



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>: H 02 K 23/26  
H 02 K 3/32  
H 02 K 15/04

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑪

627 030

⑲ Numéro de la demande: 8460/78

⑦ Titulaire(s):  
Portescap, La Chaux-de-Fonds

⑳ Date de dépôt: 09.08.1978

⑧ Inventeur(s):  
Marc Heyraud, La Chaux-de-Fonds

㉑ Brevet délivré le: 15.12.1981

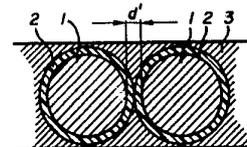
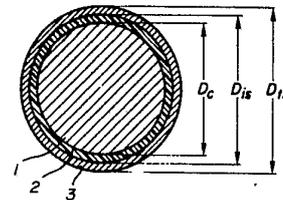
④ Fascicule du brevet  
publié le: 15.12.1981

④ Mandataire:  
William Blanc & Cie conseils en propriété  
industrielle S.A., Genève

⑤ Bobine de rotor autoportante pour machines électriques à courant continu.

⑥ La bobine de rotor cylindrique, autoportante, est prévue pour un rotor sans fer d'une machine électrique de petites dimensions. Elle comporte au moins une couche de fil dans laquelle le fil est placé en direction oblique par rapport aux génératrices de la surface cylindrique du rotor. Le fil utilisé pour bobiner la bobine comporte un noyau central conducteur (1), une couche d'isolation (2) et une couche extérieure (3) d'un matériau de support ayant la propriété de pouvoir être ramolli et de se solidifier par la suite. La bobine est réalisée de façon à présenter un pas des conducteurs du bobinage final tel que les couches d'isolation de parties de fil placées côte à côte soient au moins approximativement en contact, le matériau de support (3), après avoir subi un traitement de ramollissement, remplissant les espaces qui restent entre les couches d'isolation.

La disposition décrite vise à obtenir un facteur de remplissage maximal et une bonne tenue mécanique de la bobine.



1. Bobine de rotor cylindrique, autoportante, pour machines électriques à courant continu du type comportant un rotor sans fer monté de façon rotative dans l'entrefer d'un circuit magnétique stationnaire, ladite bobine comportant plusieurs sections de bobines connectées en série entre elles, les extrémités de chaque section étant agencées pour pouvoir être reliées à des segments de collecteur respectifs, la bobine étant constituée par au moins une couche de fil dans laquelle le fil est disposé au moins en partie dans une direction oblique par rapport aux génératrices de la surface cylindrique du rotor, et le fil comportant au moins un tuyau conducteur et une couche d'isolation entourant ledit noyau, caractérisée en ce que les parties de fil disposées côte à côte dans ladite couche de fil sont placées de telle façon que la distance entre leurs centres, dans un plan de section transversale de ces parties de fil, soit sensiblement égale au diamètre extérieur de ladite couche d'isolation, et en ce que les espaces entre les couches d'isolation de parties de fil adjacentes sont au moins partiellement remplis d'un matériau de support solidifié.

2. Procédé de fabrication d'une bobine autoportante selon la revendication 1, dans lequel le fil utilisé pour bobiner la bobine comporte une couche extérieure, entourant la couche d'isolation, en un matériau ayant la propriété de pouvoir être ramolli et de se solidifier par la suite, caractérisé en ce que ladite couche extérieure est soumise à un traitement de ramollissement durant le bobinage, le pas des conducteurs du bobinage étant choisi égal à  $D_{is}/\cos \beta$ , où  $D_{is}$  représente le diamètre extérieur de la couche d'isolation du fil et  $\beta$  l'angle formé entre le fil bobiné et une génératrice de la surface cylindrique du rotor.

3. Procédé de fabrication d'une bobine autoportante selon la revendication 1, dans lequel le fil utilisé pour bobiner la bobine comporte une couche extérieure, entourant la couche d'isolation, en un matériau ayant la propriété de pouvoir être ramolli et de se solidifier par la suite, caractérisé en ce que, après avoir bobiné au moins partiellement la bobine, on la soumet à un traitement de ramollissement de ladite couche extérieure du fil, puis l'on resserre, dans cet état ramolli, les spires de la bobine de façon à réaliser un pas des conducteurs du bobinage final au moins approximativement égal à  $D_{is}/\cos \beta$ , où  $D_{is}$  représente le diamètre extérieur de la couche d'isolation du fil et  $\beta$  l'angle formé entre le fil bobiné et une génératrice de la surface cylindrique du rotor.

4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le traitement de ramollissement est un traitement thermique.

5. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le traitement de ramollissement est un traitement chimique.

6. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le resserrement des spires est réalisé par une compression mécanique de ces spires.

7. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le traitement de ramollissement est un traitement thermique.

8. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que le traitement de ramollissement est un traitement chimique.

La présente invention concerne une bobine de rotor cylindrique, autoportante, pour machines électriques à courant continu du type comportant un rotor sans fer monté de façon rotative dans l'entrefer d'un circuit magnétique stationnaire, ladite bobine comportant plusieurs sections de bobine connectées en série entre elles, les extrémités de chaque section étant agencées pour pouvoir être reliées à des segments de collecteur respectifs, la bobine étant constituée par au moins une couche de fil dans laquelle le fil est disposé au moins en partie dans une direction oblique par rapport aux génératrices de la surface cylindrique du rotor, et le fil comportant au moins un noyau conducteur et une couche d'isolation entourant ledit noyau.

Dans les bobines de rotor autoportantes à bobinage dit oblique réalisées jusqu'à présent, le facteur de remplissage de l'espace disponible pour le bobinage et/ou la tenue mécanique de la bobine étaient relativement faibles. Cela est dû à la structure de ces bobines connues et aux procédés de fabrication utilisés, tels qu'ils seront décrits plus loin.

La présente invention vise à pallier ces inconvénients des bobines de rotor connues du type susmentionné, et notamment à fournir des bobines présentant un facteur de remplissage nettement supérieur et une stabilité mécanique plus grande que les bobines usuelles.

L'invention a également pour but de fournir deux procédés de fabrication d'une telle bobine de rotor, qui soient particulièrement simples et économiques.

A cet effet, la bobine de rotor selon l'invention est caractérisée en ce que les parties de fils disposées côte à côte dans ladite couche de fil sont placées de telle façon que la distance entre leurs centres, dans un plan de section transversale de ces parties de fil, soit sensiblement égale au diamètre extérieur de ladite couche d'isolation, et les espaces entre les couches d'isolation de parties de fils adjacentes sont au moins partiellement remplis d'un matériau de support solidifié.

Dans les deux procédés de fabrication d'une telle bobine de rotor, le fil utilisé pour bobiner la bobine comporte une couche extérieure entourant la couche d'isolation, en un matériau ayant la propriété de pouvoir être ramolli et de se solidifier par la suite. Le premier procédé est caractérisé en ce que ladite couche extérieure est soumise à un traitement de ramollissement durant le bobinage, le pas des conducteurs du bobinage étant choisi égal à  $D_{is}/\cos \beta$ , où  $D_{is}$  représente le diamètre extérieur de la couche d'isolation du fil et  $\beta$  l'angle formé entre le fil bobiné et une génératrice de la surface cylindrique du rotor.

Le second procédé est caractérisé en ce que, après avoir bobiné au moins partiellement la bobine, on la soumet à un traitement de ramollissement de la couche extérieure du fil puis on resserre, dans cet état ramolli, les spires de la bobine de façon à réaliser, dans la bobine finie, un pas des conducteurs du bobinage égal au pas susmentionné.

Le traitement de ramollissement peut être un traitement thermique ou chimique et les spires de la bobine peuvent être resserrées, par exemple par une compression mécanique de ces spires.

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description suivante qui se réfère aux dessins annexés, dans lesquels:

la fig. 1 est une vue en coupe d'un fil utilisé dans la bobine selon l'invention;

les fig. 2a, 2b, 2c et 2d sont des représentations schématiques de différentes formes de bobines utilisables dans le cadre de l'invention;

les fig. 3a et 3b sont des sections transversales de parties de fil voisines dans une bobine, respectivement après le bobinage et après un traitement de ramollissement, dans le cas de l'utilisation d'un procédé de fabrication usuel;

la fig. 4 est une illustration schématique d'un procédé de bobinage connu;

la fig. 5 est une représentation schématique d'un bobinage oblique développé, et

la fig. 6 est une coupe transversale de parties de fil voisines dans une bobine de rotor selon l'invention.

Le fil utilisé pour la fabrication de bobines autoportantes du type mentionné au début est montré en section transversale à la fig. 1. Un noyau conducteur 1, généralement en cuivre ou en aluminium, est entouré d'une couche d'isolation électrique 2 qui peut être en matière plastique ou en un autre matériau approprié, tel que l'oxyde d'aluminium.

La couche d'isolation 2 est elle-même entourée d'une couche extérieure 3 formée par un matériau destiné à former le support mécanique de la bobine. Un tel matériau peut être une matière thermoplastique ou thermodurcissable, qui a la propriété de pouvoir être ramollie par un traitement thermique, ou une matière plastique qui peut être ramollie par un agent chimique, par exemple un solvant. Tous ces matériaux doivent avoir la propriété de se solidifier

ensuite, par exemple par le refroidissement ou par l'évaporation du solvant.

Les diamètres extérieurs du noyau 1, de la couche d'isolation 2 et de la couche extérieure 3 sont désignés respectivement par  $D_c$ ,  $D_{is}$  et  $D_{th}$ . A titre d'exemple,  $D_c = 0,100$  mm,  $D_{is} = 0,115$  mm,  $D_{th} = 0,127$  mm. La couche extérieure est donc relativement épaisse par rapport au diamètre du noyau, ce dernier représentant la partie utile du fil. Une réduction de l'épaisseur de la couche extérieure 3 conduirait cependant à un affaiblissement de la stabilité de la bobine, étant donné que cette couche fournit le seul support mécanique de la bobine.

Des bobines autoportantes pour rotors sans fer, telles qu'elles entrent en considération pour la présente invention, sont représentées schématiquement dans les fig. 2a à 2d. Elles sont généralement bobinées en continu, par exemple en direction oblique sur  $180^\circ$  électriques (fig. 2a), ou en forme de losange (fig. 2b) ou d'une manière dérivée de l'une de ces formes de base, par exemple sous forme hexagonale (fig. 2c) ou trapézoïdale (fig. 2d). Les bobines peuvent en outre être divisées en deux groupes principaux: celles dans lesquelles les spires sont placées côte à côte (par exemple selon le brevet allemand (République fédérale) N° 1188709, les brevets suisses Nos 472135 et 549305 ou le brevet allemand (République démocratique) N° 60091), et celles dans lesquelles les points de rebroussement des spires sont séparés par  $180^\circ$  électriques (par exemple selon le brevet allemand (République fédérale) N° 1463855).

Les bobines de rotor connues ont toutes le désavantage de ne pas permettre un remplissage optimal de l'entrefer du moteur et de ne pas utiliser de manière optimale la couche extérieure du fil pour assurer de bonnes propriétés mécaniques de la bobine.

Les fig. 3a et 3b montrent la position de parties de fil voisines dans une bobine usuelle, dans laquelle les spires sont placées côte à côte. Après l'opération de bobinage, la distance  $d$  entre les surfaces de noyaux 1 voisins est égale à deux fois l'épaisseur de la couche d'isolation 2 et de la couche supérieure 3, comme le montre la fig. 3a. Lorsqu'on soumet les couches extérieures à un traitement de ramollissement, par exemple, dans le cas d'une matière thermoplastique, en chauffant la bobine, pour obtenir une répartition régulière de la matière thermoplastique 3 entre les parties de fil voisines, la configuration finale est telle que représentée en coupe dans la fig. 3b. L'espacement des noyaux 1 reste égal à  $d$  et une grande quantité de matière 3 s'accumule entre les couches d'isolation 2. La liaison ainsi formée ne présente toutefois qu'une résistance mécanique relativement faible.

En ce qui concerne le cas d'un bobinage réalisé avec un pas de  $180^\circ$  électriques exactement, tel que mentionné plus haut, le remplissage de l'espace disponible en noyaux de fil est encore plus faible que dans le cas précédent. La fig. 4 montre, en développement dans un plan, un tel bobinage dans lequel des groupes de fils tels que les groupes voisins 1', 1'' passent autour de goupilles respectives 5, 5' et 6, 6', de sorte qu'un espace supplémentaire 4 demeure inutilisé entre les groupes de fils. De plus, de l'espace utile est perdu du fait que les fils ont généralement tendance à se croiser au passage des goupilles.

La fig. 5 montre schématiquement le développement d'une spire dans une bobine à bobinage oblique et d'un diamètre  $r$ . Le fil 7 est représenté par sa partie invariable seulement, c'est-à-dire ayant un diamètre extérieur de  $D_{is}$ , donc sans couche 3. Si l'on désigne par  $\beta$  l'angle formé entre le fil et une génératrice 8 de la surface cylindrique de la bobine, le remplissage maximal de la bobine correspond à un nombre de spires par couche égal à

$$2 \pi r / K_1 \cdot D_{is} \text{ où } K_1 = 1 / \cos \beta$$

La présente invention permet de réaliser cette condition au moins approximativement.

La fig. 6 montre, en coupe transversale de parties de fils placées côte à côte, la position idéale de telles parties. La distance entre les surfaces des noyaux de fils 1 est réduite à la valeur minimale  $d'$ , ce qui signifie que la distance entre les centres des parties de fils est égale à  $D_{is}$ . Dans l'exemple de diamètre de fil tel que mentionné ci-dessus, l'augmentation du facteur de remplissage est environ 12% par rapport à la situation illustrée par la fig. 3b. En outre, la fig. 6 montre que le matériau de support 3 est utilisé entièrement pour remplir la partie extérieure de l'espace entre les couches d'isolation 2 et confère donc à la bobine une stabilité mécanique optimale.

Un procédé de fabrication d'une bobine selon la présente invention comprend l'application à la couche extérieure 3 du fil d'un traitement de ramollissement et la mise en place des parties de fil au moins approximativement dans la position idéale de la fig. 6 pendant que la couche extérieure est dans l'état ramolli. Cela peut être effectué pendant l'opération de bobinage proprement dite. Par exemple, dans le cas où la couche extérieure est en matière thermoplastique, on règle la machine à bobiner de façon à obtenir un pas des conducteurs du bobinage correspondant au remplissage optimal c'est-à-dire  $D_{is} / \cos \beta$ , et l'on chauffe le fil pendant le bobinage. Une méthode similaire permettant de réaliser le pas optimal consiste à presser le fil chauffé, pendant la formation d'une spire, contre la spire précédente.

Le chauffage peut être effectué par irradiation infrarouge ou par l'application d'une surface chaude sur le fil. Une autre façon d'obtenir le ramollissement de la couche extérieure du fil est l'utilisation d'un agent chimique, par exemple en faisant passer le fil à travers un bain d'un solvant du matériau formant la couche extérieure.

Un autre procédé selon l'invention consiste à bobiner au moins une partie de la bobine de manière usuelle et à chauffer ensuite la bobine ou à la mettre en contact avec un agent chimique tel qu'un solvant, pour ramollir les couches extérieures 3. Dans l'état ramolli de la bobine, celle-ci est alors soumise à un serrage des spires, par exemple en pressant les spires les unes contre les autres par des moyens mécaniques.

Le choix de la méthode utilisée dépend bien entendu de la forme de la bobine à fabriquer et du matériau de la couche extérieure. En outre, les présents procédés pourront être aisément adaptés, dans le cadre de la présente invention, aux matériels de bobinage disponibles dans une installation donnée.

FIG. 1

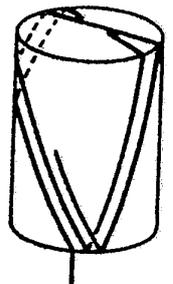
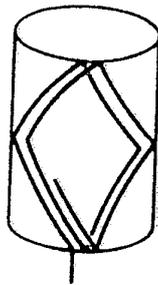
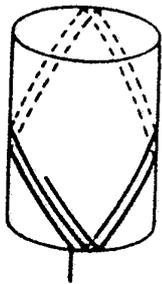
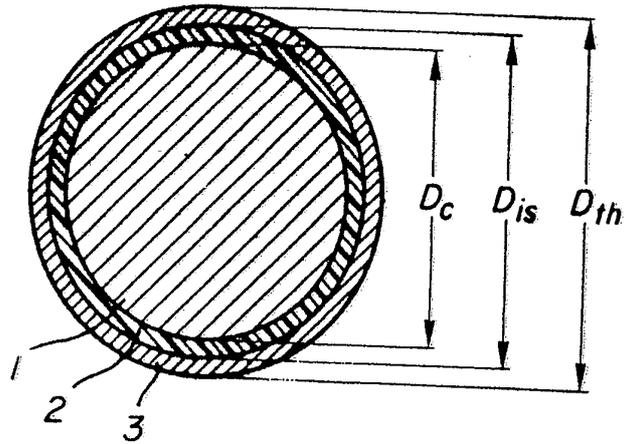


FIG. 2a

FIG. 2b

FIG. 2c

FIG. 2d

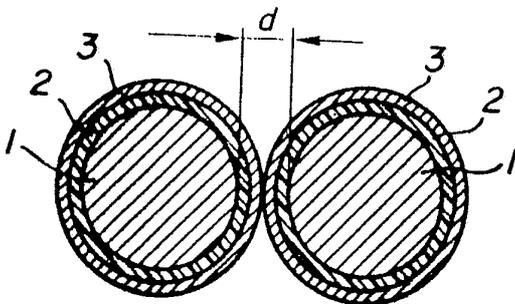


FIG. 3a

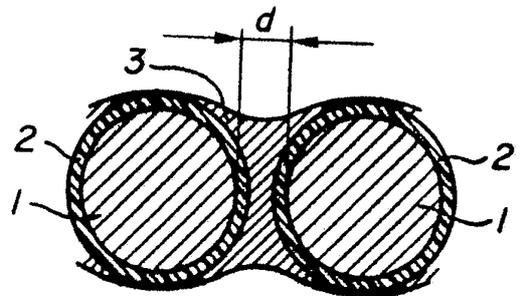
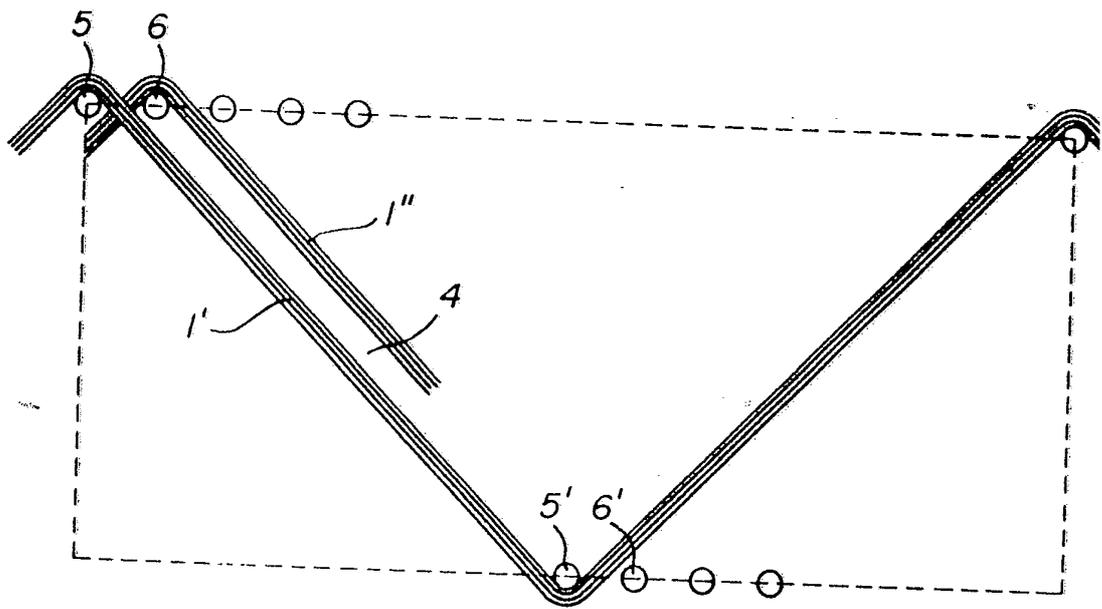
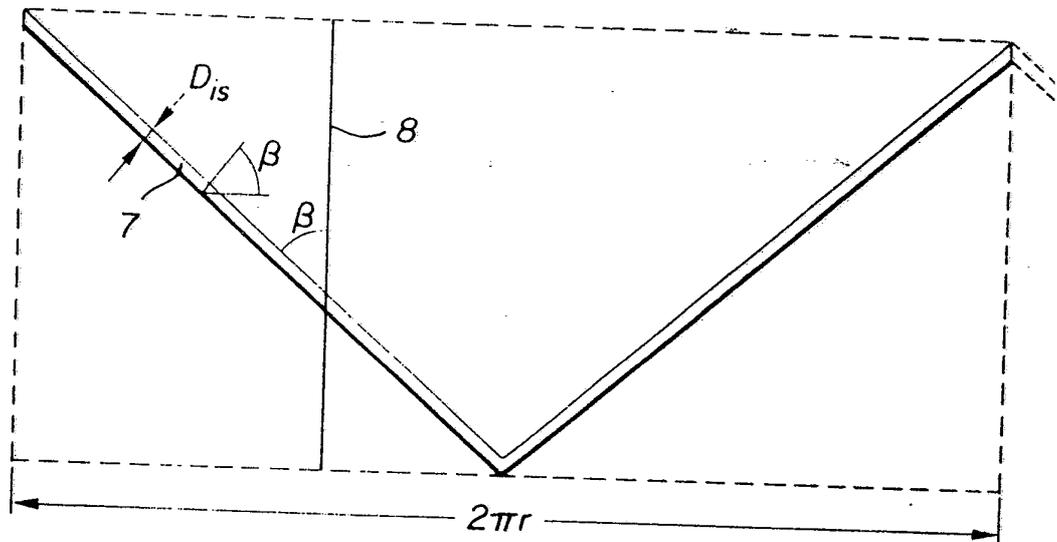


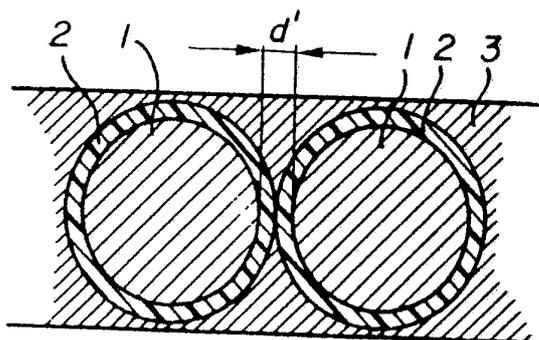
FIG. 3b



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**