

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 847 341

21 N° d'enregistrement national : 03 13239

51 Int Cl⁷ : G 01 L 3/10, G 01 L 5/22, B 62 D 5/06, 6/10

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 12.11.03.

30 Priorité : 14.11.02 JP 02330462; 14.11.02 JP 02330461.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 21.05.04 Bulletin 04/21.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : DENSO CORPORATION — JP et NIPPON SOKEN INC — JP.

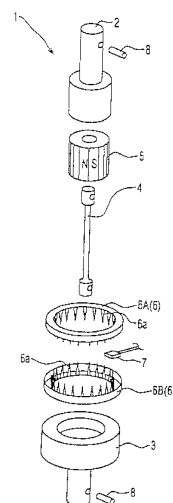
72 Inventeur(s) : NAKANE NAOKI et FUKAYA SHIGE-TOSHI.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : CABINET PLASSERAUD.

54 CAPTEUR DE COUPLE A BAGUES MAGNETIQUES.

57 Capteur (1) de couple, constitué par un aimant (5), un ensemble de bagues magnétiques (6) et un capteur magnétique (7). Les bagues magnétiques (6) comportent des griffes (6a) réparties à intervalles réguliers autour de celles-ci. Chacune des griffes (6a) d'une des bagues (6A) est intercalée entre deux, adjacentes, des griffes (6a) de l'autre bague (6B). Au moment de l'application d'un couple, l'aimant (5) est amené à tourner par rapport à l'ensemble de bagues (6), ce qui fait changer la densité du flux magnétique en fonction du couple détecté par le capteur magnétique (7). Chacune des griffes (6a) a une forme géométrique permettant d'accroître la densité du flux magnétique circulant dans l'ensemble de bagues (6), ce qui améliore la sensibilité du capteur (1).



FR 2 847 341 - A1



CAPTEUR DE COUPLE A BAGUES MAGNETIQUES

La présente invention concerne d'une façon générale un capteur
5 de couple qui peut servir à mesurer un couple transmis à un arbre de direction de dispositifs électriques de direction assistée pour automobiles et, plus particulièrement, une structure perfectionnée d'un tel capteur de couple, qui est simple et a un fonctionnement très fiable.

La première publication de brevet japonais n° 8-159887 propose
10 un capteur de couple comprenant un aimant et un capteur magnétique. L'aimant et le capteur magnétique sont fixés aux extrémités d'une barre de torsion de manière à se déplacer l'un par rapport à l'autre au moment d'une torsion de la barre de torsion. Le capteur magnétique sert à produire un signal de sortie en fonction du couple appliqué à la barre de torsion.

La première publication de brevet japonais n° 6-281513 propose
15 un capteur de couple qui, comme dans la publication ci-dessus, comprend un aimant et un capteur magnétique. Le capteur de couple comprend également un mécanisme de pignon de conversion de couple qui sert à convertir la torsion d'une barre de torsion en mouvement d'un pignon dans une direction longitudinale d'arbres d'entrée et de sortie. Le capteur magnétique est fixé à un boîtier, ce qui supprime la nécessité
20 de pièces de contact électrique telles que des balais et une bague collectrice servant à fournir du courant électrique au capteur magnétique et à intercepter un signal fourni par le capteur magnétique.

Dans le premier capteur de couple, l'aimant et le capteur
25 magnétique sont connectés à la barre de torsion, ce qui nécessite donc des pièces de contact électrique telles que des balais et une bague collectrice servant à fournir du courant électrique et à intercepter un signal fourni par le capteur magnétique, ce qui conduit à une plus grande incertitude quant à la fiabilité du capteur.

Le second capteur de couple a l'inconvénient que le jeu ou
30 l'usure du mécanisme de pignon de conversion de couple risque de provoquer une erreur ou un retard de mesure du couple.

L'invention vise donc principalement à éviter les inconvénients de la technique antérieure. L'invention vise également à réaliser un capteur de couple qui ait une structure simple et qui fonctionne d'une manière très fiable.

Selon un premier aspect de l'invention, il est proposé un capteur de couple qui peut servir à mesurer le couple appliqué à un arbre de direction d'un dispositif électrique de direction assistée pour véhicules automobiles. Le capteur de couple comprend : (a) un premier arbre ; (b) un second arbre ; (c) un élément élastique accouplant le premier arbre avec le second arbre de manière mutuellement alignée, au moment de l'application d'un couple, l'élément élastique subissant une torsion ; (d) un élément magnétique dur monté sur le premier arbre, l'élément magnétique dur ayant des pôles magnétiques répartis sur le pourtour de celui-ci pour créer un champ magnétique autour de celui-ci ; (e) un ensemble composé d'un premier et d'un second élément magnétique doux, qui est monté sur le deuxième arbre et disposé autour de l'élément magnétique dur dans le champ magnétique produit par l'élément magnétique dur afin de former un circuit magnétique de façon que, au moment d'un changement de position des premiers et seconds éléments magnétiques par rapport à l'élément magnétique dur du fait de la torsion de l'élément élastique, la densité du flux élastique apparu à l'intérieur du circuit magnétique change ; et (f) un capteur magnétique placé sans contact avec les premiers et seconds éléments magnétiques doux. Le capteur magnétique sert à mesurer la densité du flux magnétique à l'intérieur du circuit magnétique. Les premier et second éléments magnétiques doux sont opposés l'un à l'autre de part et d'autre d'un entrefer donné dans la direction de l'alignement des premier et second arbres. Les premier et second éléments magnétiques doux ont autant de griffes que de pôles de l'élément magnétique dur répartis à intervalles réguliers respectivement sur les pourtours des premier et second éléments magnétiques doux. Chacune des griffes du premier élément magnétique doux est intercalée entre deux griffes adjacentes du second élément magnétique doux. Chacune des griffes a une partie formant base et une partie formant tête de manière à avoir sensiblement une forme trapézoïdale. La base a une largeur A s'étendant dans une direction circonférentielle des premier et second éléments magnétiques doux. La tête a une largeur B s'étendant dans la direction circonférentielle, qui est plus petite que la largeur A . Les largeurs A et B sont choisies de façon à respecter les relations ci-dessous

$$0,6 \times F < L < 1,2 \times F$$

$$A < 0,5 \times P$$

$$B < 0,15 \times P$$

où F désigne une distance entre le premier et le second éléments magnétiques doux dans la direction de l'alignement des premier et second arbres, L désigne une longueur de chacune des griffes depuis la partie formant base jusqu'à la partie formant tête, et P désigne une distance entre l'un des bords extérieurs de chacune des griffes du premier élément magnétique doux et l'un des bords extérieurs de l'une, adjacente, des griffes du second élément magnétique qui se trouve du même côté que le premier élément magnétique doux dans la direction circonférentielle des premier et second éléments magnétiques doux.

Au moment de l'application d'un couple, l'élément élastique se tord, ce qui provoque un changement de position entre l'ensemble constitué par le premier et le second éléments magnétiques doux et l'élément magnétique dur, si bien que la densité du flux magnétique circulant dans le circuit magnétique change. Le capteur magnétique réagit à ce changement en produisant un signal de sortie en fonction du couple appliqué à l'élément élastique. Cette structure supprime la nécessité que le capteur magnétique mesure la densité du flux magnétique directement à la sortie de l'élément magnétique dur, ce qui permet donc au capteur magnétique d'être installé de manière à être fixe. Cela supprime la nécessité de pièces électriques utilisées au contact du capteur magnétique, aboutissant ainsi à une plus grande fiabilité de fonctionnement du capteur de couple.

En outre, le respect de la relation ci-dessus entre les largeurs A et B , la distance F , la longueur L et la distance P permet de choisir l'intervalle entre le haut des griffes du premier élément magnétique doux et du second élément magnétique doux et l'intervalle entre deux griffes adjacentes des premier et second éléments magnétiques doux de manière à accroître la densité du flux magnétique produit dans les premier et second éléments magnétiques doux. Il en résulte une meilleure sensibilité du capteur magnétique.

Dans la forme de réalisation préférée de l'invention, le capteur de couple peut comporter en outre des éléments magnétiques doux auxiliaires ayant respectivement des parties collectrices de flux magnétique qui servent à recueillir le flux magnétique provenant des premier et second éléments magnétiques doux au niveau du capteur magnétique. Cela permet au capteur magnétique de mesurer la moyenne de la densité du flux magnétique produit sur le pourtour de l'ensemble constitué par les premier et second éléments magnétiques doux.

Chacun des premier et second éléments magnétiques doux comporte une collerette de forme annulaire à laquelle sont fixées les griffes. La base

de chacune des griffes s'étend depuis la collerette de forme annulaire. La tête s'étend depuis la base. Cette structure facilite la mise en place à intervalles égaux des griffes sur le pourtour de chacun des premier et second éléments magnétiques doux.

Le capteur magnétique est disposé dans l'entrefer précité entre les premier et second éléments magnétiques doux afin de mesurer la densité du flux magnétique circulant entre les premier et second éléments magnétiques doux. En particulier, lorsque la torsion de l'élément élastique provoque un déplacement de l'élément magnétique dur par rapport à l'ensemble constitué par les premier et second éléments magnétiques doux, les griffes du premier élément magnétique doux se rapprochent des pôles *N* ou des pôles *S*, tandis que les griffes du second élément magnétique doux se rapprochent des pôles *S* ou des pôles *N* de l'élément magnétique dur, ce qui amène donc les flux magnétiques à avoir des polarités opposées pour circuler respectivement dans le premier et le second éléments magnétiques doux. Cela provoque la création de densités positive et négative des flux magnétiques dans l'entrefer entre les premier et second éléments magnétiques doux, lesquelles sont sensiblement proportionnelles au degré de torsion de l'élément élastique. La détermination du degré de flux magnétique proportionnel au degré de torsion de l'élément élastique est ainsi réalisée en exposant le capteur magnétique aux flux magnétiques entre les premier et second éléments magnétiques doux.

Les parties collectrices de flux magnétique des éléments magnétiques doux auxiliaires sont en regard l'une de l'autre dans la direction d'alignement du premier et du second arbres. Le capteur magnétique est intercalé entre les parties collectrices de flux magnétique pour mesurer la densité du flux magnétique circulant entre les premier et second éléments magnétiques doux via les parties collectrices de flux magnétique. Cela accroît l'efficacité de la mesure de la densité des flux magnétiques.

Selon un autre aspect de l'invention, il est proposé un capteur de couple qui comprend : (a) un premier arbre ; (b) un second arbre ; (c) un élément élastique accouplant le premier arbre avec le second arbre de manière mutuellement alignée, au moment de l'application d'un couple, l'élément élastique subissant une torsion ; (d) un élément magnétique dur monté sur le premier arbre, l'élément magnétique dur ayant des pôles magnétiques répartis sur le pourtour de celui-ci pour créer un champ magnétique autour de celui-ci ; (e) un ensemble composé d'un premier et d'un second élément magnétique doux, qui est monté sur le deuxième arbre et disposé autour de l'élément magnétique dur dans le champ magnétique

produit par l'élément magnétique dur afin de former un circuit magnétique de façon que, au moment d'un changement de position des premiers et seconds éléments magnétiques par rapport à l'élément magnétique dur du fait de la torsion de l'élément élastique, la densité du flux élastique apparu à l'intérieur du circuit magnétique change ; et (f) un capteur magnétique placé sans contact avec les premiers et seconds éléments magnétiques doux. Le capteur magnétique sert à mesurer la densité du flux magnétique à l'intérieur du circuit magnétique. Les premier et second éléments magnétiques doux sont opposés l'un à l'autre de part et d'autre d'un entrefer donné dans la direction de l'alignement des premier et second arbres. Les premier et second éléments magnétiques doux ont autant de griffes que de pôles de l'élément magnétique dur répartis à intervalles réguliers respectivement sur les pourtours des premier et second éléments magnétiques doux. Chacune des griffes du premier élément magnétique doux est intercalée entre deux, adjacentes, des griffes du second élément magnétique doux. Chacune des griffes a une partie formant base et une partie formant tête. La partie formant base a une largeur A s'étendant dans une direction circonférentielle des premier et second éléments magnétiques doux, laquelle largeur est plus grande qu'une largeur de la partie formant tête s'étendant dans la direction circonférentielle. La largeur A et une distance P entre l'un des bords extérieurs de chacune des griffes du premier élément magnétique doux et l'un des bords extérieurs de l'une, adjacente, des griffes du second élément magnétique qui se trouve du même côté que le premier élément magnétique doux dans la direction circonférentielle des premier et second éléments magnétiques doux respectent une relation $0,5 \times P < A < P$.

Au moment de l'application d'un couple, l'élément élastique se tord, ce qui provoque un changement de position entre l'ensemble constitué par le premier et le second éléments magnétiques doux et l'élément magnétique dur, si bien que la densité du flux magnétique circulant dans le circuit magnétique change. Le capteur magnétique réagit à ce changement en produisant un signal de sortie en fonction du couple appliqué à l'élément élastique. Cette structure supprime la nécessité que le capteur magnétique mesure la densité du flux magnétique directement à la sortie de l'élément magnétique dur, ce qui permet donc au capteur magnétique d'être installé de manière à être fixe. Cela supprime la nécessité de pièces électriques utilisées au contact du capteur magnétique, aboutissant ainsi à une plus grande fiabilité de fonctionnement du capteur de couple.

En outre, le respect de la relation ci-dessus entre la largeur A et la distance P assure une meilleure linéarité d'une variation de densité du flux magnétique à mesurer par le capteur magnétique.

Dans la forme préférée de réalisation de l'invention, le capteur de couple peut comporter en outre un élément magnétique doux auxiliaire qui possède une partie collectrice de flux magnétique servant à recueillir le flux magnétique provenant des premier et second éléments magnétiques doux au niveau du capteur magnétique. Cela permet au capteur magnétique de mesurer la moyenne de la densité du flux magnétique produit sur le pourtour de l'ensemble constitué par le premier et le second éléments magnétiques doux.

L'invention et nombre des avantages qui s'y attachent apparaîtront facilement plus clairement en référence à la description détaillée ci-après, faite en considération des dessins annexés, sur lesquels :

la Fig. 1 est une vue éclatée en perspective qui représente un capteur de couple selon la première forme de réalisation de l'invention ;

la Fig. 2 est une vue en coupe longitudinale qui représente le capteur de couple illustré sur la Fig. 1 ;

la Fig. 3 (a) est une vue en coupe transversale qui représente un ensemble d'aimant et un ensemble de bagues magnétiques installés dans le capteur de couple de la Fig. 1 ;

la Fig. 3 (b) est une vue latérale de la Fig. 3 (a) ;

les Fig. 4 (a), 4 (b) et 4 (c) sont des vues dont chacune représente une relation de position entre l'aimant et les bagues magnétiques illustrés sur les Fig. 3 (a) et 3 (b) ;

la Fig. 4 (d) est une courbe qui illustre une relation entre la densité du flux magnétique et un angle de torsion d'une barre de torsion (c'est-à-dire un décalage angulaire entre l'aimant et les bagues magnétiques représentées sur les Fig. 3 (a) et 3 (b)) en fonction d'une température ambiante ;

la Fig. 5 est une vue agrandie qui représente des bagues magnétiques ;

la Fig. 6 est une courbe qui illustre une relation entre la densité du flux magnétique et un angle de torsion d'une barre de torsion (c'est-à-dire un décalage angulaire entre l'aimant et les bagues magnétiques illustrés sur les Fig. 3 (a) et 3 (b)) ; et

la Fig. 7 est une vue éclatée en perspective qui représente un capteur de couple selon la deuxième forme de réalisation de l'invention.

Considérant les dessins, sur lesquels les mêmes repères désignent des pièces identiques sur plusieurs vues, en particulier la Fig. 1, il y est représenté un capteur 1 de couple selon la première forme de réalisation de l'invention, qui peut être employé dans un dispositif électrique de direction assistée pour véhicules automobiles. La présentation qui suit concerne, à titre d'exemple, un cas dans lequel le capteur 1 de couple est installé dans le dispositif électrique de direction assistée.

Le capteur 1 de couple est disposé entre un arbre d'entrée 2 (c'est-à-dire un arbre de direction du véhicule) et un arbre de sortie 3 et sert à mesurer le couple transmis à l'arbre d'entrée 2, qui est produit en tournant un volant du véhicule.

Le capteur 1 de couple est essentiellement constitué par une barre de torsion 4 (élément élastique), un ensemble d'aimant 5 en matière magnétique dure, une paire de culasses magnétiques 6 en matière magnétique douce et un capteur magnétique 7. La barre de torsion 4 accouple l'arbre d'entrée 2 et l'arbre de sortie 3 l'un avec l'autre, dans l'alignement l'un de l'autre. L'ensemble d'aimant est installé à une extrémité de l'arbre d'entrée 2. Les culasses magnétiques 6 sont retenues par un support 9 de culasses et sont montées à une extrémité de l'arbre de sortie 3. Le capteur magnétique 7 sert à mesurer la densité du flux magnétique circulant entre les culasses magnétiques 6.

La barre de torsion 4, à ses extrémités, est montée sur l'arbre d'entrée 2 et l'arbre de sortie 3 à l'aide de goupilles 8 de façon à présenter une caractéristique requise de couple d'entrée par rapport à la torsion. La torsion de la barre de torsion 4 amène l'arbre d'entrée 2 à tourner ou à se tordre par rapport à l'arbre de sortie 3.

L'ensemble d'aimant 5 a une forme annulaire et, par exemple, est constitué de vingt-quatre (24) pôles ayant des faces *N* et des faces *S* réparties en alternance sur le pourtour extérieur de celui-ci.

Comme représenté sur la Fig. 1, les deux culasses magnétiques 6 (également désignées par 6A et 6B ci-après), sont constituées par des éléments annulaires disposés au voisinage du pourtour de l'ensemble d'aimant 5. Chacune des culasses magnétiques 6 est constituée par une collerette annulaire et par autant de griffes 6A qu'il y a de pôles (pôles *N* et *S*) de l'ensemble d'aimant 5, réparties à

intervalles réguliers sur le pourtour de la collerette. Le support 9 de culasses, comme représenté sur la Fig. 2, retient les culasses magnétiques 6 de façon que chacune des griffes 6A d'une des culasses magnétiques 6 soit située entre deux, adjacentes, des griffes de l'autre culasse magnétique 6 dans une direction circonférentielle de celles-ci.

Les culasses magnétiques 6 et l'ensemble d'aimant 5 sont disposés de façon que chacun des axes longitudinaux centraux des griffes 6A des culasses magnétiques 6, comme représenté clairement sur la Fig. 3 (b), coïncide avec une limite du pôle *N* et du pôle *S* dans le cas où la barre de torsion 4 n'est pas tordue, c'est-à-dire qu'aucune torsion ni aucun couple n'est produit entre les arbres d'entrée et de sortie 2 et 3.

Comme représenté clairement sur la Fig. 3, le capteur magnétique 7 est disposé dans un entrefer *G* entre les culasses magnétiques 6A et 6B qui sont mutuellement opposées dans une direction longitudinale du capteur 1 de couple (c'est-à-dire une direction d'alignement des arbres d'entrée et de sortie 2 et 3) et il sert à mesurer la densité du flux magnétique circulant entre les culasses magnétiques 6A et 6B. Le capteur magnétique 7 est fixé solidement par un logement (non représenté) de capteur à un intervalle donné à distance des culasses magnétiques 6A et 6B.

Le capteur magnétique 7 peut être constitué par un circuit intégré à effet Hall ou par une magnétorésistance qui sert à convertir la densité du flux magnétique en un signal électrique et à délivrer celui-ci.

En fonctionnement, lorsque le capteur 1 de couple est dans une position neutre dans laquelle le couple n'est pas appliqué à l'arbre d'entrée 2, c'est-à-dire que la barre de torsion 4 n'est pas tordue, l'axe longitudinal central de chacune des griffes 6A des culasses magnétiques 6, comme illustré clairement sur la Fig. 4 (b), coïncide avec l'une des limites des pôles *N* et des pôles *S* de l'ensemble d'aimant 5. Dans ce cas, il passe par les griffes 6A de chacune des culasses magnétiques 6 autant de lignes de force magnétiques qu'il y a de pôles (pôles *N* et *S*) dans l'ensemble d'aimant 5, si bien qu'elles sont fermées dans les culasses magnétiques 6A et 6B. Cela ne provoque aucune fuite de flux magnétique dans l'entrefer *G* entre les culasses magnétiques 6A et 6B, de telle sorte que le capteur magnétique 7 détecte une densité nulle (0) de flux magnétique, comme illustré sur la Fig. 4 (d).

Lorsque le couple est appliqué à l'arbre d'entrée 2, de telle sorte que la barre de torsion 4 se tord, il fait tourner l'ensemble d'aimant 5, installé sur

l'arbre d'entrée 2, par rapport aux culasses magnétiques 6 fixées sur l'arbre de sortie 3, ce qui, comme représenté sur la Fig. 4 (a) ou 4 (c), provoque un décalage entre les griffes 6A et les limites des pôles magnétiques (pôles *N* et *S*) de l'ensemble d'aimant 5, de telle sorte que les lignes de force magnétiques à polarité *N* ou *S* augmentent dans les culasses magnétiques 6. En particulier, les lignes de force magnétiques dans la culasse magnétique 6A ont une polarité inverse de celle des lignes de force magnétiques dans la culasse magnétique 6B, ce qui a pour effet de créer la densité de flux magnétique dans l'entrefer *G* entre les culasses magnétiques 6A et 6B, laquelle, comme représenté sur la Fig. 4 (d), est sensiblement proportionnelle au degré de torsion de la barre de torsion 4 et inverse sa polarité au moment de l'inversion de la direction de torsion de la barre de torsion 4. Le capteur magnétique 7 détecte la densité du flux magnétique et produit un signal électrique indiquant celle-ci.

Ainsi qu'il ressort de la présentation ci-dessus, le capteur 1 de couple est conçu de telle manière que, lorsque la barre de torsion 4 se tord et que l'ensemble d'aimant 5 se décale par rapport aux culasses magnétiques 6 dans la direction circonférentielle de celles-ci, il en résulte un changement de densité du flux magnétique entre les culasses magnétiques 6 sur le pourtour de celles-ci. En particulier, la densité du flux magnétique sera uniforme sur le pourtour des culasses magnétiques 6. Le capteur magnétique 7 peut donc détecter correctement la densité du flux magnétique n'importe où dans l'entrefer *G* entre les culasses magnétiques 6A et 6B sans aucune gêne physique avec les culasses magnétiques 6A et 6B. Cela supprime la nécessité de pièces de contact électriques telles qu'une bague collectrice et des balais dans le capteur magnétique 7 en assurant ainsi la fiabilité du fonctionnement du capteur 1 de couple.

L'inventeur a procédé à des essais, décrits plus loin, portant sur la géométrie des culasses magnétiques 6 afin d'accroître la densité du flux magnétique produit dans celles-ci dans les limites des possibilités de mesure du capteur magnétique 7.

L'inventeur a préparé quelques échantillons des culasses magnétiques 6, comme représenté sur la Fig. 5. Chacune des griffes 6A a une forme sensiblement trapézoïdale et est constituée d'une partie formant base 6a1 et d'une partie formant tête 6a2 et est symétrique par rapport à un axe central de celle-ci s'étendant parallèlement à l'axe longitudinal central du capteur 1 de couple. La partie formant base 6a1 a une largeur *A* plus grande que la largeur *B* de la partie formant tête 6a2 dans la direction circonférentielle des culasses magnétiques 6. Selon une

autre possibilité, la largeur B peut être nulle (0). Autrement dit, chacune des griffes 6A peut avoir une forme sensiblement triangulaire.

Dans les conditions expérimentales où le nombre de pôles de l'ensemble d'aimant 5 est de vingt-quatre (24), le diamètre intérieur r , représenté sur la figure 3 (a), des culasses magnétiques 6 est de 31 mm et la distance F entre les culasses magnétiques 6A et 6B dans la direction parallèle à la direction longitudinale du capteur 1 de couple est de 8 mm, on a fait tourner les échantillons des culasses magnétiques 6 de $2,5^\circ$ par rapport à la position neutre dans la direction circonférentielle de celles-ci et on a mesuré la densité du flux magnétique créé pour différentes valeurs de la largeur A de la partie formant base 6a1, de la largeur B de la partie formant tête 6b2 et de la longueur L des griffes 6a. Les résultats des essais sont présentés sur le tableau 1 ci-après.

Tableau 1

	A (mm)	B (mm)	L (mm)	Densité (mT)
1 ^{er} essai	5,5	1,9	7	14,80
2 ^{ème} essai	5,5	1,9	9	17,14
3 ^{ème} essai	3,7	1,5	5	18,39
4 ^{ème} essai	4,6	1,2	7	19,25
5 ^{ème} essai	3,7	1,9	7	21,10

15

Une comparaison entre le premier et le cinquième essais du tableau 1 fait apparaître que la densité du flux magnétique dans les culasses magnétiques 6 dépend fortement de la largeur A de la partie formant base 6a1 des griffes 6a. Une comparaison entre le premier et le deuxième essai démontre que la densité du flux magnétique dans les bobines magnétiques 6 dépend fortement de la longueur L des griffes 6. On constate ainsi que la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6 est sensible à la largeur A des parties formant bases 6a1 et à la longueur L des griffes 6a.

20

On a ensuite préparé quatre échantillons, énumérés sur le tableau 2 ci-après, qui ont des valeurs différentes de la longueur L des griffes 6a et des valeurs différentes de la largeur A de la partie formant base 6a1 des griffes 6a, on a fait tourner les échantillons des culasses magnétiques 6 de $2,5^\circ$ par rapport à la position neutre et on a mesuré la densité du flux magnétique dans chacun des échantillons dans les mêmes conditions expérimentales que celles décrites plus haut.

25

Tableau 2

			A (mm)		
			1 ^{er} essai	2 ^{ème} essai	3 ^{ème} essai
			3,2	3,7	4,2
L (mm)	1 ^{er} essai	6,5	19,38 (mT)	19,91 (mT)	19,52 (mT)
	2 ^{ème} essai	7,0	20,06 (mT)	20,31 (mT)	19,94 (mT)
	3 ^{ème} essai	7,5	19,56 (mT)	19,78 (mT)	19,84 (mT)
	4 ^{ème} essai	8,0	19,68 (mT)	19,78 (mT)	18,94 (mT)

Le tableau 2 montre que la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6 a une valeur maximale dans le second échantillon dans lequel la longueur L des griffes 6 est de 7,0 mm et la largeur A de la partie formant base 6a1 des griffes 6 est de 3,7 mm.

On constate ainsi qu'une valeur optimale de la longueur L des griffes 6 est de 7 mm.

On va maintenant décrire la théorie sur l'augmentation de la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6.

Lorsque la longueur L des griffes 6 est modifiée proportionnellement à la distance F entre les culasses magnétiques 6A et 6B, la circulation et l'intensité du flux magnétique entre l'ensemble d'aimant 5 et les culasses magnétiques 6 restent inchangées.

Une comparaison entre le second et le troisième essais du tableau 1 montre que l'échantillon dans lequel la longueur L est de 9 mm présente une plus grande densité de flux magnétique que l'échantillon dans lequel la longueur L est de 5 mm. La distance F entre les culasses magnétiques 6A et 6B du capteur 1 de couple selon la présente forme de réalisation a une valeur constante de 8 mm. Ainsi, on obtient des constantes de proportion de la longueur L des griffes 6 à la distance F dans les deuxième et troisième échantillons en divisant la longueur L par 8 mm, ce qui donne les proportions ci-dessous :

$$L (5 \text{ mm}) / F (8 \text{ mm}) = 0,625 \quad (1)$$

$$L (9 \text{ mm}) / F (8 \text{ mm}) = 1,125 \quad (2)$$

Dans la suite de la présentation, deux, adjacentes, des griffes 6a de la culasse magnétique 6B seront, comme représenté sur la Fig. 5, désignées par des repères 61 et 62. Si la largeur A de la partie formant base 6a1 des griffes 6 et la distance P entre le bord le plus à gauche, vu sur le dessin, de la partie formant base 6a1 de la première griffe 61 et le bord le plus à gauche de la partie formant base 6a1 de la seconde griffe 62 sont modifiées, un intervalle entre la première et la seconde griffe 61 et 62 dans la direction circonférentielle des culasses magnétiques 6 change, ce qui provoque un changement de l'intensité du flux magnétique circulant dans l'ensemble d'aimant 5 et les culasses magnétiques 6.

Comme le nombre n de pôles des griffes 6a de chacune des culasses magnétiques 6 est de douze (12), la distance P entre les bords extérieurs des parties formant bases 6a1 des première et seconde griffes 61 et 62 dans la direction circonférentielle des culasses magnétiques 6 peut être exprimée sous la forme

$$P \text{ (mm)} = \pi \times r \text{ (31 mm)} / n \text{ (12)} = 8,11 \quad (3)$$

On constate, comme décrit plus haut, d'après le tableau 2 que le second échantillon dans lequel la longueur L des griffes 6 est de 7,0 mm, et la largeur A des parties formant bases 6a1 des griffes 6 est de 3,7 mm, a une densité maximale de flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6. La densité du flux magnétique produit dans le second échantillon varie comme représenté par une courbe en trait plein sur la Fig. 6. La densité du flux magnétique produit dans le troisième échantillon dans lequel la largeur A est de 4,2 mm varie comme représenté par une sinusoïdale désignée par une courbe en trait discontinu sur la Fig. 6.

Par conséquent, la présente forme de réalisation détermine un seuil (c'est-à-dire une limite supérieure) de la largeur A des parties formant bases 6a des griffes 6 comme étant de 4,2 mm, qui est la largeur utilisée dans le troisième échantillon. Une constante de proportion de la largeur A des parties formant bases 6a1 des griffes 6 par rapport à la distance P entre les bords extérieurs des parties formant base 6a1 de la griffe 61 et de la griffe 62 est donc déterminée sous la forme

$$A \text{ (4,2 mm)} / P \text{ (8,11 mm)} = 0,517 \quad (4)$$

Si la largeur B des parties formant têtes 6a2 des griffes 6 et la distance P entre les bords extérieurs des parties formant bases 6a1 de la première griffe 61 et de la seconde griffe 62 sont modifiées, l'intervalle entre la première et la

seconde griffe 61 et 62 dans la direction circonférentielle des culasses magnétiques 6 change, et il en résulte donc une variation de l'intensité du flux lumineux circulant dans l'ensemble d'aimant 5 et les culasses magnétiques 6.

On constate d'après le tableau 1 que si la largeur B des parties formant têtes 6a2 est accrue de plus de 1,2 mm, la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6 diminue. Par conséquent, la présente forme de réalisation détermine un seuil de la largeur B des parties formant têtes 6a2 comme étant de 1,2 mm. Une constante de proportion de la largeur B des parties formant têtes 6a2 des griffes 6 par rapport à la distance P entre les bords extérieurs des parties formant bases 6a1 de la griffe 61 et de la griffe 62 est donc déterminée sous la forme

$$B (1,2 \text{ mm}) / P (8,11 \text{ mm}) = 0,15 \quad (5)$$

Par conséquent, si la longueur L des griffes 6 est, comme on l'a obtenue d'après les équations 1 et 2, définie dans un certain intervalle exprimé dans l'équation 6 ci-dessous, la largeur A des griffes 6 est, ainsi qu'on l'a obtenue d'après l'équation 4, définie dans un intervalle, exprimé dans l'équation 7 ci-après, et la largeur B des griffes 6 est, ainsi qu'on l'a obtenue d'après l'équation 5, définie dans un intervalle, exprimé dans l'équation 8 ci-après, la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6 a une valeur qui, comme indiqué par la courbe en trait plein de la Fig. 6, se situe dans des zones neutres où la densité du flux magnétique varie à peine et a également des valeurs absolues supérieures à celles situées sur la courbe sinusoïdale discontinue dans un intervalle de mesures de couple du capteur magnétique 7 qui est défini entre ± 15 degrés. Il en résulte une plus grande sensibilité du capteur 7 de couple à la densité du flux magnétique à mesurer. On notera que les constantes de proportion sont déterminées en tenant compte de certaines erreurs dans les données expérimentales.

$$0,6 \times F < L < 1,2 \times F \quad (6)$$

$$A < 0,5 \times P \quad (7)$$

$$B < 0,15 \times P \quad (8)$$

Le capteur 1 de couple selon la présente forme de réalisation est conçu, comme décrit plus haut, de telle manière que le nombre n de pôles de l'ensemble d'aimant 5 et un nombre total n de pôles des culasses magnétiques 6 sont

de vingt-quatre (24), le diamètre intérieur r des culasses magnétiques 6 est de 31 mm et la distance F entre les culasses magnétiques 6A et 6B est de 8 mm. Même si on modifie les dimensions des culasses magnétiques 6 de telle sorte que le nombre n de pôles, le diamètre intérieur r et la distance F sont modifiés proportionnellement à la modification des dimensions des culasses magnétiques 6, l'intensité et le trajet du flux magnétique circulant dans l'ensemble d'aimant 5 et les culasses magnétiques 6 restent inchangés. De toute manière, la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6 a par conséquent des valeurs absolues supérieures à celles figurant sur la courbe sinusoïdale discontinue dans les limites de mesure de couple du capteur 1 de couple tant que les conditions données par les équations 6, 7 et 8 sont respectées.

La densité du flux magnétique dans les culasses magnétiques 6 a été décrite comme présentant une valeur maximale lorsque la largeur A des parties formant bases 6a1 est de 3,7 mm, mais il est possible qu'il y ait des valeurs voisines de 3,7 mm qui provoquent une augmentation de la densité du flux magnétique.

On va maintenant décrire la théorie portant sur l'amélioration de la linéarité de la densité du flux magnétique produit dans les culasses magnétiques 6.

La densité du flux magnétique produit dans le troisième échantillon, figurant sur la liste du tableau 2, dans lequel la largeur A est de 4,2 mm, varie, ainsi qu'on l'a déjà indiqué, comme représenté par la courbe sinusoïdale discontinue de la Fig. 6. La densité du flux magnétique produit dans le second échantillon dans lequel la longueur L des griffes 6 est de 7,0 mm, et la largeur A des parties formant bases 6a1 des griffes 6 est de 3,7 mm varie, comme représenté par la courbe en trait plein de la Fig. 6, et a des valeurs qui se situent dans les zones neutres où la densité du flux magnétique varie à peine. Il est donc difficile d'établir la linéarité de la densité du flux magnétique dans un intervalle entourant des angles magnétiques de $\pm 90^\circ$. En outre, pour cette raison, la présente forme de réalisation détermine un seuil de la largeur A des parties formant bases 6a des griffes 6 comme étant de 4,2 mm, utilisé dans le troisième échantillon. La constante de proportion de la largeur A des parties formant bases 6a1 des griffes 6 par rapport à la distance P entre les bords extérieurs des parties formant bases 6a1 de la griffe 61 et de la griffe 62 est, comme décrit plus haut, déterminée sous la forme

$$A (4,2 \text{ mm}) / P (8,11 \text{ mm}) = 0,517 \quad (9)$$

En déterminant la valeur de la largeur A comme se situant dans un intervalle exprimé par l'équation 10 ci-après, un changement de la densité du flux magnétique généré dans les culasses magnétiques 6 suit la courbe sinusoïdale, comme indiqué par la ligne discontinue de la Fig. 6, en permettant ainsi au capteur magnétique 7 de mesurer la densité du flux magnétique qui varie de manière linéaire dans les limites de mesure de couple.

$$0,5 \times P < A < P \quad (10)$$

REVENDICATIONS

1. Capteur (1) de couple, comprenant :
 - 5 un premier arbre (2) ;
 - un deuxième arbre (3) ;
 - un élément élastique (4) accouplant ledit premier arbre (2) audit second arbre (3) dans l'alignement l'un de l'autre, ledit élément élastique (4) subissant une torsion au moment de l'application d'un couple ;
 - 10 un élément magnétique dur (5) monté sur ledit premier arbre (2), ledit élément magnétique dur (5) ayant des pôles magnétiques répartis sur son pourtour pour produire un champ magnétique autour de celui-ci ;
 - un ensemble constitué d'un premier et d'un second éléments magnétiques doux (6) qui est monté sur ledit deuxième arbre (2) et est disposé autour dudit élément magnétique dur (5) dans le champ magnétique produit par ledit élément magnétique dur (5) afin de former un circuit magnétique de façon que, au moment d'un changement de position des premier et second éléments magnétiques (6) par rapport audit élément magnétique dur (5) par suite de la torsion dudit élément élastique (4), la densité du flux magnétique créé dans le circuit magnétique change ;
 - 15 et
 - un capteur magnétique (7) placé sans contact avec lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6), servant à mesurer la densité du flux magnétique dans le circuit magnétique,
 - lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6) étant
 - 25 mutuellement opposés de part et d'autre d'un entrefer donné dans une direction de l'alignement du premier et du second arbre (2, 3), lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6) ayant autant de griffes (6a) qu'il y a de pôles dudit élément magnétique dur (5) répartis à intervalles réguliers sur les pourtours respectifs desdits premier et second éléments magnétiques doux, chacune des griffes (6a) dudit premier
 - 30 éléments magnétique doux (6A) étant intercalée entre deux griffes adjacentes (6a) dudit second élément magnétique doux (6B), chacune des griffes (6a) ayant une partie formant base (6a1) et une partie formant tête (6a2) de manière à avoir une forme sensiblement trapézoïdale, la partie formant base (6a1) ayant une largeur A qui s'étend dans une direction circonférentielle desdits premier et second éléments
 - 35 magnétiques doux (6), la partie formant tête (6a2) ayant une largeur B qui s'étend

dans la direction circonférentielle et est plus petite que la largeur A , les largeurs A et B étant choisies de façon à respecter les relations ci-dessous

$$\begin{aligned} 0,6 \times F &< L < 1,2 \times F \\ A &< 0,5 \times P \\ B &< 0,15 \times P \end{aligned}$$

où F désigne une distance entre lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6) dans la direction de l'alignement desdits premier et second arbres (2, 3), L désigne la longueur de chacune des griffes (6a) depuis la partie formant base (6a1) jusqu'à la partie formant tête (6a2), et P désigne une distance entre l'un des bords extérieurs de chacune des griffes (6a) du premier élément magnétique doux (6A) et l'un des bords extérieurs de l'une, adjacente, des griffes (6a) du second élément magnétique (6B) qui se trouve du même côté que le premier élément magnétique doux (6A) dans la direction circonférentielle des premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B).

2. Capteur (1) de couple selon la revendication 1, comprenant en outre des éléments magnétiques doux auxiliaires qui ont respectivement des parties collectrices de flux magnétique servant à recueillir le flux magnétique provenant desdits premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B) au niveau dudit capteur magnétique (7).

3. Capteur (1) de couple selon la revendication 1, dans lequel chacun desdits premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B) a une collerette de forme annulaire à laquelle sont fixées les griffes (6a), la partie formant base (6a1) de chacune des griffes s'étendant depuis la collerette de forme annulaire, la partie formant tête (6a2) s'étendant depuis la partie formant base (6a1).

4. Capteur (1) de couple selon la revendication 1, dans lequel ledit capteur magnétique (7) est disposé dans ledit entrefer entre lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B) pour mesurer la densité du flux magnétique circulant entre lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B).

5. Capteur (1) de couple selon la revendication 2, dans lequel les parties collectrices de flux magnétique desdits éléments magnétiques doux auxiliaires sont mutuellement opposées dans la direction d'alignement desdits premier et second éléments arbres (2, 3), et dans lequel ledit capteur magnétique (7) est intercalé entre
 5 les parties collectrices de flux magnétique pour mesurer la densité du flux magnétique circulant entre lesdits premiers et seconds éléments magnétiques doux (6A, 6B) via les parties collectrices de flux magnétiques.

6. Capteur (1) de couple, comprenant :
 10 un premier arbre (2) ;
 un deuxième arbre (3) ;
 un élément élastique (4) accouplant ledit premier arbre (2) audit second arbre (3) dans l'alignement l'un de l'autre, ledit élément élastique (4) subissant une torsion au moment de l'application d'un couple ;
 15 un élément magnétique dur (5) monté sur ledit premier arbre (2), ledit élément magnétique dur (5) ayant des pôles magnétiques répartis sur son pourtour pour produire un champ magnétique autour de celui-ci ;
 un ensemble constitué d'un premier et d'un second éléments magnétiques doux (6) qui est monté sur ledit deuxième arbre (2) et est disposé autour
 20 dudit élément magnétique dur (5) dans le champ magnétique produit par ledit élément magnétique dur (5) afin de former un circuit magnétique de façon que, au moment d'un changement de position des premier et second éléments magnétiques (6) par rapport audit élément magnétique dur (5) par suite de la torsion dudit élément élastique (4), la densité du flux magnétique créé dans le circuit magnétique change ;
 25 et
 un capteur magnétique (7) placé sans contact avec lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6), servant à mesurer la densité du flux magnétique dans le circuit magnétique,
 lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6) étant
 30 mutuellement opposés de part et d'autre d'un entrefer donné dans une direction de l'alignement du premier et du second arbre (2, 3), lesdits premier et second éléments magnétiques doux (6) ayant autant de griffes (6a) qu'il y a de pôles dudit élément magnétique dur (5) répartis à intervalles réguliers sur les pourtours respectifs desdits premier et second éléments magnétiques doux, chacune des griffes (6a) dudit premier
 35 éléments magnétique doux (6A) étant intercalé entre deux griffes adjacentes (6a)

dudit second élément magnétique doux (6B), chacune des griffes (6a) ayant une partie formant base (6a1) et une partie formant tête (6a2), la partie formant base (6a1) ayant une largeur A s'étendant dans une direction circonférentielle desdits premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B) qui est plus grande que la
 5 largeur de la partie formant tête (6a2) s'étendant dans la direction circonférentielle, la largeur A et une distance P entre l'un des bords extérieurs de chacune des griffes (6a) du premier élément magnétique doux (6A) et l'un des bords extérieurs de l'une, adjacente, des griffes (6a) du second élément magnétique doux (6B) qui se trouve du même côté que le premier élément magnétique doux (6A) dans la direction
 10 circonférentielle des premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B) respectant une relation exprimée sous la forme

$$0,5 \times P < A < P$$

15 7. Capteur (1) de couple selon la revendication 1, qui comprend en outre un élément magnétique doux auxiliaire qui comporte une partie collectrice de flux magnétique servant à recueillir le flux magnétique provenant desdits premier et second éléments magnétiques doux (6A, 6B) au niveau dudit capteur magnétique (7).

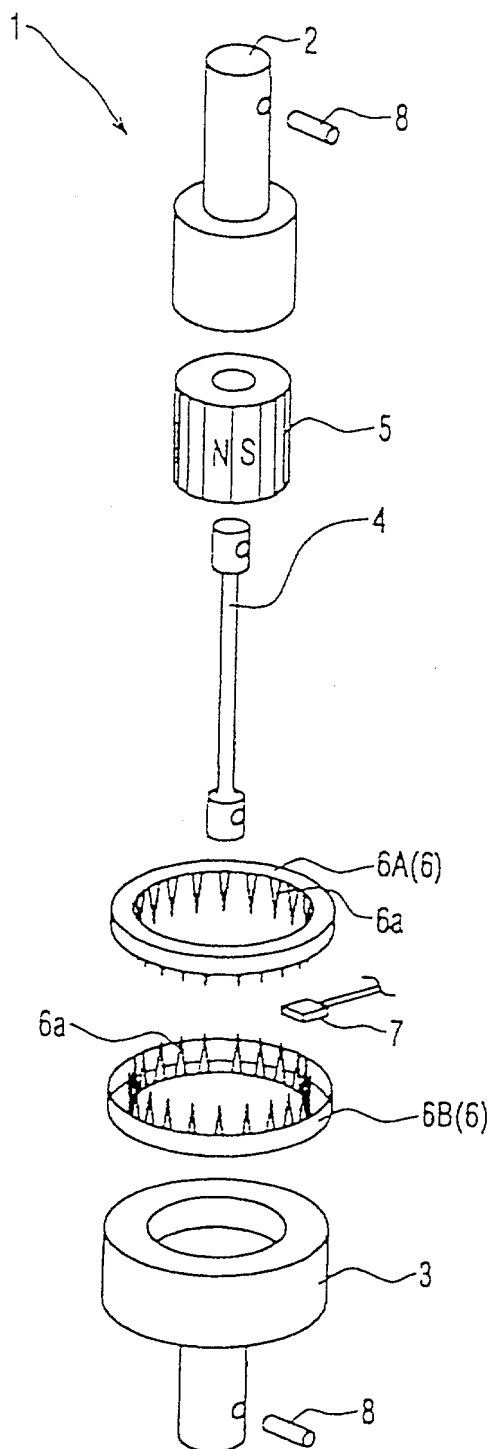


FIG. 1

FIG. 2

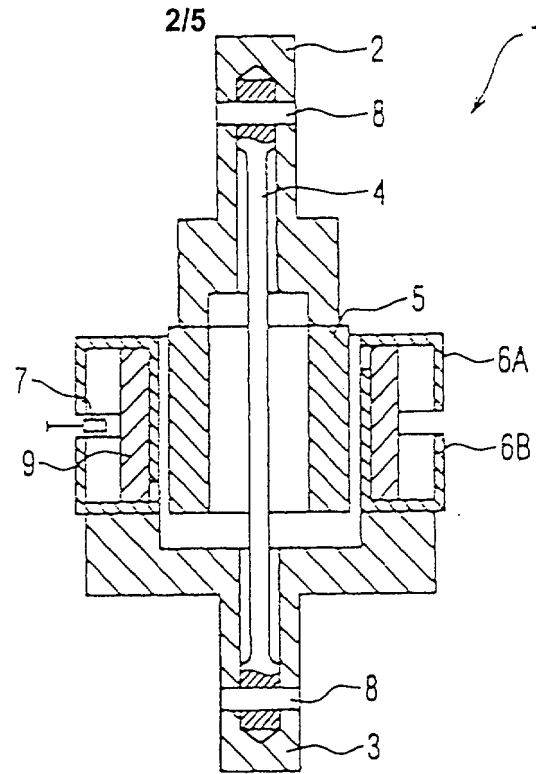


FIG. 3(a)

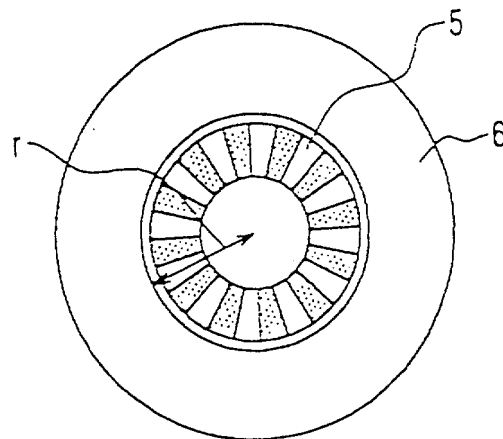
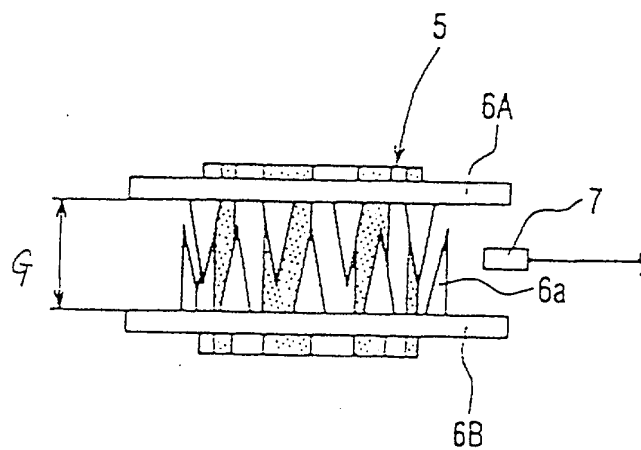


FIG. 3(b)



POSITION NEUTRE

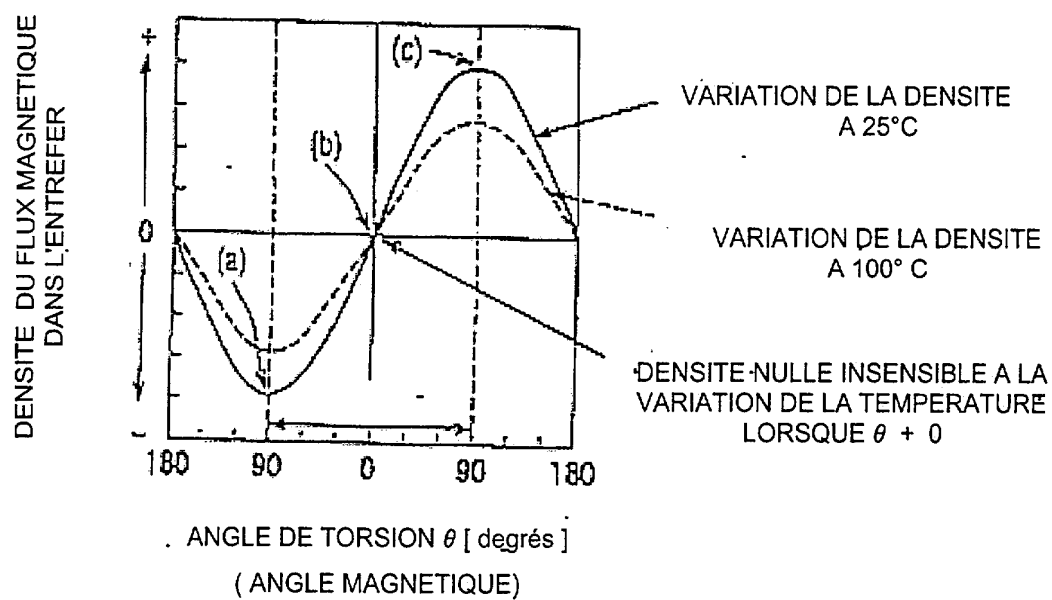
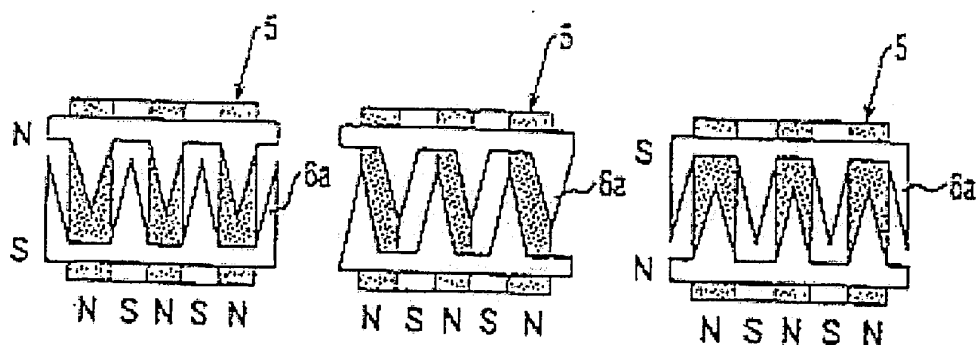


FIG. 4 (d)

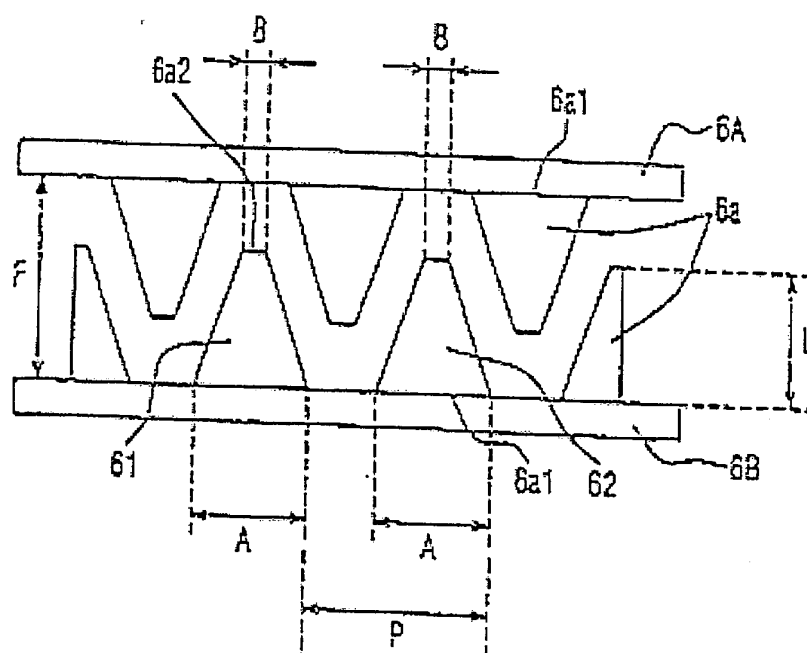


FIG. 5

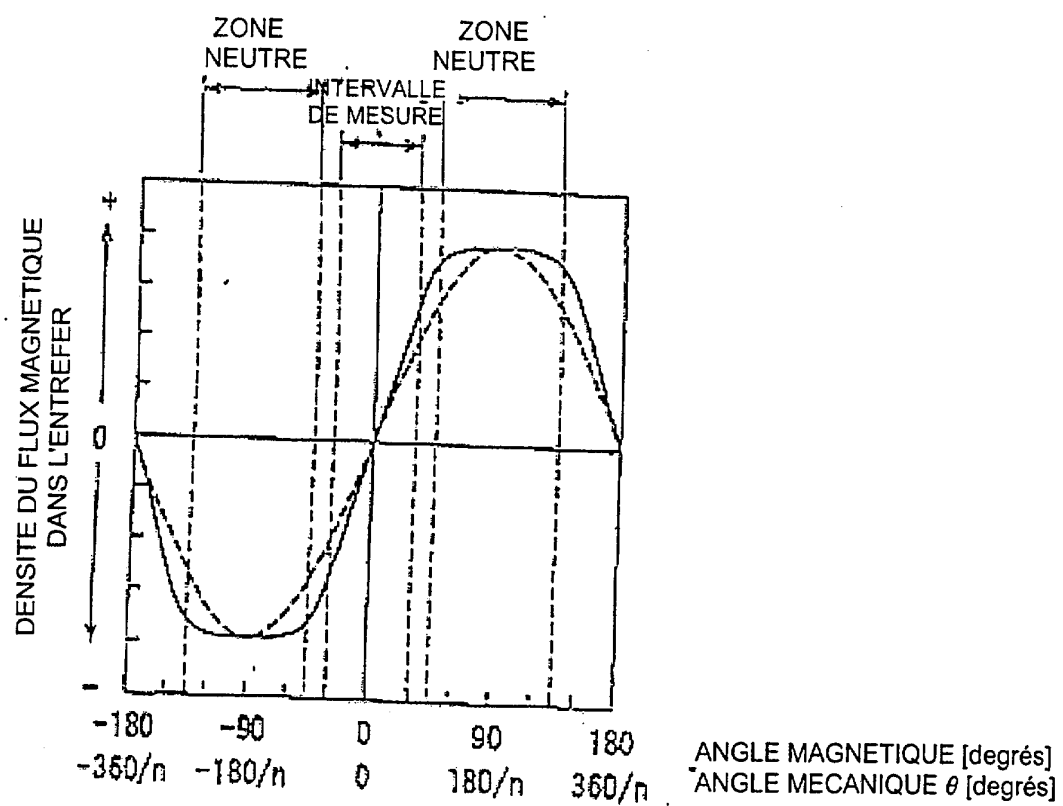


FIG. 6

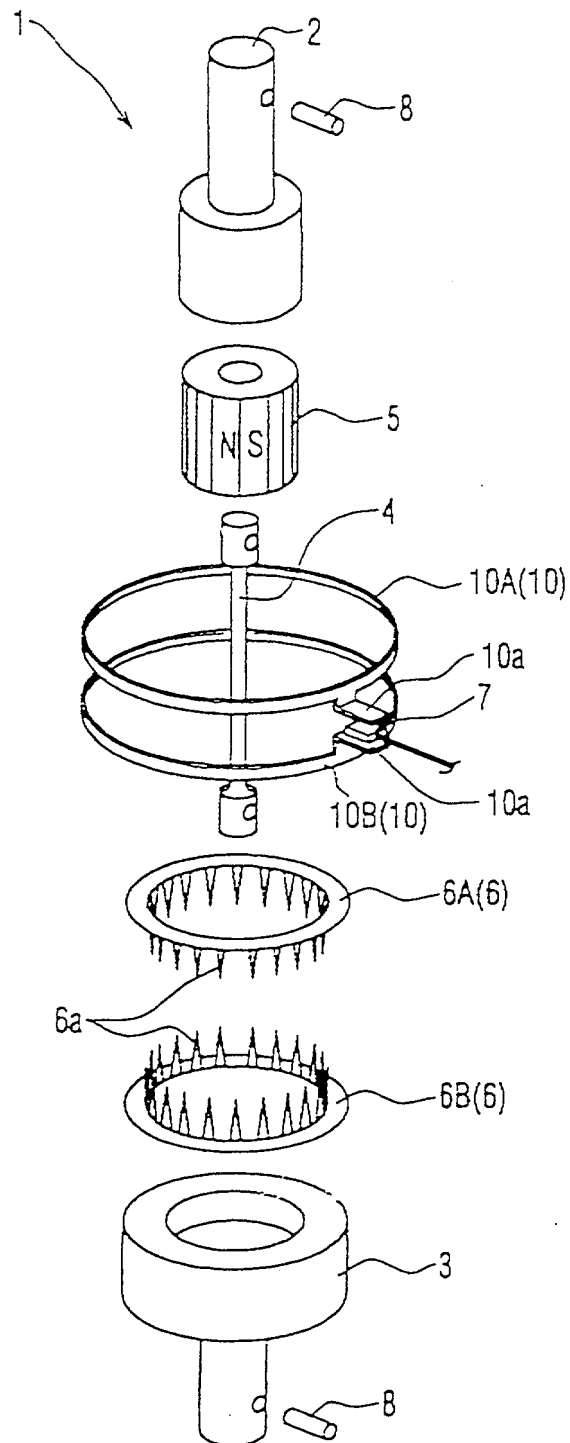


FIG. 7