

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 80 07347

⑤④ Fil magnétique à revêtement isolant.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 B 7/02; H 04 N 3/00.

⑫② Date de dépôt..... 1^{er} avril 1980.

⑫③ ⑫② ⑫① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 40 du 2-10-1981.

⑦① Déposant : REA MAGNET WIRE COMPANY, INC., société constituée selon les lois de l'Etat
de l'Indiana, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Harold Robert Otis, Charles Everett Blake et Paul James Schmidt.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Langner Parry,
7, rue de la Paix, 75002 Paris.

La présente invention concerne un fil magnétique ayant des propriétés améliorées d'enroulement et d'insertion qui, en outre, peut se souder à températures élevées, comprenant l'intervalle de 185°C à 200°C, et qui comporte un revêtement
5 supérieur autour et sur toute la longueur d'un revêtement de base prévu sur un conducteur, dans lequel le revêtement supérieur est un polyamide choisi dans le groupe comprenant le polyundécanamide, le polydodécanamide et leurs mélanges.

On appelle fil magnétique un fil de cuivre ou
10 d'aluminium isolé, utilisé dans les bobines de différents types de machines électromagnétiques, comme les bobinages de moteurs, de solénoïdes et de transformateurs. Les types d'isolation les plus utilisés pour les fils magnétiques comprennent l'émail, les fibres naturelles et synthétiques, le verre et le papier. Selon
15 le type d'isolant, le fil magnétique peut être classé à des indices de température de 105°C à 220°C.

L'isolation prévue sur un fil magnétique comprend généralement un double système qui comprend un revêtement de base et un revêtement supérieur. Le matériau du revêtement de
20 base est généralement choisi pour son aptitude à avoir certaines fonctions, comme une aptitude à la chaleur, une soudabilité et une résistance aux solvants. Les matériaux courants pour les revêtements de base sont les polyesters et les polyuréthanes, bien que l'on puisse également utiliser comme revêtements de
25 base des revêtements époxy, polyacryliques, polyimides et amide-imide. L'expression "revêtement de base" telle qu'utilisée ici comprend également des combinaisons des matériaux précédents.

Certains Nylons, le Nylon 6,6 (poly-hexaméthylène-adipamide) et le Nylon 6 (polycaprolactame) ont en particulier
30 été utilisés comme revêtement supérieur pour des fils magnétiques. En raison du faible coefficient de frottement qui est de 0,17 (valeur dynamique, pellicule sur pellicule) pour les pellicules de Nylon 6 et 6,6, un tel fil isolé présente une aptitude à l'enroulement accrue par rapport aux autres
35 revêtements supérieurs classiques. L'utilisation d'un fil magnétique revêtu de Nylon 6 ou 6,6 peut cependant poser plusieurs problèmes à l'utilisateur final.

Premièrement, les fabricants de moteurs et d'objets

2.

similaires effectuent souvent une liaison du fil enroulé sur place. Le procédé le plus courant pour lier des bobines de fil magnétique ayant un revêtement supérieur de Nylon 6 ou 6,6 consiste à plonger la bobine entière dans un bain de vernis et à cuire le vernis sur la bobine. De telles opérations de trempe et de cuisson sont non seulement longues et coûteuses mais provoquent également des émissions indésirables de solvant et des fumées qui ne doivent pas être libérées dans l'atmosphère. Le revêtement supérieur idéal serait du type autoliant, comme un fil magnétique revêtu de polyvinylbutyral. En chauffant du polyvinylbutyral au-dessus d'environ 100°C, le revêtement s'amollit, s'écoule et lie les enroulements sur place. Un fil magnétique ayant un revêtement supérieur de polyvinylbutyral voit son utilisation limitée dans les systèmes à basse température en raison de sa faible température de ramollissement. Les applications pour fil magnétique nécessitant un indice de classement thermique d'au moins 130°C empêchent l'utilisation du polyvinylbutyral autoliant. Il ne serait pas pratique de lier par chauffage du Nylon 6 ou 6,6. Le chauffage du Nylon 6,6, par exemple à sa température de fusion d'environ 250°C, dépasserait la résistance thermique du revêtement de base et des autres composants du système, comme les garnitures d'encoches. En outre, le Nylon 6,6 se dégrade rapidement dans l'air à cette température.

Un second inconvénient des revêtements supérieurs ou des pellicules de Nylon 6 ou 6,6 est le fait que ce matériau absorbe l'eau. L'absorption d'eau diminue les caractéristiques électriques des fils mais améliore la souplesse des pellicules. Cependant, le Nylon 6 et particulièrement le Nylon 6,6 deviennent cassants quand ils perdent de l'humidité, ce qui entraîne une diminution de l'aptitude à l'enroulement et des problèmes accrus de craquelures dans l'isolant.

Troisièmement, bien qu'un revêtement supérieur de Nylon 6 ou 6,6 améliore typiquement les propriétés d'enroulement et d'insertion du fil magnétique par rapport à d'autres matériaux isolants de fil magnétique, on rencontre encore des problèmes d'enroulement et d'insertion. Le coefficient de frottement (dynamique, pellicule sur pellicule) du Nylon 6,6 est de 0,17. Un

matériau de revêtement supérieur présentant un coefficient de frottement plus faible même seulement de 0,01, augmenterait de façon importante les propriétés d'enroulement et d'insertion du fil magnétique. La technique antérieure, comme le brevet des
5 E.U.A. N° 3.632.440, reconnaît cet avantage et indique que l'utilisation d'une résine de polysiloxane filmogène dans le revêtement supérieur améliorera l'isolation par le Nylon en ce que le coefficient de frottement de ce fil magnétique est de 0,14. Cependant, dans la plupart des systèmes électriques, la
10 présence de silicone est intolérable.

En conséquence, on désire trouver un fil magnétique amélioré qui soit autoliant à une température qui ne nuise pas au revêtement de base et aux autres composants du système, qui soit résistant à l'humidité et qui présente des aptitudes
15 améliorées à l'enroulement et à l'insertion. De telles améliorations ne doivent pas modifier de façon significative la souplesse, la résistance à l'abrasion ou la résistance aux chocs thermiques du fil magnétique.

Selon la présente invention, il est fourni un fil
20 magnétique comprenant un conducteur consistant en cuivre, aluminium ou alliage d'aluminium ; un revêtement de base thermdurcissable organique complet proche du conducteur, comprenant au moins une couche d'un matériau isolant autour et sur toute la longueur du conducteur ; et un revêtement supérieur
25 autoliable adjacent au revêtement de base et autour et sur toute la longueur de ce revêtement de base, où le revêtement supérieur est un polyamide consistant en polyindécanamide, polydodécanamide ou leurs mélanges, et où le revêtement supérieur représente de 5 à 95 % de l'épaisseur totale du revêtement.

30 On a trouvé que l'on pouvait fabriquer un fil magnétique autoliant en prévoyant un revêtement supérieur de Nylon 11 (polyundécanamide), de Nylon 12 (polydodécanamide) ou de leurs mélanges. A l'heure actuelle, le Nylon 11, un dérivé de l'huile de ricin, est utilisé en Europe comme garniture pour des
35 réservoirs à essence, etc., en raison de sa résistance aux solvants.

La nouvelle utilisation du Nylon 11 et 12 comme revêtement supérieur pour un fil magnétique améliore les

aptitudes à l'enroulement et à l'insertion par rapport à celles d'un fil magnétique ayant un revêtement supérieur de Nylon 6 ou 6,6. Le coefficient de frottement (dynamique, pellicule sur pellicule) du Nylon 11 et 12, qui est de 0,14 à 0,16, est
5 inférieur à celui du Nylon 6,6. Dans certaines applications pour fils magnétiques, comme les stators de moteur et les bobines de dérivation de télévision en couleur, une réduction du coefficient de frottement même simplement de 0,01, entraîne une augmentation significative de la précision dimensionnelle
10 des bobines enroulées dans les enrouleurs à grande vitesse et de la facilité de l'insertion du fil. En général, le coefficient de frottement des Nylons diminue lorsque la pression augmente, comme dans le cas de l'insertion. Cependant, cette diminution du coefficient de frottement est plus grande pour le
15 Nylon 11 et 12 que pour le Nylon 6 ou 6,6, sous la même pression.

L'aptitude à l'insertion améliorée permet à la même quantité de fil d'être insérée dans une encoche avec moins de pression, ou bien permet d'insérer davantage de fil dans la même taille d'encoche avec la même pression. Les possibilités
20 améliorées d'insertion donnent des avantages supplémentaires. Premièrement, une bobine enroulée avec précision peut être insérée dans un stator de moteur ou un article similaire avec pratiquement pas de déformation des fils. Il s'ensuit que la résistance électrique des bobines enrôlées selon la présente invention
25 présente une moins grande aptitude à la variation. Ceci donne un moteur qui tourne plus régulièrement et beaucoup plus efficacement. En outre, les moteurs peuvent être construits avec des tolérances plus étroites quand les fils magnétiques sont caractérisés par une aptitude améliorée à l'insertion. Avec un
30 fil magnétique ayant un revêtement supérieur de Nylon 11 et 12, davantage de tours par bobines peuvent être insérés quand cela est nécessaire sans qu'il soit besoin de refaire la conception des moteurs. En outre, une augmentation du nombre de bobinages insérés simultanément devient possible, ce qui réduit les coûts
35 de fabrication.

Un autre avantage des Nylons 11 et 12 est leur résistance à l'humidité. Le Tableau 1 compare l'absorption de l'eau par les Nylons.

TABLEAU 1

Absorption de l'eau par le Nylon

Type de Nylon	24 h ASTM D 570	Equilibre à une humidité relative de 50 %	Equilibre à une humidité relative de 100 %
5			
6	1,60 %	2,7 %	9,5
6,6	1,50	2,5	8,0
11	0,25	0,8	1,9-2,9
10 12	0,25	0,7	1,4-2,5 (estimé)

La tendance inférieure du Nylon 11 ou 12 à absorber l'eau fournit un avantage particulier par rapport au Nylon 6 ou 6,6, quand on les utilise pour faire des fils magnétiques. Le Nylon 11 conserve ses propriétés électriques mieux que le Nylon 6 ou 15 6,6 dans un environnement humide (voir le Tableau 2).

TABLEAU 2

Résistivité volumique des Nylons en fonction de l'humidité relative

Type de Nylon	Humidité relative	Résistivité volumique ASTM D 257 (ohm . cm)
20		
6	sec	10 ¹⁵
	50 %	10 ¹³
	100 %	10 ⁸
25 6,6	sec	10 ¹⁵
	50 %	10 ¹³
	100 %	10 ⁹
11	sec	10 ¹⁵
	50 %	10 ¹⁴
30	100 %	10 ¹³

Le classement thermique d'un fil magnétique de polyester à revêtement supérieur à 20 % de Nylon 11 ou 12, est la catégorie 180°C. Cependant, dans certaines applications, il 35 faut considérer que cette température est dans l'intervalle de ramollissement.

Quand on détermine la résistance de la liaison des bobines liées, comme selon NEMA Standards Publication N° MW

1000-1977, Part 3, 57, on trouve que les bobines hélicoïdales faites selon l'invention ont des résistances de liaison supérieures à tout autre revêtement lié thermoplastique. En raison de l'intervalle de ramollissement étroit du revêtement
5 supérieur de cette invention, cette résistance de liaison supérieure se maintient à des températures allant jusqu'aux températures de liaison nécessaires minimales.

L'avantage principal de la présente invention est la fourniture d'un nouveau fil magnétique autoliant amélioré
10 qui a un plus faible coefficient de frottement que les autres fils magnétiques, qui est cependant résistant à l'humidité, qui n'est pas cassant quand il est sec, qui est autoliant à une température d'environ 185 à 200°C et, quand il est utilisé sur un revêtement de base approprié, a un indice de classement
15 thermique de 180°C (ASTM D-2307) ce qui permet d'utiliser le fil magnétique dans pratiquement toutes les applications classiques.

Les avantages précédents de l'invention seront mieux compris et appréciés en se référant à la description détaillée
20 suivante et aux dessins annexés.

Sur les dessins annexés :

La Figure 1 est une vue en coupe d'un fil magnétique ayant des revêtements selon la présente invention.

La Figure 2 est un graphique illustrant la résistance
25 de liaison d'une bobine de fil magnétique de la présente invention à diverses températures.

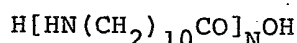
La Figure 1 représente un mode de réalisation préféré d'un fil magnétique selon la présente invention. Le fil magnétique 1 comprend un conducteur central 2, généralement à un
30 seul brin, dont la section est en général circulaire. Bien que le conducteur dans un fil magnétique ait habituellement une section circulaire, il peut également être étiré selon des formes carrées, rectangulaires, de ruban ou toute autre forme.

Un revêtement de base isolant 3 est prévu autour et
35 sur toute la longueur du conducteur 2, comme représenté sur la Figure 1. Le revêtement de base selon la présente invention consiste de préférence en un polyester modifié pour applications à température élevée. Cependant, d'autres matériaux de

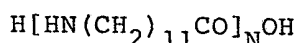
revêtement de base sont envisagés pour la présente invention, comme le polyvinylformal, les polyuréthanes et les résines époxy. D'autres matériaux de base comprennent les acryliques, les polyimides, les amides-imides, le polyester à groupement imide, les polyesters amide-imide. Les polyesters préférés comprennent le polyester classique d'indice thermique de 155°C à base d'acide ou d'éther téréphtalique, d'éthylèneglycol et de glycérol, et le polyester de classe thermique 180°C typiquement à base d'acide téréphtalique, de THEIC (isocyanurate de (tris-hydroxyéthyle) et de glycérol.

Bien que cela ne soit pas représenté, le revêtement de base 3 peut également consister en un système multiple. Par exemple, le revêtement de base peut comprendre un amide-imide comportant un revêtement supérieur de polyester modifié par THEIC de classe thermique 180°C, ou du Nylon 6,6 comportant un revêtement supérieur de polyester à groupement imide, ou un téréphtalate de polyéthylène à revêtement supérieur de polyester.

Le revêtement supérieur 4 de la présente invention, prévu autour et sur toute la longueur du revêtement de base, est un polyamide, notamment le Nylon 11, le Nylon 12 ou leurs mélanges. Le Nylon 11 est le polyundécanamide de formule chimique :



Le Nylon 11 est préparé à partir de l'acide 11-amino-undécanoïque. Le Nylon 12 est le polydodécanamide de formule chimique :



Comme le Nylon 11 et le Nylon 12 sont miscibles, on peut en utiliser un mélange comme revêtement supérieur du fil magnétique de la présente invention. Le tableau suivant, Tableau 3, illustre certaines propriétés du Nylon 11 et du Nylon 12.

TABLEAU 3

Propriétés du Nylon 11 et du Nylon 12

Propriété	Nylon 11	Nylon 12
Température de fusion °C	185	175-180
Coefficient de frottement (Dynamique)	0,14-0,15	0,16

La quantité de revêtement supérieur de Nylon 11 et/ou 12 peut varier de 5 à 95 % de la pellicule totale déposée sur le

conducteur et peut être appliquée sur un fil magnétique de
quelconque dimension ou forme. De préférence, le revêtement
supérieur de Nylon 11 et/ou 12 représente d'environ 10 à 20 %
de la pellicule totale déposée. La quantité de revêtement
5 supérieur peut dépendre de l'utilisation finale du fil
magnétique. Par exemple, on a trouvé que le Nylon 11 améliore
les propriétés d'enroulement et d'insertion du fil magnétique.
Donc, si le but essentiel est le bobinage et l'insertion, un
revêtement supérieur relativement fin (10 % de la pellicule
10 totale) peut alors être indiqué dans un but d'économie. Si le
but principal est l'aptitude à la liaison du fil magnétique,
un revêtement supérieur plus épais (20 % ou plus de la pellicule
totale) peut alors être indiqué pour augmenter la résistance de
liaison finale. Bien que des revêtements supérieurs fins de
15 Nylon 11 et/ou Nylon 12 soient thermiquement liables, on a
trouvé que la résistance de la liaison augmente avec l'épaisseur
du revêtement supérieur.

Le fil magnétique de la présente invention peut être
fabriqué par un quelconque mode opératoire. L'exemple suivant
20 est donné uniquement à titre illustratif. Un fil de cuivre nu
rond ayant un diamètre nominal de 1,02 mm, est utilisé comme
conducteur. Le fil de cuivre nu est muni d'un revêtement de base
de polyester téréphtalique modifié par THEIC, appliqué à raison
d'environ 35 % de matières solides, dans quatre opérations de
25 revêtement. Chaque revêtement subit un durcissement classique
en four, par exemple par passage dans un four de 5,5 m,
maintenu à une température de 300 à 450°C, à une vitesse
d'environ 13,7 mètres par minute. Chaque revêtement successif
augmente le diamètre global du fil magnétique quand le fil
30 passe dans les filières de revêtement ayant un diamètre de 1,10
mm, 1,12 mm, 1,14 mm et 1,17 mm respectivement. Après
durcissement, le revêtement de base de polyester augmente le
diamètre du fil d'un total de 0,05 mm pour donner un diamètre
global de 1,07 mm.

35 On applique un revêtement supérieur de Nylon 11 ou de
Nylon 12 au fil revêtu en dissolvant d'abord le Nylon à raison
d'environ 20 % de matières solides en poids dans de l'acide
crésylique, consistant en un mélange de phénol, de crésol et de

xylénol, à une température d'environ 100 à 120°C. Ce mélange dissous est dilué par un hydrocarbure aromatique, comme le xylène, à environ 15 % de matières solides. La solution résultante contient environ 3 parties d'acide crésylique pour 5 1 partie d'hydrocarbure aromatique et a une viscosité d'environ 3 à 7 pascal.secondes à 25°C. Cette solution est appliquée sur le fil magnétique portant un revêtement de base, de préférence en deux couches. Chacune des deux couches est appliquée en faisant passer le fil magnétique dans des filières de 10 revêtement ayant chacune un diamètre de 1,195 mm. Le revêtement sur le fil est durci dans le four mentionné précédemment, après quoi le diamètre du fil a augmenté d'un total de 0,02 mm et est donc de 1,09 mm. Un revêtement supérieur de Nylon 11 et/ou 12 représentant 25 à 30 % peut typiquement être appliqué 15 régulièrement sur un fil de 1,02 mm, en deux opérations. La pellicule de revêtement supérieur de Nylon totale déposée sur le fil magnétique de la présente invention représente environ 25 % de l'épaisseur de revêtement globale.

Le revêtement de Nylon 11 ou de Nylon 12 peut être 20 appliqué sur le fil magnétique par des procédés classiques. On peut également appliquer le revêtement supérieur par des procédés plus récemment mis au point comme l'extrusion ou le revêtement par poudre, ou bien le revêtement supérieur peut être fondu sur le fil par des méthodes différentes comme l'utilisation 25 de micro-ondes, de chauffage par induction ou de laser, pour fondre le Nylon et le faire s'écouler régulièrement autour du fil.

Le fil magnétique de la présente invention est caractérisé par des propriétés améliorées d'enroulement et 30 d'insertion en raison de son faible coefficient de frottement. Comme cela est classique, un lubrifiant sec, comme de la paraffine, peut être appliqué sur le fil magnétique pour aider à encore mieux le lubrifier. Ainsi, le fil magnétique de la présente invention est capable de surmonter les contraintes 35 d'une machine d'enroulement de précision à vitesse élevée, comme celle utilisée pour l'enroulement de bobines de dérivation pour la télévision en couleur. Un tel fil magnétique résiste suffisamment à l'abrasion et aux chocs thermiques dans une telle

application. Un avantage supplémentaire important de la présente invention est que le fil magnétique est thermiquement liable, c'est-à-dire qu'il est liable dans un four ou par chauffage par résistance ou par un procédé similaire à une température 5 suffisamment faible pour qu'elle ne soit pas nuisible à l'ensemble, d'environ 180 à 200°C.

Le Nylon 11 et/ou le Nylon 12 constitue un excellent adhésif thermique pour le fil magnétique enroulé, par chauffage de la bobine au moins à la température de fusion du matériau 10 de revêtement supérieur, qui est de 185°C pour le Nylon 11 et de 175°C pour le Nylon 12. La température à laquelle le revêtement supérieur de Nylon est exposé ne doit pas être suffisamment élevée pour dégrader le fil magnétique. Pour toutes les applications pratiques, le chauffage de la bobine à une 15 température de 190 à 200°C effectuera une liaison efficace des fils magnétiques enroulés de la présente invention.

Jusqu'à présent, une bobine de dérivation était liée par trempage de la bobine entière dans un solvant de liaison/activation. Ou bien, un revêtement de vernis devait être appliqué 20 sur la bobine au cours d'une opération annexe. Lorsque l'on utilise le fil magnétique de la présente invention, il suffit simplement de chauffer la bobine de dérivation pour lier la bobine. La résistance de la liaison est suffisante pour que la bobine conserve la configuration liée lorsqu'on l'utilise à 25 températures élevées, comme celles que l'on rencontre dans le fonctionnement d'un appareil de télévision en couleur.

Pour déterminer la résistance de la liaison, selon la norme ASTM D 2519, on enroule selon un bobinage hélicoïdal le fil magnétique décrit précédemment selon la présente invention 30 (hélice de 6,35 mm). Les bobines sont ensuite liées par chauffage par résistance à environ 200°C. Après refroidissement à la température ambiante, on détermine la résistance de liaison des bobines. La résistance de la liaison à la température ambiante pour un fil de 1,02 mm est de 133 à 178 Newtons. La 35 rétention de la résistance de la liaison à températures élevées est représentée sur la Figure 2. Les bobines utilisées pour obtenir les résultats représentés sur la Figure 2 sont construites et testées selon NEMA Standards Publication N° MW 1000-1977,

Part 3, 57, et les bobines sont liées à 200°C. Il est important de noter que le fil magnétique de la présente invention retient plus de 50 % de sa résistance de liaison à la température ambiante, quand on le chauffe à 150°C.

REVENDEICATIONS

1. Fil magnétique comprenant un conducteur consistant en cuivre, aluminium ou alliage d'aluminium ; un revêtement de base thermodurcissable organique complet, proche du conducteur, et consistant en au moins une couche de matériau isolant autour et sur toute la longueur du conducteur ; et un revêtement supérieur autoliable, près du revêtement de base, autour et sur toute la longueur de ce revêtement de base, où le revêtement supérieur est un polyamide, caractérisé en ce que le revêtement supérieur consiste en polyundécanamide, polydodécanamide ou leurs mélanges, et le revêtement supérieur représente de 5 à 95 % de l'épaisseur totale de revêtement.

2. Fil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conducteur a une section circulaire.

3. Fil magnétique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le conducteur a une section rectangulaire.

4. Fil magnétique selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 3, caractérisé en ce qu'un lubrifiant sec est appliqué sur le revêtement supérieur.

5. Fil magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est liable à une température élevée comprise entre environ 190 et 200°C, ledit conducteur comprend un seul brin de fil, ledit revêtement de base est un polyester modifié thermodurcissable, et le revêtement supérieur représente environ 10 à 20 % de l'épaisseur totale de revêtement.

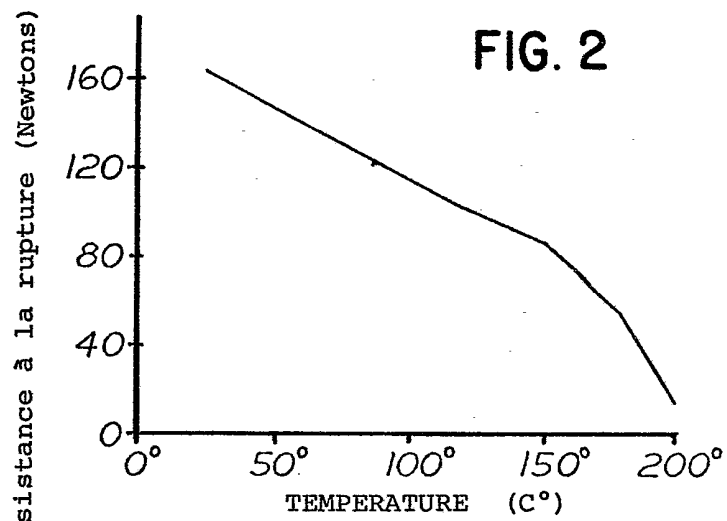
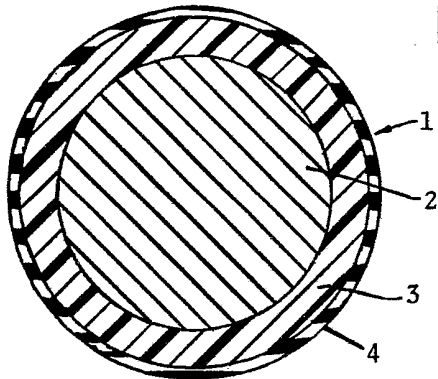
6. Fil magnétique selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il a une durée de vie d'au moins 20.000 heures à 155°C, et en ce que le revêtement supérieur consiste en polyundécanamide.

7. Fil magnétique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il est liable à une température d'environ 190 à 200°C, ledit conducteur consiste en un seul brin de fil d'un diamètre de 1,63 à 0,143 mm, ledit revêtement de base est un polyester modifié thermodurcissable ayant une épaisseur relativement uniforme représentant d'environ 60 % à 90 % de l'épaisseur totale de revêtement, et ledit revêtement supérieur a une épaisseur relativement uniforme

d'environ 10 % à 40 % de l'épaisseur totale de revêtement.

8. Fil magnétique selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'il a une résistance de la liaison résultante d'au moins 89 Newtons à une température de 150°C, 5 une durée de vie d'au moins 20.000 heures à 155°C, et un coefficient de frottement dynamique, pellicule sur pellicule, de 0,14 à 0,16, et en ce que le revêtement supérieur consiste en polyundécanamide ayant une épaisseur relativement uniforme d'environ 0,005 à 0,015 mm.

10 9. Fil magnétique selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit conducteur consiste en un seul brin d'un fil de cuivre de 1,29 à 0,455 mm, et le polyester modifié thermodurcissable a une épaisseur relativement uniforme d'environ 0,02 à 0,03 mm.



Fil de 1,02 mm de $\varnothing$; hélices de 6,35 mm