

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :

3 143 230

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

22 13153

51 Int Cl⁸ : H 02 K 1/27 (2023.01), H 02 K 21/02, 21/14

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.06.24 Bulletin 24/24.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : IFP Energies nouvelles Etablissement
public — FR.

72 Inventeur(s) : CHAREYRON Baptiste, NASR André,
MEDIIVILLA SANTOS Victor, BOUDHMINE Bélir,
LAABIDI Samy et GROSJEAN Denis.

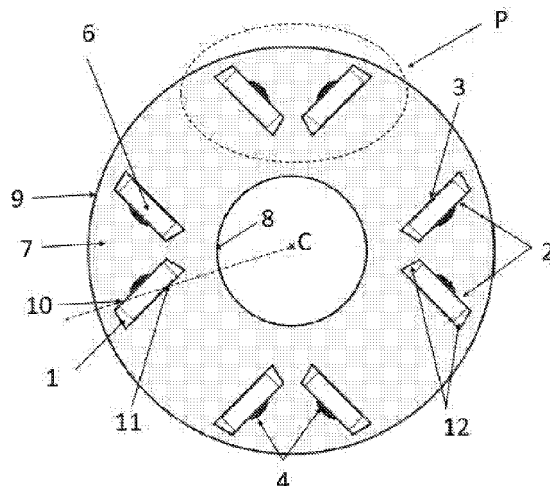
73 Titulaire(s) : IFP Energies nouvelles Etablissement
public.

54 **Matériau de machine électrique avec un évidement
comportant une gorge remplie de composant
adhésif pour la fixation d'un aimant permanent.**

57 L'invention concerne un rotor et une machine électrique, le rotor comprenant : - un corps de rotor (7), et - une pluralité de paires de pôles magnétiques (P), chaque pôle magnétique (P) comprenant au moins une barrière de flux, chaque barrière de flux comprenant au moins un évidement (1), chaque pôle magnétique (P) comprenant au moins un aimant permanent (6) dans un évidement (1).

De plus, chaque évidement (1) dans lequel est inséré un aimant permanent (6) comporte une gorge (4), la gorge (4) étant remplie de colle pour la fixation de l'aimant permanent (6) dans l'évidement (1).

Figure 5 à publier



FR 3 143 230 - A1



Description

Titre de l'invention : Rotor de machine électrique avec un évidement comprenant une gorge remplie de composant adhésif pour la fixation d'un aimant permanent

Domaine technique

- [0001] La présente invention se rapporte à une machine électrique tournante synchro-réductante (assistée d'aimants permanents) ou à aimants enterrés et concerne plus particulièrement l'architecture particulière d'un rotor d'une telle machine.
- [0002] Généralement, une telle machine électrique comporte un stator et un rotor disposés coaxialement l'un dans l'autre.
- [0003] Le rotor est formé d'un corps de rotor avec un empilage de tôles placé sur un arbre de rotor. Ces tôles comprennent des logements pour des aimants permanents et des perforations pour créer des barrières de flux permettant de diriger radialement le flux magnétique des aimants vers le stator et pour favoriser la création d'un couple réductant, et d'alléger ce rotor pour diminuer les efforts centrifuges que l'empilage de tôles doit supporter.
- [0004] Ce rotor est généralement logé à l'intérieur d'un stator qui porte des bobinages électriques permettant de générer un champ magnétique permettant d'entraîner en rotation le rotor.

Technique antérieure

- [0005] Comme cela est mieux décrit notamment dans la demande de brevet WO2020/020580, le rotor d'une machine synchro-réductante comprend une pluralité d'évidements axiaux qui traversent les tôles de part en part.
- [0006] Pour la conception du rotor décrite dans cette demande de brevet, une première série d'évidements axiaux, disposés radialement les uns au-dessus des autres et à distance les uns des autres, forment des logements pour des générateurs de flux magnétiques, ici des aimants permanents sous forme de barreau rectangulaire.
- [0007] L'autre série d'évidements consiste en des perforations de direction radiale inclinée, qui partent de ces logements pour arriver au voisinage du bord des tôles, au voisinage de l'entrefer.
- [0008] Les perforations inclinées sont disposées symétriquement par rapport aux logements des aimants de manière à former à chaque fois une figure géométrique sensiblement en forme de V à fond aplati avec le fond plat formé par le logement des aimants et avec les bras inclinés de ce V formés par les perforations. Il se crée ainsi des barrières de flux formées par les perforations. Le flux magnétique provenant des aimants permanents ne peut alors que transiter par les parties pleines entre les perforations. Ces

parties pleines sont constituées d'un matériau ferromagnétique.

- [0009] De manière connue, les aimants permanents sont maintenus en position dans les évidements du rotor grâce à de la colle (aussi appelée résine ou tout autre composant adhésif permettant le maintien de l'aimant permanent en position dans l'évidement). L'évidement dans lequel un aimant permanent est inséré est alors comblé de colle, ce qui signifie que le volume de l'évidement contenant le ou les aimants permanents est soit rempli par l'aimant permanent, soit par la colle qui remplit alors l'espace de l'évidement libre d'aimants permanents (en d'autres termes, l'aimant permanent est coulé dans la colle dans l'évidement dans lequel il est inséré). De ce fait, l'extraction de l'aimant permanent pour réparation ou la séparation de l'aimant permanent du corps de rotor, pour le recyclage notamment, implique au mieux la détérioration de l'aimant permanent, sinon une impossibilité de l'extraire du rotor. Cela constitue un verrou majeur de l'industrie de recyclage des machines électriques et plus particulièrement des aimants permanents. En effet, l'aimant est un matériau stratégique et critique car il nécessite des matériaux rares (appelées aussi « terres rares » et « terres rares lourdes ») alors qu'il apporte une densification de performances et ainsi une réduction d'autres matériaux composant la machine (cuivre, fer magnétique, aluminium), une réduction de la taille de l'onduleur (courant moindre pour un couple donné), et un accroissement de l'efficacité du groupe moto propulseur réduisant la taille de la batterie (par exemple, batterie au lithium) pour une autonomie donnée.
- [0010] On connaît notamment la demande de brevet US 2013 / 270 954 AA qui concerne un rotor de machine électrique. Le rotor de cette machine électrique comprend un corps de rotor et des aimants permanents qui sont à la surface du corps de rotor (et non insérés dans le corps de rotor). Des rainures sont mises en place sur la surface du corps de rotor en contact avec les aimants permanents pour augmenter la force magnétique permettant le maintien des aimants sur le corps de rotor. De plus, de la colle peut être appliquée au niveau de l'interface entre le corps de rotor et les aimants permanents. Toutefois, la force adhésive est appliquée sur toute la surface d'interface. De ce fait, le démontage des aimants permanents s'avère complexe. De plus, les aimants permanents de cette machine sont disposés à la surface du rotor. Or, les solutions propices à cette topologie de machine ne sont pas transposables en l'état à une topologie de machine synchro-réductante assistée d'aimants ou à une machine à aimants enterrés.
- [0011] Pour améliorer la recyclabilité des machines électriques et plus particulièrement des aimants permanents, le problème technique que cherche à résoudre l'invention consiste à rendre les aimants plus facilement démontables, et ce sans les détériorer, de manière à pouvoir les retraiter et à les remettre dans la production des machines électriques. Il est donc nécessaire d'améliorer le procédé de maintien en position de l'aimant en le rendant démontable.

Résumé de l'invention

- [0012] L'invention concerne un rotor de machine électrique comprenant :
- un corps de rotor, formé par un empilage de tôles, de préférence configuré pour être positionné sur un arbre de rotor, et
 - une pluralité de paires de pôles magnétiques répartis circonférentiellement sur le corps de rotor, chaque pôle magnétique comprenant au moins une barrière de flux, de préférence au moins deux barrières de flux situées radialement les unes au-dessus des autres, chaque barrière de flux comprenant au moins un évidement, chaque pôle magnétique comprenant au moins un aimant permanent dans un évidement.
- [0013] De plus, chaque évidement dans lequel est inséré un aimant permanent comporte en outre une gorge, la gorge étant remplie de composant adhésif pour la fixation de l'aimant permanent dans l'évidement.
- [0014] Selon un mode de réalisation avantageux, la gorge a une profondeur maximale prédéfinie, de préférence, la gorge étant définie par un profil arrondi en arc de cercle ou par une rainure.
- [0015] De préférence, la largeur de la gorge est inférieure à 50% de la largeur de l'aimant permanent.
- [0016] Avantageusement, la profondeur maximale prédéfinie est comprise entre 0,5 et 2 mm, de préférence entre 0,8 et 1,2 mm.
- [0017] Selon une mise en œuvre de l'invention, la gorge est positionnée sur la surface de l'évidement la plus proche de l'axe de rotation du rotor.
- [0018] Selon une configuration, les aimants permanents sont prismatiques ou non prismatiques.
- [0019] De manière avantageuse, chaque pôle magnétique comprend une unique barrière de flux comprenant deux évidements latéraux, chaque évidement latéral comprenant un aimant permanent prismatique.
- [0020] De préférence, chaque évidement comprend plusieurs gorges, chaque gorge étant remplie de composant adhésif.
- [0021] L'invention concerne aussi une machine électrique comprenant un stator et un rotor tel que décrit, ledit rotor étant logé à l'intérieur dudit stator.
- [0022] Avantageusement, ladite machine électrique est du type machine électrique synchro-réductante.

Liste des figures

- [0023] D'autres caractéristiques et avantages du rotor et de la machine électrique selon l'invention, apparaîtront à la lecture de la description ci-après d'exemples non limitatifs de réalisations, en se référant aux figures annexées et décrites ci-après.

[Fig 1]

[0024] La [Fig.1] représente un exemple d'évidement de barrières de flux avec une gorge pour la mise en place du composant adhésif, d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[Fig 2]

[0025] La [Fig.2] représente un premier mode de réalisation d'un assemblage collé d'un aimant permanent dans un évidement de barrières de flux avec une gorge pour la mise en place du composant adhésif, d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[Fig 3]

[0026] La [Fig.3] représente un deuxième mode de réalisation d'un assemblage collé d'un aimant permanent dans un évidement de barrières de flux avec une gorge pour la mise en place du composant adhésif, d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[Fig 4]

[0027] La [Fig.4] représente une vue en perspective d'un aimant permanent prismatique avec le composant adhésif destiné à être mise en place dans la gorge de l'évidement d'une barrière de flux, d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[Fig 5]

[0028] La [Fig.5] représente un mode de réalisation d'un rotor pour machine électrique comprenant plusieurs barrières de flux avec des aimants permanents collés à chaque évidement par l'intermédiaire d'une gorge, selon l'invention.

Description des modes de réalisation

[0029] L'invention concerne un rotor pour machine électrique, notamment pour une machine électrique par exemple du type à aimants enterrés, et plus particulièrement pour une machine de type synchro-réductante assistée d'aimants permanents. En outre, la présente invention concerne une machine électrique, de préférence de type synchro-réductante, comprenant un rotor selon l'invention et un stator, le rotor étant disposé au sein du stator, de préférence coaxialement à celui-ci.

[0030] On appelle « aimants enterrés » des aimants qui sont insérés au sein même du rotor, au contraire d'aimants de surface qui sont seulement disposés sur la surface du rotor et qui sont seulement séparés du stator par une lame d'air correspondant au jeu fonctionnel entre le stator et le rotor (ce jeu étant généralement appelé « entrefer »).

[0031] Selon l'invention, le rotor de machine électrique comprenant :

- un corps de rotor, formé par un empilage de tôles, de préférence configuré pour être positionné sur un arbre de rotor, et
- une pluralité de paires de pôles magnétiques répartis circonférentiellement sur le corps de rotor.

[0032] Chaque pôle magnétique comprend au moins une barrière de flux, de préférence au moins deux barrières de flux situées radialement les unes au-dessus des autres et

chaque barrière de flux comprend au moins un évidement. De plus, chaque pôle magnétique comprend au moins un aimant permanent dans un évidement.

- [0033] Les évidements des barrières de flux sont axiaux. En d'autres termes, les évidements s'étendent dans la direction axiale (longitudinale), c'est-à-dire le long de l'axe du rotor en traversant le rotor sur toute sa longueur axiale.
- [0034] Les aimants permanents permettent de générer un flux magnétique, permettant la rotation du rotor par la création d'un champ magnétique tournant pouvant être généré aussi par le stator. Les barrières de flux permettent de guider le champ magnétique généré par le rotor et par l'au moins un aimant permanent vers l'entrefer (l'entrefer étant l'espace formé entre la périphérie du rotor et le stator), de manière à limiter les fuites de flux magnétique et augmenter les performances (notamment couple et puissance) de la machine électrique. Une paire de pôles magnétiques comprend deux pôles magnétiques de polarité opposée.
- [0035] Les évidements dans lesquels sont insérés des aimants permanents sont totalement insérés dans le corps de rotor : en d'autres termes, les aimants sont insérés (enterrés) dans le corps de rotor et ne sont pas positionnés à la surface du corps de rotor. Ainsi, les performances de la machine électrique sont améliorées.
- [0036] En outre, chaque évidement dans lequel est inséré un aimant permanent comporte au moins une gorge, l'au moins une gorge étant remplie d'un composant adhésif (notamment une colle ou une résine) pour la fixation de l'aimant permanent dans l'évidement. En d'autres termes, l'évidement comprend une forme pour l'insertion d'un aimant permanent et une gorge supplémentaire (ou encoches) pour le composant adhésif. Ainsi, le composant adhésif servant au maintien en position de l'aimant permanent dans l'évidement est limité à la surface de la gorge (ou des gorges) en contact avec l'aimant permanent. Contrairement à l'art antérieur, la zone de collage de l'invention constitue une zone réduite de la surface de l'aimant. Grâce à cette surface de collage réduite (limitée à l'au moins une gorge), l'aimant permanent peut être plus facilement démonté, par exemple par usinage local du composant adhésif ou par un appui réparti sur la surface apparente de l'aimant qui contraindrait le composant adhésif en cisaillement. De ce fait, on peut retirer l'aimant permanent de l'évidement sans abîmer l'aimant permanent.
- [0037] Par la suite, on utilise le terme de colle pour désigner le composant adhésif mais il est bien entendu que la colle décrite pourrait être remplacé par un autre composant adhésif tel qu'une résine.
- [0038] La gorge forme un creux sur le corps de rotor, permettant la mise en place de la colle dans la gorge.
- [0039] Selon une configuration avantageuse, la colle servant au maintien de l'aimant permanent dans l'évidement peut être limitée à la gorge (ou aux gorges) : en d'autres

termes, la colle peut n'être mise en place que dans la gorge (ou dans les gorges). Il n'y a donc pas de colle sur la surface de l'évidement en dehors des zones où les gorges sont implantées.

- [0040] Avantageusement, la surface de colle (la surface de la gorge au niveau de l'interface avec l'aimant permanent) sur l'aimant permanent peut être adaptée au niveau de vibrations prévues sur le rotor.
- [0041] De manière avantageuse, la gorge peut s'étendre sur toute la longueur longitudinale (le long de l'axe du rotor) du corps de rotor. Ainsi, on peut assurer une surface adhésive de l'aimant permanent sur toute la longueur en contact avec le corps de rotor.
- [0042] Avantageusement, chaque évidement peut être formé entre deux lignes, par exemple entre une ligne supérieure et une ligne inférieure. Les lignes supérieure et inférieure délimitent les bords supérieur et inférieur des barrières de flux et forment une surface supérieure (formée par la ligne supérieure et s'étendant sur toute la longueur axiale du corps de rotor) et une surface inférieure (formée par la ligne inférieure et s'étendant sur toute la longueur axiale du corps de rotor).
- [0043] Les termes « supérieur » et « inférieur » s'étendent radialement par rapport à l'axe du rotor. En d'autres, la ligne supérieure (le bord supérieur) et la surface supérieure d'un évidement est plus éloignée de l'axe du rotor que la ligne inférieure (le bord inférieur) et la surface inférieure du même évidement.
- [0044] Selon une configuration de l'invention, la gorge peut avoir une profondeur maximale prédéfinie de manière à optimiser la force adhésive.
- [0045] La profondeur maximale prédéterminée s'entend de la plus grande valeur de la profondeur de la gorge par rapport à la surface de l'évidement sur laquelle elle est implantée. Cette profondeur maximale correspond donc à l'épaisseur de colle maximale que l'on peut mettre en place entre le fond de la gorge et l'aimant permanent.
- [0046] De manière avantageuse, la gorge (ou l'au moins une gorge) peut être définie par un profil arrondi en arc de cercle (par exemple par un rayon prédéfini) et de préférence, la gorge peut avoir une profondeur maximale prédéfinie, ou par une rainure (de section rectangulaire ou carrée par exemple ou sensiblement parallélépipédique, de préférence avec des formes d'arrêtes arrondies) de profondeur maximale prédéterminée. Ce profil arrondi ou cette rainure permettent une réalisation aisée de la gorge par outils de découpe de tôles (laminations) industriel et permettent d'assurer une bonne cohésion par la force adhésive de collage.
- [0047] Selon une mise en œuvre de l'invention, la largeur de la gorge (ou la somme des largeurs des différentes gorges remplies de colle) peut être inférieure à 50%, de préférence inférieure à 25% et de manière encore préférée, inférieure à 10%, de la largeur de l'aimant permanent.

- [0048] Par largeur de gorge, on entend la largeur de la gorge au niveau de l'interface entre la gorge et l'aimant permanent. Lorsque la gorge est une rainure de section rectangulaire (de préférence avec arrêtes arrondies), la largeur est alors la largeur de la rainure, largeur au niveau de l'interface avec l'aimant permanent.
- [0049] Par largeur de l'aimant permanent, on entend la dimension de l'aimant dans la direction parallèle à la largeur de la gorge. Pour un aimant permanent de forme incurvée, la largeur peut être considérée comme la longueur de la corde au niveau de la ligne neutre (aussi appelée fibre neutre) de l'aimant permanent.
- [0050] Additionnellement ou alternativement, la surface de collage peut être limitée au maximum à 50% de la surface extérieure de l'aimant permanent, de préférence inférieure à 25% et de manière encore préférée, inférieure à 10%, de la surface extérieure de l'aimant permanent.
- [0051] En limitant la surface de collage, le démontage de l'aimant permanent est facilité et le recyclage de l'aimant permanent est plus aisé. En outre, le démontage de l'aimant permanent peut être réalisé sans le dégrader.
- [0052] Selon une variante de l'invention, la profondeur maximale prédéfinie peut être comprise entre 0,5 et 2 mm, de préférence entre 0,8 et 1,2 mm. Une telle profondeur permet d'assurer un volume de colle suffisant pour assurer le maintien en position de l'aimant permanent.
- [0053] Alternativement, lorsque la gorge est une rainure de section rectangulaire, la profondeur de la rainure peut être comprise entre 0,5 et 2 mm, de préférence entre 0,8 et 1,2 mm. Une telle profondeur permet d'assurer un volume de colle suffisant pour assurer le maintien en position de l'aimant permanent.
- [0054] Selon un mode de réalisation de l'invention, la gorge peut être positionnée sur la surface de l'évidement la plus proche de l'axe de rotation du rotor (surface inférieure de l'évidement). En effet, l'évidement peut être délimité par une surface supérieure et une surface inférieure, la surface supérieure étant plus éloignée de l'axe du rotor que la surface inférieure. Ce mode de réalisation permet une réalisation plus facile.
- [0055] De manière préférentielle, la gorge peut être positionnée sur la surface de l'évidement la plus éloignée de l'axe de rotation du rotor (surface supérieure de l'évidement) pour permettre un contact facilité entre la surface supérieure de l'évidement et l'aimant à l'aide de la force centrifuge qui a tendance à naturellement pousser l'aimant vers la surface supérieure.
- [0056] De manière avantageuse, les aimants permanents peuvent être prismatiques ou non prismatiques. Les aimants permanents prismatiques permettent une réalisation simple de l'invention. Les aimants non prismatiques peuvent être réalisés par exemple par usinage ou par des techniques de frittage des poudres ou par une injection. De plus, les aimants non prismatiques peuvent s'adapter à des évidements de forme complexe, par

exemple à des évidements servant à former des barrières de flux de forme concave (dont la ligne médiane, c'est-à-dire la ligne du milieu, est concave et de préférence sans discontinuités).

- [0057] On appelle « ligne médiane » une ligne qui est à égale distance des bords de la barrière flux (qui font respectivement face au centre et à la périphérie du rotor), cette ligne médiane est définie dans une section transversale du rotor (c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire à l'axe du rotor).
- [0058] Par ligne « sans discontinuités », on entend que la ligne concernée est entièrement dérivable et qu'il n'existe pas de point où la dérivée d'un côté du point n'est pas égale à la dérivée de l'autre côté du point. Lorsqu'une barrière de flux est formée d'une pluralité d'évidements séparés notamment par au moins un pont magnétique, la ligne médiane traverse également le pont magnétique. Autrement dit, un pont magnétique ne forme pas une discontinuité de la ligne médiane.
- [0059] Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, chaque pôle magnétique peut comprendre une unique barrière de flux comprenant deux évidements latéraux, chaque évidement latéral comprenant un aimant permanent prismatique. Chaque évidement latéral s'étend entre deux surfaces, une surface supérieure et une surface inférieure, les deux surfaces étant de préférence parallèles entre elles. Ainsi, le rotor peut être un rotor en V avec collage pour limiter le nombre d'aimants à mettre place dans le rotor.
- [0060] De préférence, chaque évidement peut comprendre plusieurs gorges, chaque gorge étant remplie de colle, pour la fixation de l'aimant permanent dans l'évidement. L'utilisation de plusieurs gorges remplies de colle permet d'augmenter la force adhésive et d'augmenter la surface de collage entre le corps de rotor et l'aimant permanent. Augmenter la force adhésive est particulièrement avantageuse en cas de fortes vibrations prévues en fonctionnement. La colle peut alors être limitée aux différentes gorges : il n'y a pas de colle en dehors des zones des gorges, de manière à faciliter le démontage et le recyclage de l'aimant permanent.
- [0061] Lorsque plusieurs gorges remplies de colle sont mises en place sur un même évidement, les gorges peuvent toutes être positionnées sur la surface de l'évidement la plus proche de l'axe de rotation du rotor (surface inférieure de l'évidement) ou sur la surface la plus éloignée de l'axe de rotation du rotor (surface supérieure de l'évidement). Alternativement, au moins une gorge peut être positionnée sur la surface de l'évidement la plus proche de l'axe de rotation du rotor (surface inférieure de l'évidement) et au moins une autre gorge peut être positionnée sur la surface de l'évidement la plus éloignée de l'axe de rotation du rotor (surface supérieure de l'évidement).
- [0062] La [Fig.5] illustre, de manière schématique et non limitative, un rotor pour machine

électrique selon l'invention.

- [0063] Le rotor comprend un corps de rotor 7 composé de tôles laminées en matériau ferro-magnétique. Le corps de rotor 7 comprend quatre pôles magnétiques P (mais pourrait comprendre un nombre de pôles magnétiques différent, le nombre de pôles étant un multiple de deux).
- [0064] Chaque pôle magnétique P représenté sur la figure comprend une seule et unique barrière de flux (mais pourrait comprendre plusieurs barrières de flux positionnées radialement les unes au-dessus des autres).
- [0065] La barrière de flux magnétique de chaque pôle magnétique P comprend ici deux évidements latéraux 1 et un aimant permanent 6 est inséré dans chacun des évidements latéraux 1 de chaque pôle magnétique P. Alternativement, les barrières de flux pourraient comprendre un seul évidement ou plus de deux évidements et/ou certains évidements pourraient ne pas comprendre d'aimants permanents.
- [0066] Chaque évidement latéral 1 est délimité par une surface supérieure 2 et une surface inférieure 3.
- [0067] Les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 des évidements sont définies par rapport à des droites radiales (représentées par le trait mixte) passant par le centre C (par l'axe de rotation du rotor). La droite radiale coupe la surface inférieure en un point 11 et coupe la surface supérieure en un point 10. On parle de surface supérieure lorsque le point 10 se trouve à une distance du centre C supérieure à la distance du point 11 au centre C. À l'inverse, on parle de surface inférieure lorsque le point 11 se trouve à une distance du centre C inférieure à la distance du point 10 au centre C.
- [0068] Le corps de rotor 7 est délimité par un diamètre interne 8, apte à s'engager sur un axe de rotor (non représenté) et par un diamètre externe 9, apte à s'introduire dans le stator (non représenté) coaxial et entourant le rotor. Le stator et le rotor forment ainsi une machine électrique et plus particulièrement une machine électrique de type synchro-réductante.
- [0069] Chaque évidement 1 dans lequel un aimant permanent 6 est inséré comprend une gorge 4, qui est remplie de colle pour le maintien de l'aimant permanent 6 dans le corps de rotor 7.
- [0070] En dehors de la gorge 4 remplie de colle, le volume de l'évidement 1 qui n'est pas rempli par l'aimant permanent 6, notamment, les volumes d'extrémité 12, ne sont pas remplis de colle et sont donc des zones libres où de l'air peut circuler, facilitant le refroidissement des aimants permanents. Ainsi, la zone de collage entre chaque évidement 1 et l'aimant permanent 6 qui y est inséré est limitée à la gorge 4.
- [0071] Tel que représenté sur la figure, chaque gorge 4 est positionnée sur la surface supérieure 2 de chaque évidement 1 mais pourrait également être implantée sur la surface inférieure 3 de chaque évidement 1. De même, chaque évidement 1 pourrait

comprendre plusieurs gorges 4 implantées sur la surface supérieure 2 et/ou sur la surface inférieure 3.

[0072] La [Fig.1] illustre, de manière schématique et non limitative, un exemple d'évidement avec gorge d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[0073] L'évidement 1 représenté comprend une surface supérieure 2 et une surface inférieure 3, qui sont ici parallèles entre elles (elles pourraient ne pas être parallèles). Tel que représenté, les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 sont planes et donc l'évidement 1 est adapté à la mise en place d'aimants permanents prismatiques. Bien entendu, les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 pourraient être générées à partir de lignes incurvées, notamment concaves, s'étendant sur toute la longueur axiale du corps de rotor, de manière à s'adapter à des aimants permanents non prismatiques, permettant ainsi d'augmenter les performances électromagnétiques de la machine électrique.

[0074] L'évidement 1 comprend une gorge 4 formant un creux dans le corps de rotor. Ici, la gorge 4 est positionnée sur la surface supérieure 2 mais pourrait alternativement être positionnée sur la surface inférieure 3.

[0075] La gorge 4 est un profil arrondi, formant un arc de cercle, de rayon R prédéterminé et de profondeur maximale prédéterminée L_p . La profondeur maximale prédéterminée correspond à la distance entre le fond de la gorge 4 formant un arc de cercle et la surface supérieure 2 (mais pourrait être la surface inférieure si la gorge 4 y était positionnée). Par exemple, la profondeur maximale prédéterminée L_p est comprise entre 0,5 mm et 2 mm. Alternativement, la gorge pourrait être réalisée par une rainure de section rectangulaire ou carrée notamment ou sensiblement parallélépipédique, de préférence, avec des formes d'arrêtes arrondies. La profondeur maximale prédéterminée serait alors la distance entre le fond de la rainure et la surface supérieure de l'évidement (mais pourrait être la surface inférieure si la rainure y était positionnée).

[0076] De plus, la largeur L de la gorge au niveau de l'interface avec l'aimant permanent, forme une zone de collage réduite, c'est-à-dire une surface de collage qui représente moins de 50% de la surface extérieure de l'aimant permanent.

[0077] La [Fig.2] illustre, de manière schématique et non limitative, un premier exemple de montage d'un aimant permanent 6 dans un évidement 1 d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[0078] L'évidement 1 représenté comprend une surface supérieure 2 et une surface inférieure 3, qui sont ici parallèles entre elles mais pourraient ne pas être parallèles. Tel que représenté, les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 sont planes et donc l'évidement 1 est adapté à la mise en place d'aimants permanents prismatiques. Bien entendu, les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 pourraient être générées à partir de lignes incurvées, notamment concaves, s'étendant sur toute la longueur axiale du corps de rotor, de manière à s'adapter à des aimants permanents non prismatiques, permettant

ainsi d'augmenter les performances électromagnétiques de la machine électrique.

[0079] L'évidement 1 comprend une gorge 4 formant un creux dans le corps de rotor. Ici, la gorge 4 est positionnée sur la surface supérieure 2 mais pourrait alternativement être positionnée sur la surface inférieure 3.

[0080] La gorge 4 est un profil arrondi, formant un arc de cercle, de rayon R prédéterminé et de profondeur maximale prédéterminée L_p . La profondeur maximale prédéterminée correspond à la distance entre le fond de la gorge 4 formant un arc de cercle et la surface supérieure 2 (mais pourrait être la surface inférieure si la gorge 4 y était positionnée) et donc à la distance maximale entre le fond de la gorge 4 et l'aimant permanent 6. Par exemple, la profondeur maximale prédéterminée L_p est comprise entre 0,5 mm et 2 mm. Alternativement, la gorge pourrait être réalisée par une rainure de section rectangulaire ou carrée notamment ou sensiblement parallélépipédique, de préférence, avec des formes d'arrêtes arrondies. La profondeur maximale prédéterminée serait alors la distance entre le fond de la rainure et la surface supérieure de l'évidement (mais pourrait être la surface inférieure si la rainure y était positionnée) et correspond alors à la distance maximale entre le fond de la rainure et l'aimant permanent 6.

[0081] De plus, la largeur L de la gorge au niveau de l'interface avec l'aimant permanent, forme une zone de collage réduite. La largeur de la gorge L est inférieure à 50% de la largeur de l'aimant permanent L_2 . Ainsi, la surface de collage représente moins de 50% de la surface

[0082] extérieure, de préférence moins de 50% de la surface supérieure ou de la surface inférieure sur laquelle est implantée la gorge.

[0083] L'aimant permanent 6, ici prismatique, est inséré dans l'évidement 1 et de la colle 5 est mise en place dans la gorge 4 pour le maintien en position de l'aimant permanent 6 dans l'évidement 1. On pourrait alternativement mettre de la colle dans la gorge de l'évidement et insérer ensuite les aimants permanents dans l'évidement.

[0084] La zone de colle 5 est limitée à la gorge 4. Notamment, il n'y a pas de colle dans les volumes d'extrémité 12 de l'évidement 1, situés de part et d'autre de l'aimant permanent 6.

[0085] La [Fig.3] illustre, de manière schématique et non limitative, un deuxième exemple de montage d'un aimant permanent 6 dans un évidement 1 d'un rotor pour machine électrique selon l'invention.

[0086] L'évidement 1 représenté comprend une surface supérieure 2 et une surface inférieure 3, qui sont parallèles entre elles (mais qui pourraient ne pas être parallèles). Tel que représenté, les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 sont planes et donc l'évidement 1 est adapté à la mise en place d'aimants permanents prismatiques. Bien entendu, les surfaces supérieure 2 et inférieure 3 pourraient être générées à partir de

lignes incurvées, notamment concaves, s'étendant sur toute la longueur axiale du corps de rotor, de manière à s'adapter à des aimants permanents non prismatiques, permettant ainsi d'augmenter les performances électromagnétiques de la machine électrique.

- [0087] L'évidement 1 comprend une gorge 4 formant un creux dans le corps de rotor. Ici, la gorge 4 est positionnée sur la surface inférieure 3.
- [0088] La gorge 4 est un profil arrondi, formant un arc de cercle, de rayon R prédéterminé et de profondeur maximale prédéterminée L_p .
- [0089] La profondeur maximale prédéterminée correspond à la distance entre le fond de la gorge 4 formant un arc de cercle et la surface supérieure 2 (mais pourrait être la surface inférieure si la gorge 4 y était positionnée) et donc à la distance maximale entre le fond de la gorge 4 et l'aimant permanent 6. Par exemple, la profondeur maximale prédéterminée L_p est comprise entre 0,5 mm et 2 mm. Alternativement, la gorge pourrait être réalisée par une rainure de section rectangulaire ou carrée notamment ou sensiblement parallélépipédique, de préférence, avec des formes d'arrêtes arrondies. La profondeur maximale prédéterminée serait alors la distance entre le fond de la rainure et la surface supérieure de l'évidement (mais pourrait être la surface inférieure si la rainure y était positionnée) et correspond alors à la distance maximale entre le fond de la rainure et l'aimant permanent 6.
- [0090] De plus, la largeur L de la gorge au niveau de l'interface avec l'aimant permanent, forme une zone de collage réduite. La largeur de la gorge L est inférieure à 50% de la largeur de l'aimant permanent L_2 . Ainsi, la surface de collage représente moins de 50% de la surface extérieure, de préférence moins de 50% de la surface supérieure ou de la surface inférieure sur laquelle est implantée la gorge.
- [0091] L'aimant permanent 6, ici prismatique, est inséré dans l'évidement 1 et de la colle 5 est mise en place dans la gorge 4 pour le maintien en position de l'aimant permanent, 6 dans l'évidement 1.
- [0092] La zone de colle 5 est limitée à la gorge 4. Notamment, il n'y a pas de colle dans les volumes d'extrémité 12 de l'évidement 1, situés de part et d'autre de l'aimant permanent 6.
- [0093] Le [Fig.4] illustre, de manière schématique et non limitative, un aimant permanent avec sa zone de collage selon l'invention.
- [0094] L'aimant permanent 6 représenté est prismatique mais il pourrait être de forme non prismatique pour augmenter les performances électromagnétiques de la machine électrique.
- [0095] L'aimant permanent 6 est enduit de colle 5 sur la zone représentée en noire sur la figure, cette zone s'étendant sur toute la longueur de l'aimant permanent (qui correspond à la longueur axiale du corps de rotor le long de l'axe de rotation du rotor).

Cette zone de colle 5 est réduite et ne recouvre pas toute la surface extérieure de l'aimant. La largeur de colle L au niveau de l'interface entre la gorge (dans laquelle la colle est mise en place) et l'aimant permanent 6 est inférieure à la largeur L2 de l'aimant. La largeur L de colle 5 représente moins de 50% de la largeur L2 de l'aimant permanent 6 et ici elle représente moins de 25% de la largeur L2 de l'aimant permanent 6.

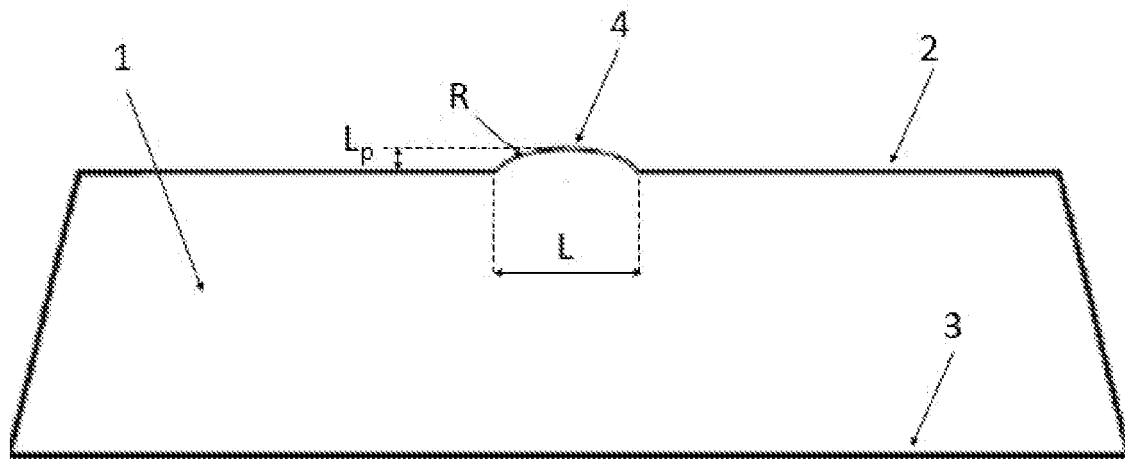
[0096] Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux seules formes de réalisation décrites ci-dessus à titre d'exemple, elle embrasse au contraire toutes les variantes de réalisation.

Revendications

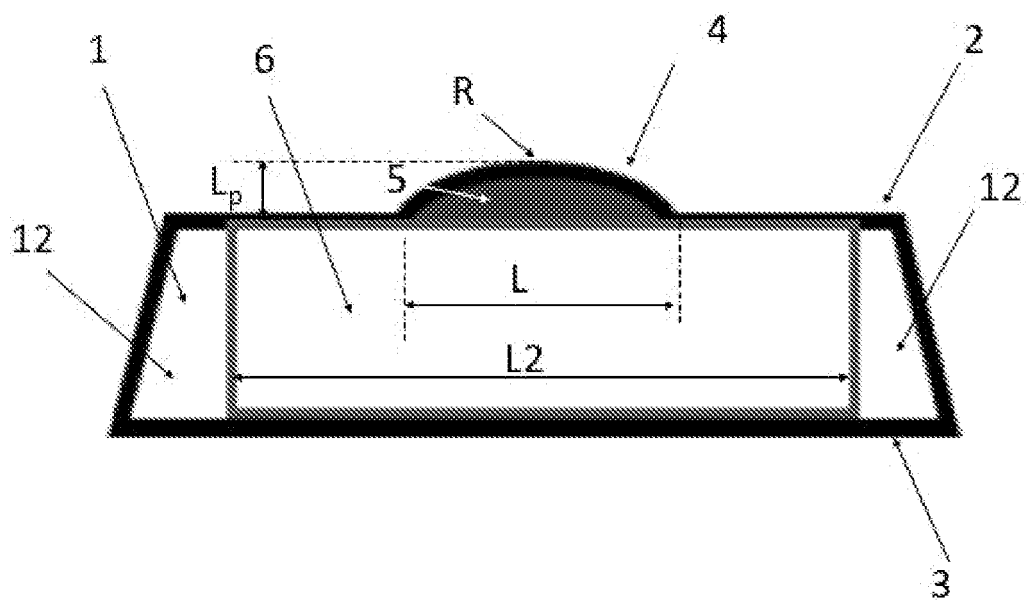
- [Revendication 1] Rotor de machine électrique comprenant :
- un corps de rotor (7), formé par un empilage de tôles, de préférence configuré pour être positionné sur un arbre de rotor, et
 - une pluralité de paires de pôles magnétiques (P) répartis circonférentiellement sur le corps de rotor (7), chaque pôle magnétique (P) comprenant au moins une barrière de flux, de préférence au moins deux barrières de flux situées radialement les unes au-dessus des autres, chaque barrière de flux comprenant au moins un évidement (1), chaque pôle magnétique (P) comprenant au moins un aimant permanent (6) dans un évidement (1),
- caractérisé en ce que chaque évidement (1) dans lequel est inséré un aimant permanent (6) comporte en outre une gorge (4), la gorge (4) étant remplie de composant adhésif (5) pour la fixation de l'aimant permanent (6) dans l'évidement (1).
- [Revendication 2] Rotor selon la revendication 1, dans lequel la gorge a une profondeur maximale prédéfinie (L_p), de préférence, la gorge (4) étant définie par un profil arrondi en arc de cercle ou par une rainure.
- [Revendication 3] Rotor selon l'une des revendications précédentes pour laquelle la largeur (L) de la gorge (4) est inférieure à 50% de la largeur (L_2) de l'aimant permanent (6).
- [Revendication 4] Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la profondeur maximale prédéfinie (L_p) est comprise entre 0,5 et 2 mm, de préférence entre 0,8 et 1,2 mm.
- [Revendication 5] Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la gorge (4) est positionnée sur la surface de l'évidement la plus proche de l'axe de rotation du rotor (2).
- [Revendication 6] Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les aimants permanents (6) sont prismatiques ou non prismatiques.
- [Revendication 7] Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque pôle magnétique (P) comprend une unique barrière de flux comprenant deux évidements latéraux (1), chaque évidement latéral (1) comprenant un aimant permanent (6) prismatique.
- [Revendication 8] Rotor selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chaque évidement (1) comprend plusieurs gorges (4), chaque gorge (4) étant remplie de composant adhésif (5).
- [Revendication 9] Machine électrique comprenant un stator et un rotor selon l'une des re-

[Revendication 10] vendications précédentes, ledit rotor étant logé à l'intérieur dudit stator.
Machine électrique selon la revendication 9, pour laquelle ladite machine électrique est du type machine électrique synchro-réductante.

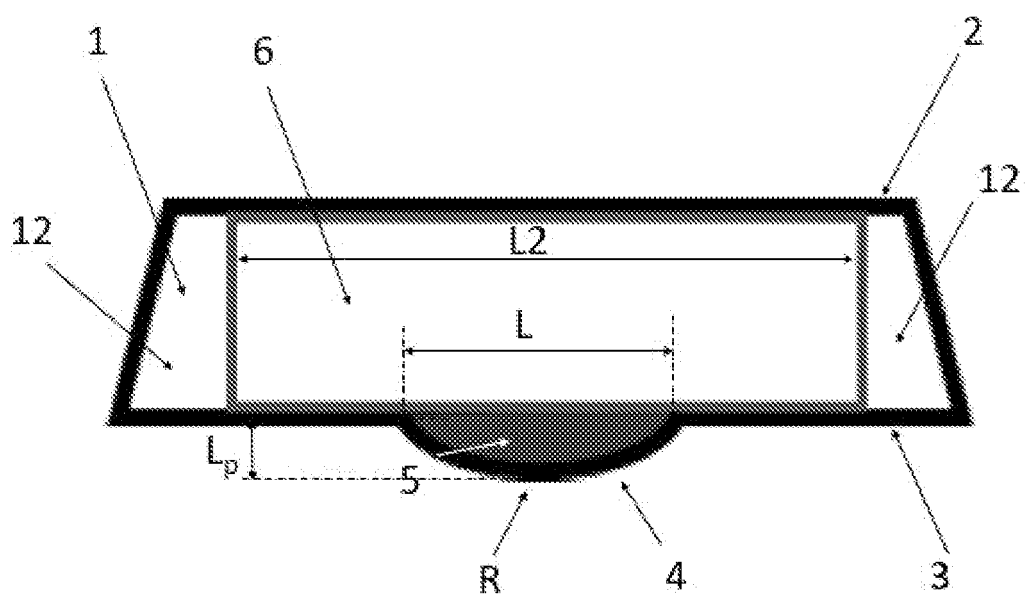
[Fig. 1]



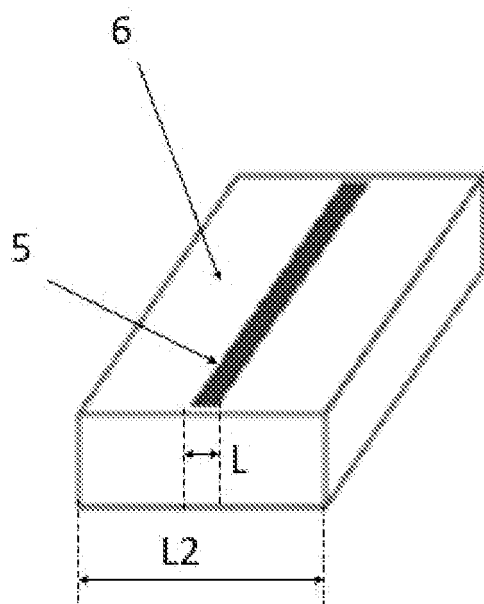
[Fig. 2]



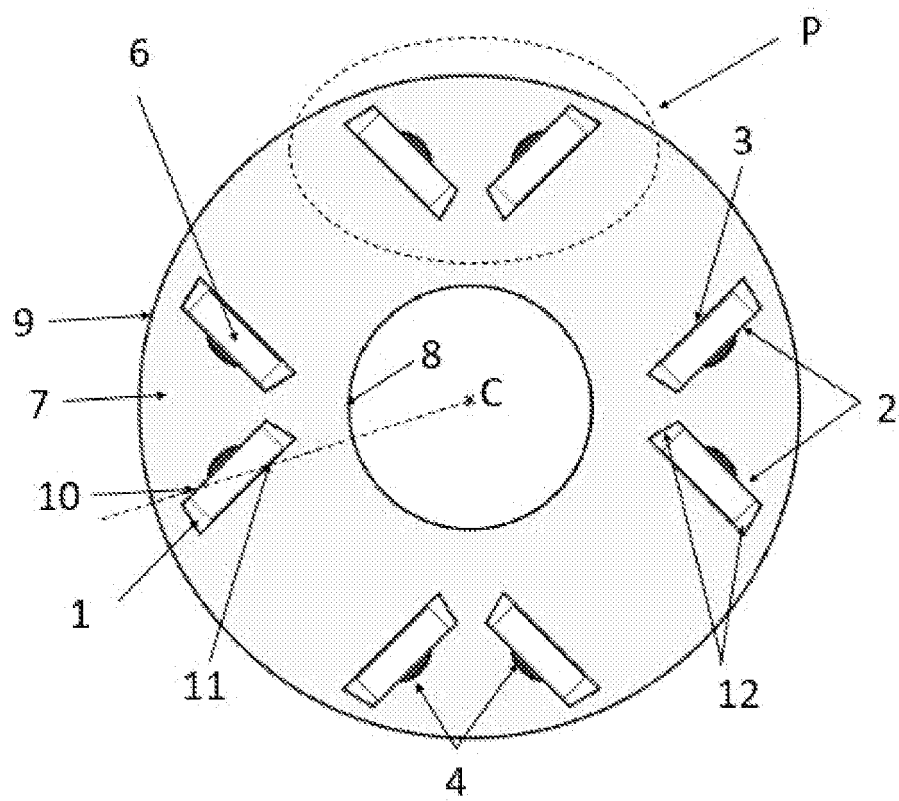
[Fig. 3]



[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 913754
FR 2213153

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	EP 4 037 155 A1 (MIKUNI KOGYO KK [JP]; UNIV GUNMA NAT UNIV CORP [JP]) 3 août 2022 (2022-08-03) * alinéas [0025], [0059], [0069] - alinéas [0074], [0082]; figures 7-10 * -----	1-7, 9, 10	H02K1/27 H02K21/02 H02K21/14
X	US 2019/123606 A1 (ARAI LEO [JP]) 25 avril 2019 (2019-04-25) * alinéa [0047]; figures 3, 4, 5 * -----	1, 2, 4-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H02K
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 juin 2023		Fernandez, Victor	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2213153 FA 913754**

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 **20-06-2023**
 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
EP 4037155	A1	03-08-2022	CN	114825704 A	29-07-2022
			EP	4037155 A1	03-08-2022
			JP	2022116563 A	10-08-2022
			US	2022247268 A1	04-08-2022

US 2019123606	A1	25-04-2019	CN	109698591 A	30-04-2019
			CN	208797797 U	26-04-2019
			DE	102018007986 A1	25-04-2019
			JP	6622776 B2	18-12-2019
			JP	2019080381 A	23-05-2019
			US	2019123606 A1	25-04-2019
