend par « sensiblement tubulaire », le fait que la frette forme globalement un tube une fois qu'est réalisé l'empilement des tôles, qui sont de forme sensiblement annulaire.
- [0055] La frette peut aussi présenter en surface et par endroits, des méplats ou bien des bombés qui permettent de mieux sinusoïdaliser l'induction magnétique.
- [0056] Grâce à cette frette feuilletée magnétique, on constate une réduction importante des pertes dans les aimants et le support des aimants, la frette faisant office de blindage magnétique.
- [0057] De plus, comme la frette est feuilletée, les pertes induites par le champ magnétique HF sont plus faibles en comparaison d'une frette massive, en un seul tenant.
- [0058] Selon un mode de réalisation privilégié de l'invention, la frette 100 est principalement constituée d'un empilement de tôles magnétiques en alliage de Fer-Cobalt à l'état écroui et sans traitement thermique de type recuit, de manière à conserver une limite d'élasticité R_p 0,2% supérieure à 1000 MPa, et préférentiellement supérieure à 1100 MPa.
- [0059] En effet, l'utilisation de tôles magnétiques en alliage de fer-cobalt à l'état écroui pour des machines électriques et/ou magnétiques fonctionnant notamment selon des vitesses de rotation élevées, permet d'accroître la résistance mécanique de la frette.
- [0060] La limite d'élasticité R_e correspond à la contrainte à partir de laquelle le matériau

commence à se déformer plastiquement. En pratique, bien que la définition soit simple, cette limite est difficile à apprécier car le passage du domaine élastique au domaine plastique se fait de façon progressive. La difficulté de lecture donnerait des interprétations erronées de cette limite d'un laboratoire à l'autre. Pour s'en affranchir, on a déterminé une limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% (R_p 0,2%). C'est la contrainte pour laquelle on mesure une déformation plastique de 0,2%.

- [0061] La résistance à la traction R_m se définit comme la contrainte maximale atteinte durant l'essai de traction.
- [0062] Les alliages fer-cobalt sont en effet bien connus, et se caractérisent à la fois par des propriétés magnétiques très intéressantes et par une certaine fragilité à la température ordinaire, ce qui rend leur utilisation délicate.
- [0063] En particulier, l'alliage Fe50Co50, contenant 50 % en poids de fer et 50 % de cobalt, a une induction à saturation très élevée et une bonne perméabilité magnétique, mais il présente l'inconvénient de ne pas pouvoir être laminé à froid, ce qui le rend inutilisable pratiquement.
- [0064] Cette très grande fragilité résulte de la formation, en dessous de 730 °C, environ, d'une phase alpha' ordonnée, résultant d'une transformation désordre-ordre.
- [0065] Cette transformation désordre-ordre peut être ralentie par une addition de vanadium, ce qui permet de fabriquer un alliage du type fer-cobalt, contenant à peu près 50% de cobalt et à peu près 50% de fer, apte à être laminé à froid après une hypertrempe très énergétique.
- [0066] C'est pourquoi, selon un mode préférentiel, la composition chimique de l'alliage de Fer-Cobalt est avantageusement constituée en poids de 40 % à 50 % de cobalt, de 1,5 % à 2,2 % de vanadium, au moins un élément pris parmi le tantale et le niobium, selon des teneurs telles que $0,02 \% \leq Ta + 2 \times Nb \leq 0,2 \%$, de 0,0007 % à 0,007 % de bore, moins de 0,05 % de carbone, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration de l'alliage.
- [0067] De même, selon un mode très préférentiel, l'alliage de Fer-Cobalt comporte avantageusement en poids 49% de Fer et 49% de Cobalt.
- [0068] Il est en effet intéressant d'utiliser un alliage contenant environ 49 % de cobalt et 2 % de vanadium, le reste étant du fer et des impuretés. Cet alliage, qui a de très bonnes propriétés magnétiques après laminage à froid et recuit entre 720°C et 870 °C environ, présente cependant l'inconvénient de nécessiter des précautions particulières lors du réchauffage précédant l'hypertrempe, afin de limiter le grossissement du grain qui détériore la ductilité.
- [0069] Pour faciliter le réchauffage avant hypertrempe, il convient d'ajouter de 0,02 % à 0,5 % de niobium et éventuellement de 0,07 % à 0,3 % de zirconium afin de limiter le risque de grossissement du grain au cours du réchauffage. L'alliage ainsi obtenu a des

- propriétés magnétiques et une ductilité comparable, à l'alliage ne contenant que 2 % de vanadium. Le réchauffage avant hypertrempe est par conséquent plus facile à réaliser.
- [0070] Avantageusement, les impuretés sont le zirconium, le phosphore, le manganèse, le silicium, le chrome, le molybdène, le cuivre, le nickel et le soufre selon des teneurs telles que : $Mn + Si \leq 0,2 \%$, $Cr + Mo + Cu \leq 0,2 \%$, $Ni \leq 0,2 \%$ et $S \leq 0,005 \%$.
- [0071] Les inventeurs ont toutefois constaté que tous ces alliages après recuit présentent des caractéristiques mécaniques de résistance à la traction insuffisantes pour certaines applications telles que les circuits magnétiques de rotors de machines tournantes à très grande vitesse de rotation. Il n'est, en effet, guère possible d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 480 MPa après recuit.
- [0072] On entend par « machines tournantes à très grande vitesse de rotation », les machines dans lesquelles le rotor selon son diamètre tourne par exemple à des vitesses supérieures à 10000 tours par minutes, ces vitesses de rotation pouvant atteindre 150000 tours par minutes. Ceci correspond à des vitesses périphériques supérieures à 100 m/s.
- [0073] On entend par vitesse périphérique, la vitesse linéaire d'un point situé sur la circonférence. Cette vitesse est égale au rayon du rotor en mètre multiplié par la vitesse de rotation angulaire en radian par seconde (v en m/s = R en m . Ω en rad/s).
- [0074] C'est pourquoi, la frette est constituée de préférence d'un empilement de tôles magnétiques à l'état écroui selon les compositions métallurgiques mentionnées précédemment, sans qu'aucun traitement thermique après écrouissage ne soit appliqué.
- [0075] On entend par « à l'état écroui », l'état dans lequel se trouvent les tôles en sortie des opérations de laminage qui conduisent à leur obtention.
- [0076] Aucun traitement thermique, habituellement pratiqué sous la forme d'un recuit n'est appliqué postérieurement aux opérations de laminage.
- [0077] L'orientation choisie par les inventeurs va par conséquent à l'encontre de ce que pratique habituellement l'Homme du Métier.
- [0078] A cet effet, les inventeurs ont constaté que les frettes résultant d'un empilement de tôles en alliages de Fer Cobalt à l'état simplement écroui, présentaient de très bonnes propriétés mécaniques ainsi qu'un comportement magnétique très convenable.
- [0079] Ils ont notamment étudié des tôles de nuance AFK502R et d'épaisseur 0,35 mm.
- [0080] A l'état écroui, la résistance à la rupture en traction est de 1200 MPa, alors qu'avec un recuit classique de 3h à 850°C suivi d'un refroidissement de 250°C/h, la résistance à la rupture en traction est de 480 MPa.
- [0081] Les inventeurs ont également constaté que même en pratiquant des recuits aménagés pour optimiser les propriétés mécaniques, la limite d'élasticité $R_p 0,2\%$ chutait très en dessous de 1000 MPa.
- [0082] Des essais ont été menés avec des traitements thermiques de 2h à 725°C suivi d'un refroidissement de 150°C/h, et de 2h à 760°C suivi d'un refroidissement de 250°C/h.

Dans le premier cas la rupture en traction chutait en dessous de 715 MPa, et dans le second cas, la rupture en traction chutait en dessous de 600 MPa.

- [0083] Selon un mode de fabrication privilégié, les tôles magnétiques sont issues d'un procédé comportant une étape de laminage à chaud aux environs de 1200 °C permettant d'obtenir des bandes de 1 à 3 mm d'épaisseur, puis d'une étape d'hypertrempe par refroidissement en moins de 1 seconde entre 800 °C et 100 °C, puis d'une étape de laminage à froid pour obtenir des bandes de 0,10 à 0,50 mm d'épaisseur.
- [0084] Enfin, l'utilisation de tôles en alliages de Fer-Cobalt à l'état écroui et sans traitement thermique de type recuit permet de s'affranchir dudit traitement thermique de recuit qui est très coûteux (environ 1400 € pour un lot de 10 000 ou 20 000 tôles environ). Outre le gain de coût, on bénéficie également d'un gain sur le délai de fabrication de l'ordre de trois semaines.
- [0085] Concernant maintenant les applications de la présente invention, les pièces rotatives de type « rotor » peuvent être utilisées dans les machines électriques et/ou magnétiques qui fonctionnent en particulier selon des vitesses de rotation élevées.
- [0086] Ces machines électriques et/ou magnétiques à haute vitesse de rotation peuvent être un moteur électrique, ou bien un générateur électrique, ou bien un coupleur magnétique, ou bien un réducteur magnétique.
- [0087] Les moteurs électriques sont des dispositifs électromécaniques qui convertissent l'énergie électrique en énergie mécanique. Un moteur électrique comprend généralement un stator constitué principalement d'un circuit magnétique isolé et d'un bobinage, et un rotor constitué d'un circuit magnétique ainsi que des aimants.
- [0088] Les générateurs électriques sont des dispositifs électromécaniques qui convertissent l'énergie mécanique en énergie électrique.
- [0089] On les retrouve dans les alternateurs de véhicules, les éoliennes, les barrages hydrauliques, les centrales nucléaires, les groupes électrogènes par exemple.
- [0090] Les coupleurs magnétiques sont des dispositifs magnétiques permettant de transmettre de la puissance mécanique sans contact uniquement grâce au couplage magnétique du fait de l'interaction entre les aimants des deux rotors. Comme pour les moteurs et les générateurs électriques, on peut avoir des configurations cylindriques ou discoïdes.
- [0091] Les réducteurs magnétiques sont des coupleurs magnétiques de rapport de vitesse différent de 1. Pour ce faire, une pièce fixe est intercalée entre les deux rotors. Comme pour les moteurs électriques, les générateurs électriques et les coupleurs magnétiques, on trouve des réducteurs magnétiques cylindriques ou discoïdes. A noter qu'il existe aussi une variante où la pièce intercalée est mobile. Dans ce cas, on a un rotor à aimant qui tourne et un stator à aimant. Un des rotors à aimants devient fixe et devient donc un

stator à aimants.

[0092] A noter, les différentes caractéristiques, formes, variantes et modes de réalisation de l'invention peuvent être associés les uns avec les autres, selon diverses combinaisons dans la mesure où ils ne sont pas incompatibles ou exclusifs les uns des autres.

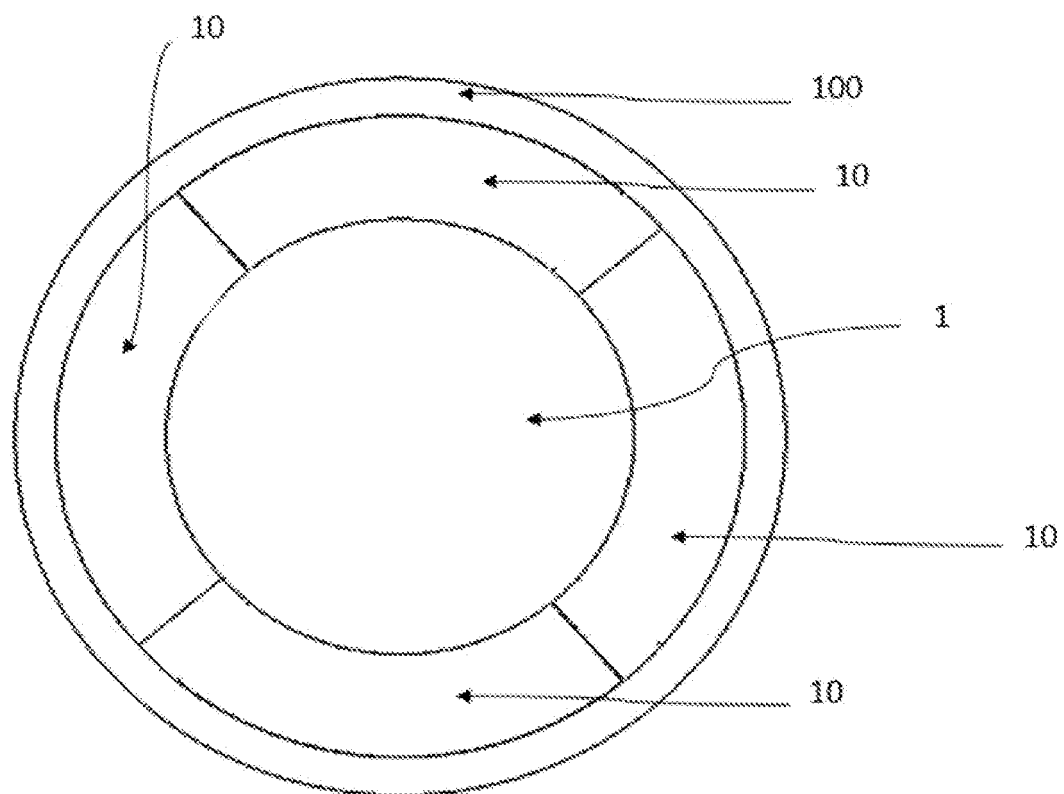
Revendications

- [Revendication 1] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique équipée d'aimants en surface (10) maintenus au moyen d'une frette (100) sur un support (1) d'aimants, caractérisée en ce que la frette (100) est constituée d'un empilement de tôles magnétiques découpées de manière à former un manchon sensiblement tubulaire une fois empilées.
- [Revendication 2] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon la revendication 1, caractérisée en ce que, lesdites tôles magnétiques sont en alliage de Fer-Cobalt à l'état écroui et sans traitement thermique de type recuit, de manière à conserver une limite d'élasticité R_p 0,2% supérieure à 1000 MPa, et préférentiellement supérieure à 1100 MPa.
- [Revendication 3] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la composition chimique de l'alliage de Fer-Cobalt est constituée en poids de 40 % à 50 % de cobalt, de 1,5 % à 2,2 % de vanadium, au moins un élément pris parmi le tantale et le niobium, selon des teneurs telles que $0,02 \% \leq Ta + 2 \times Nb \leq 0,2 \%$, de 0,0007 % à 0,007 % de bore, moins de 0,05 % de carbone, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration de l'alliage.
- [Revendication 4] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les impuretés sont le zirconium, le phosphore, le manganèse, le silicium, le chrome, le molybdène, le cuivre, le nickel et le soufre selon des teneurs telles que : $Mn + Si \leq 0,2 \%$, $Cr + Mo + Cu \leq 0,2 \%$, $Ni \leq 0,2 \%$ et $S \leq 0,005 \%$.
- [Revendication 5] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'alliage de Fer-Cobalt comporte en poids 49% de Fer et 49% de Cobalt.
- [Revendication 6] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdites tôles magnétiques sont issues d'un procédé de fabrication comportant une étape de laminage à chaud aux environs de 1200 °C permettant d'obtenir des bandes de 1 à 3 mm d'épaisseur, puis d'une étape d'hypertrempe par refroidissement en moins de 1 seconde entre 800 °C et 100 °C, puis d'une étape de laminage à froid pour obtenir des

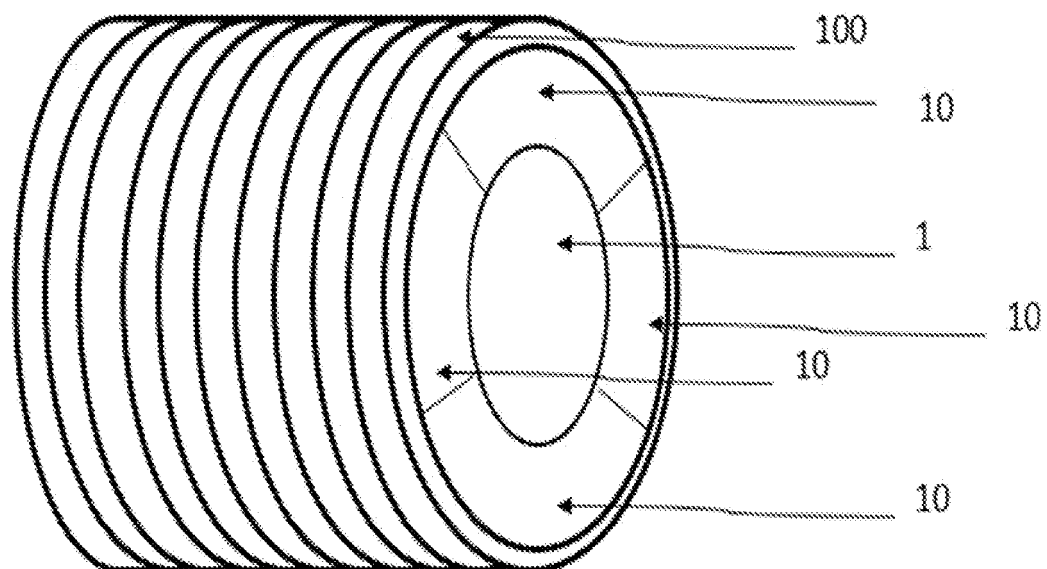
bandes de 0,10 à 1 mm d'épaisseur.

- [Revendication 7] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les aimants sont séparés par des éléments amagnétiques (12a).
- [Revendication 8] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que les aimants sont séparés par des éléments magnétiques (12b).
- [Revendication 9] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que les aimants sont séparés par un espace vide.
- [Revendication 10] Pièce rotative du type « rotor » de machine électrique et/ou magnétique, selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, caractérisée en ce que les éléments amagnétiques (12a), respectivement magnétiques (12b), forment une seule et même pièce avec le support des aimants (1)
- [Revendication 11] Machine électrique et/ou magnétique, en particulier à haute vitesse de rotation, comportant une pièce rotative du type « rotor », selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.
- [Revendication 12] Machine électrique et/ou magnétique selon la revendication 11, caractérisée en ce que la vitesse de rotation du rotor est comprise entre 10000 et 150000 tours par minute, la vitesse périphérique étant supérieure à 100 m/s.
- [Revendication 13] Machine électrique et/ou magnétique selon la revendication 11 ou 12, caractérisée en ce que la machine est une machine cylindrique.
- [Revendication 14] Machine électrique et/ou magnétique selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, caractérisée en ce qu'elle est un moteur électrique, ou bien un générateur électrique, ou bien un coupleur magnétique, ou bien un réducteur magnétique.

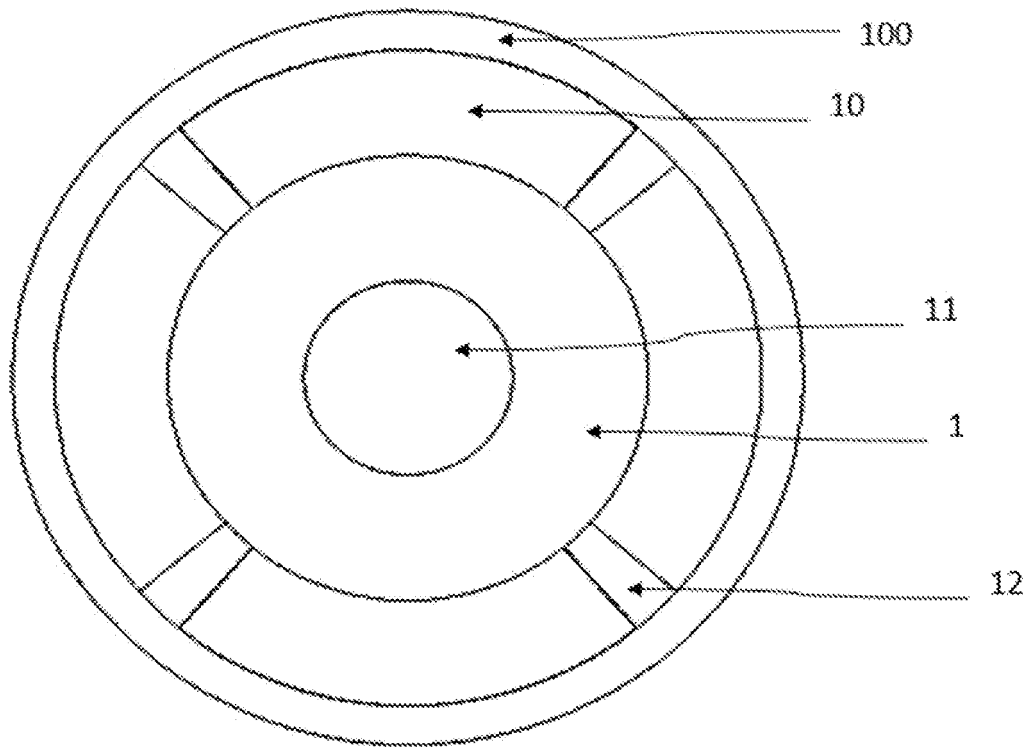
[Fig. 1]



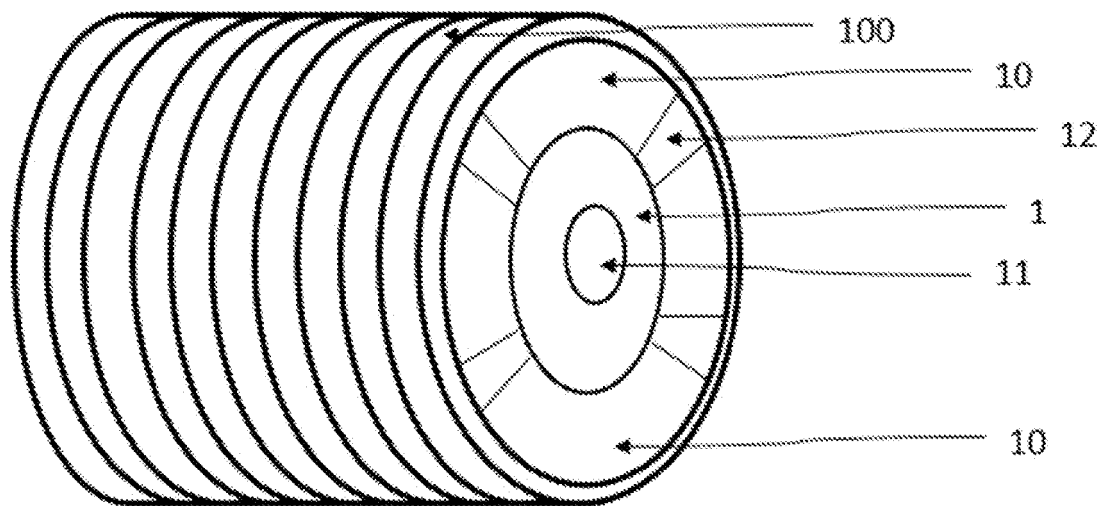
[Fig. 2]



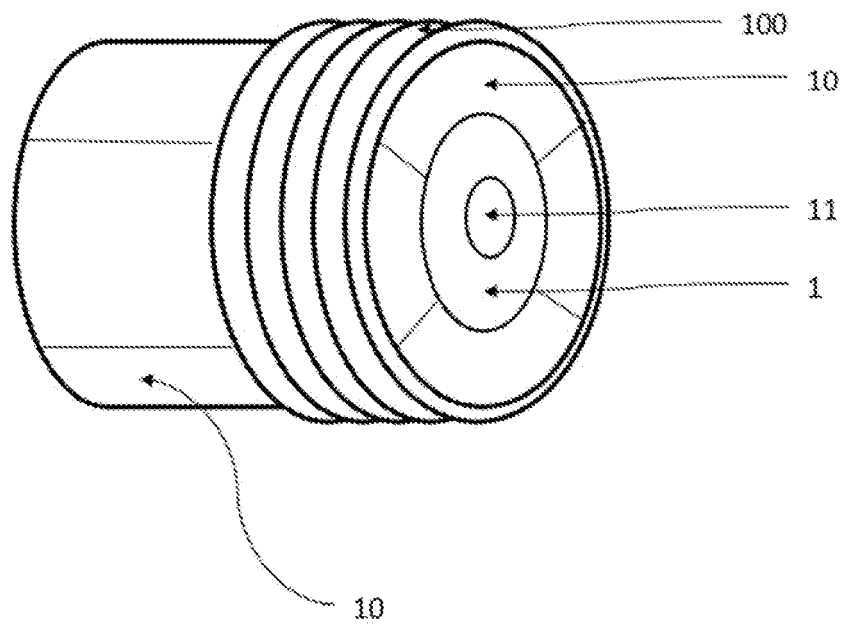
[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 907582
FR 2203747

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2009/261678 A1 (SORTORE CHRISTOPHER K [US] ET AL) 22 octobre 2009 (2009-10-22)	1, 7-14	H02K1/2733
Y	* alinéas [0015], [0016], [0021]; figures 2, 6, 5; tableau 1 * -----	2-6	H02K1/28
X	EP 0 680 131 A2 (TOSHIBA KK [JP]) 2 novembre 1995 (1995-11-02)	1, 7-14	
Y	* colonnes 16, 17, 35; revendications 1-3, 10, 21, 29; figure 2 * -----	2-6	
A	US 2018/054100 A1 (TAKASHIMA YOSHIHARU [JP] ET AL) 22 février 2018 (2018-02-22) * alinéa [0064]; figure 3 * -----	7	
A	US 4 339 874 A (MC CARTY FREDERICK B ET AL) 20 juillet 1982 (1982-07-20) * figure 1 * -----	8	
A	US 2018/062466 A1 (MIZUTA TAKAHIRO [JP] ET AL) 1 mars 2018 (2018-03-01) * figures 3-7 * -----	9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	EP 3 883 118 A1 (MITSUBA CORP [JP]) 22 septembre 2021 (2021-09-22) * alinéas [0030], [0032]; figure e * -----	8, 10	H02K
Y	WAECKERLE T ET AL: "Low cobalt content electrical sheets for optimized high power density rotating machines", JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 215-216, 1 juin 2000 (2000-06-01), pages 207-209, XP004201339, ISSN: 0304-8853, DOI: 10.1016/S0304-8853(00)00118-9 * pages 1-3; figure 3 * -----	2-6	
----- -/-			
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2022		Kovacsovics, Martin	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 907582
FR 2203747

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	CHEN JUNQUAN ET AL: "Influence of manufacture process on magnetic property of FeCoV alloy", 2014 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL MACHINES AND SYSTEMS (ICEMS), IEEE, 22 octobre 2014 (2014-10-22), pages 3054-3059, XP032722860, DOI: 10.1109/ICEMS.2014.7014019 [extrait le 2015-01-16] * page 1 - page 2; figure 2; tableau 1 * -----	2-6	
Y	WAECKERLÉ THIERRY ET AL: "Fully Processed Fe-Co Soft Magnetic Laminations for High-Speed Electrical Mach", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, IEEE, USA, vol. 50, no. 4, 1 avril 2014 (2014-04-01), pages 1-6, XP011545147, ISSN: 0018-9464, DOI: 10.1109/TMAG.2013.2286629 [extrait le 2014-04-11] * page 1 - page 3; figure 2; tableau 1 * -----	2-6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 décembre 2022		Kovacsovics, Martin	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2203747 FA 907582**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-12-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2009261678 A1	22-10-2009	AR 071378 A1	16-06-2010
		AU 2009251484 A1	03-12-2009
		BR PI0907305 A2	05-07-2016
		CA 2721627 A1	03-12-2009
		CL 2009000917 A1	02-07-2010
		CN 102027227 A	20-04-2011
		CO 6331383 A2	20-10-2011
		EP 2300703 A1	30-03-2011
		JP 5643991 B2	24-12-2014
		JP 2011518539 A	23-06-2011
		KR 20110014590 A	11-02-2011
		MY 163687 A	13-10-2017
		PE 20100219 A1	14-04-2010
		RU 2010142965 A	27-05-2012
		SG 189798 A1	31-05-2013
		TW 201010248 A	01-03-2010
		US 2009261678 A1	22-10-2009
		WO 2009146189 A1	03-12-2009
		ZA 201007898 B	31-08-2011
EP 0680131 A2	02-11-1995	DE 69531022 T2	13-05-2004
		EP 0680131 A2	02-11-1995
		US 5808392 A	15-09-1998
US 2018054100 A1	22-02-2018	CN 107231822 A	03-10-2017
		DE 112017000001 T5	01-03-2018
		JP 6072395 B1	01-02-2017
		JP WO2017130295 A1	01-02-2018
		KR 20180100075 A	07-09-2018
		TW 201728055 A	01-08-2017
		US 2018054100 A1	22-02-2018
		WO 2017130295 A1	03-08-2017
US 4339874 A	20-07-1982	AUCUN	
US 2018062466 A1	01-03-2018	CN 107710556 A	16-02-2018
		DE 112016004207 T5	14-06-2018
		JP 6328349 B2	23-05-2018
		JP WO2017047253 A1	30-11-2017
		KR 20170125085 A	13-11-2017
		TW 201717524 A	16-05-2017
		US 2018062466 A1	01-03-2018
		WO 2017047253 A1	23-03-2017
EP 3883118 A1	22-09-2021	CN 112970186 A	15-06-2021
		EP 3883118 A1	22-09-2021

EPO FORM P0465

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2203747 FA 907582

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-12-2022**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
		JP 2020080609 A	28-05-2020
		US 2021328528 A1	21-10-2021
		WO 2020100457 A1	22-05-2020