



(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
09.06.1999 Bulletin 1999/23

(51) Int Cl.⁶: H01F 6/06, H01L 39/24

(21) Numéro de dépôt: 98402909.0

(22) Date de dépôt: 23.11.1998

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

• Legat, Denis
91090 Lisses (FR)
• Leriche, Albert
91190 Gif sur Yvette (FR)

(30) Priorité: 04.12.1997 FR 9715293

(74) Mandataire: Buffiere, Michelle et al
Compagnie Financiere Alcatel,
DPI,
30, avenue Kléber
75116 Paris (FR)

(71) Demandeur: ALCATEL
75008 Paris (FR)

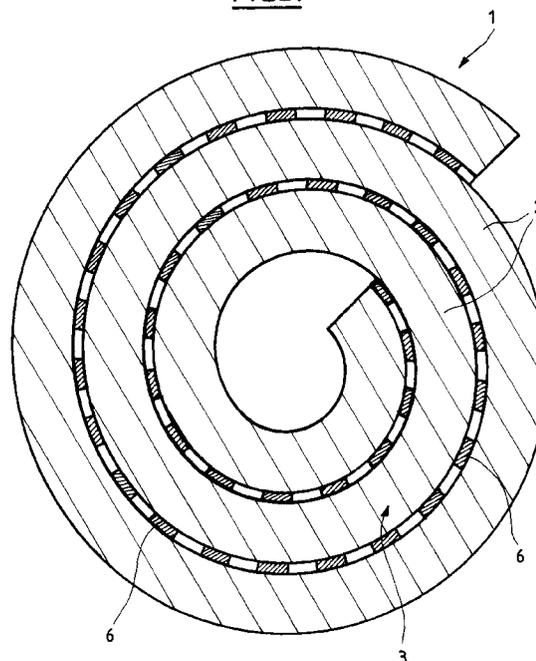
(72) Inventeurs:
• Duperray, Gérard
91290 La Norville (FR)

(54) Bobine supraconductrice haute temperature critique et procédé pour la fabrication d'une telle bobine

(57) l'invention concerne une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc comprenant au moins un enroulement constitué

d'une pluralité de spires réalisées à partir d'un brin multifilamentaire supraconducteur HTc, ledit brin comprenant une pluralité de filaments supraconducteurs HTc noyés dans une matrice d'argent, et un matériau métallique oxydé, au moins en surface, intercalé entre les spires, isolant électriquement les spires les une des autres, selon l'invention le matériau métallique oxydé est un matériau aéré.

FIG_1



Description

[0001] L'invention concerne une bobine supraconductrice haute température critique, et un procédé pour la fabrication d'une telle bobine.

[0002] Une bobine supraconductrice haute températures critique (HTc) comprend au moins un enroulement d'un brin multifilamentaire supraconducteur HTc.

[0003] Le brin multifilamentaire supraconducteur HTc comprend une pluralité de filaments en céramique supraconductrice HTc noyé dans une matrice d'argent.

[0004] Le brin multifilamentaire supraconducteur HTc est réalisé selon la technologie "poudre en tube" (Powder In Tube, PIT). Cela consiste à remplir une billette de réactifs poudreux susceptibles, après traitement thermique, de se transformer en matériau supraconducteur de type céramique HTc. Cette billette est ensuite fermée sous vide et étirée, mis en faisceau dans une nouvelle billette elle-même fermée sous vide et étirée à son tour. Le brin multifilamentaire résultant peut subir les mêmes étapes, et ainsi de suite jusqu'au nombre de filaments par unité de surface voulu.

[0005] Le brin ainsi réalisé est alors mis en forme définitive puis traité thermiquement pour la transformation des réactifs poudreux en céramique supraconductrice HTc.

[0006] Dans un premier mode de réalisation de bobine supraconductrice HTc, dénommé "react and wind" (réaction et enroulement), le brin multifilamentaire supraconducteur HTc est d'abord traité thermiquement puis la bobine est réalisée à partir du brin multifilamentaire supraconducteur en phase supraconductrice.

[0007] Ce mode de fabrication permet de s'affranchir des problèmes d'isolation des spires constitutives de l'enroulement. En effet l'isolation peut être rapporté à froid lors de la constitution de la bobine.

[0008] En revanche, ce mode de fabrication induit des contraintes mécaniques dans le brin multifilamentaire supraconducteur HTc en phase supraconductrice, néfastes aux performances électriques de la bobine ainsi réalisée.

[0009] Dans un deuxième mode de réalisation de bobine supraconductrice HTc, dénommé "wind and react" (enroulement et réaction), on réalise la bobine avec un brin multifilamentaire supraconducteur HTc en phase non supraconductrice, puis la bobine ainsi réalisé est traité thermiquement afin de synthétiser les réactifs poudreux en céramique supraconductrice HTc.

[0010] Ce deuxième mode de réalisation permet de s'affranchir d'une grande partie des problèmes de contraintes mécaniques dans la bobine et donc d'améliorer les performances électriques intrinsèques de la bobine.

[0011] Cependant ce deuxième mode de réalisation présente des difficultés pour isoler les spires les unes des autres. En effet il est nécessaire que les spires de la bobine à matrice d'argent ne se touchent pas lors du traitement thermique sans quoi cela créerait d'office des courts-circuits entre les spires.

[0012] On connaît l'utilisation de papier céramique isolant qui est co-enroulé avec le brin multifilamentaire en phase non-conductrice. Cependant ce type de papier a plusieurs désavantages à savoir :

5 l'amélioration du rapport d'Ampère.tours/volume est, pour partie, fonction de l'épaisseur de l'isolant. Plus l'épaisseur de l'isolant est fine, plus le rapport ci-dessus est favorable. Les papiers céramiques commercialisés sont de l'ordre de 0,3 mm ce qui est bien trop important. 10 Il faudrait que l'épaisseur de l'isolant ne dépasse pas 0,1 mm. Or un papier céramique de cette épaisseur est très fragile et ne permet pas une utilisation industrielle en grande série à des coûts de production abordables.

15 [0013] Un autre inconvénient est dû au fait que le papier céramique, pour pouvoir être manipulé, est imprégné avec un produit organique dégageant du CO₂ lors du traitement thermique. Ce CO₂ est un agent polluant pouvant mettre en péril la synthèse de la céramique supraconductrice.

20 [0014] Enfin, une fois le traitement thermique réalisé, le papier céramique n'est plus autoportant et donc la bobine est très difficile à manipuler, notamment durant les étapes de consolidation et de renforcement, par exemple par injection de résine.

25 [0015] Il est nécessaire de trouver un matériau ayant une grande résistivité électrique, facilement façonnable, ne constituant pas un danger de pollution de l'argent et/ou des précurseurs poudreux lors de la phase critique de synthèse, et autoportant tant avant qu'après le traitement thermique.

30 [0016] EP-A-0772208 décrit une bobine et un procédé de fabrication "react and wind" d'une bobine supraconductrice HTc. Le brin multifilamentaire HTc est co-enroulé avec une feuille pleine en matériau métallique dont la surface a été préalablement oxydée.

35 [0017] EP-A-0772208 permet d'améliorer la tenue mécanique de la bobine tout en diminuant les épaisseurs requises pour l'isolant (de l'ordre de 0,03 mm).

40 [0018] Cependant l'utilisation de la feuille pleine en matériau métallique induit d'autres inconvénients, à savoir :

la synthèse des précurseurs en phase supraconductrice nécessite de l'oxygène. Cet oxygène est transporté vers les précurseurs à travers la matrice d'argent du brin multifilamentaire. Or, dans le procédé proposé par EP-A-0772208, seule l'épaisseur du brin multifilamentaire est en contact avec l'atmosphère oxygénée entourant la bobine. Le reste du brin est intercalé entre deux feuilles métalliques pleines, peu accessibles à 45 l'oxygène.

50 [0019] En outre, sachant que durant le traitement thermique de synthèse, les précurseurs sont partiellement dans une phase liquide, en cas d'accroc dans la gaine d'argent, la fraction des précurseurs en phase liquide s'écoule par capillarité entre la feuille métallique oxydée et la matrice d'argent, induisant de ce fait une pollution des précurseurs par l'oxyde de métal, et une variation de la composition stoechiométrique des pré-

courseurs pouvant affecter sensiblement la synthèse en phase supraconductrice.

[0020] Le but de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication d'une bobine à brin multifilamentaire HTc palliant les inconvénients résultant du procédé ci-dessus, et une bobine ainsi réalisée.

[0021] A cet effet, l'invention concerne une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc comprenant au moins un enroulement constitué

d'une pluralité de spires réalisées à partir d'un brin multifilamentaire supraconducteur HTc, ledit brin comprenant une pluralité de filaments supraconducteurs HTc noyés dans une matrice d'argent, et un matériau métallique oxydé, au moins en surface, intercalé entre les spires, isolant électriquement les spires les une des autres.

[0022] Selon l'invention, le matériau métallique oxydé est un matériau aéré.

[0023] Dans un mode de réalisation le matériau métallique oxydé aéré est constitué d'une pluralité de fils métalliques tissés oxydés.

[0024] Dans un autre mode de réalisation, le matériau métallique oxydé aéré est un déployé en métal oxydé.

[0025] le matériau métallique oxydé est choisi parmi Fe, Ni, Al, Cu, ou un mélange de ceux-ci.

[0026] L'invention concerne aussi un procédé de fabrication d'une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc telle que décrite ci-dessus, dans lequel :

on enroule conjointement le brin multifilamentaire HTc non synthétisé avec le matériau métallique aéré réalisant ainsi une bobine supraconductrice HTc non-synthétisée, et

on traite thermiquement, en atmosphère oxygénée, la bobine ainsi réalisée pour synthétiser le brin supraconducteur HTc en phase supraconductrice et pour oxyder, au moins en surface, le matériau métallique aéré.

[0027] Dans une variante de réalisation, le matériau métallique aéré peut subir un traitement thermique préalable de pré-oxydation.

[0028] Une série d'avantages de la présente invention résulte du caractère aéré du matériau métallique :

[0029] Cela permet d'augmenter substantiellement la surface de la gaine d'argent au contact de l'atmosphère oxygénée. La synthèse en phase supraconductrice est plus complète et dure moins longtemps.

[0030] L'oxydation du matériau métallique aéré peut être fait conjointement avec le traitement thermique de synthèse.

[0031] La surface du matériau métallique oxydé au contact de la gaine d'argent étant sensiblement réduite par rapport à une feuille pleine, les fuites par capillarité des précurseurs en phase liquide sont elles aussi rédui-

tes.

[0032] Pour les mêmes raisons, la pollution par le métal oxydé des précurseurs est limitée.

[0033] D'autres avantages, comme l'atténuation de l'influence des accrocs dans la gaine d'argent sur les performances de la bobine, la réduction du temps de fabrication d'une bobine, permettent l'application du procédé selon l'invention à la grande série, tout en maintenant les performances des bobines fabriquées.

[0034] D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention résulteront de la description qui va suivre en référence aux dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est une vue schématique en coupe transversale d'une bobine selon la présente invention.

La figure 2 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un détail d'une isolation entre deux spires d'une bobine selon l'invention dans un premier mode de réalisation.

La figure 3 est une vue schématique en coupe longitudinale d'un détail d'une isolation entre deux spires d'une bobine selon l'invention dans un deuxième mode de réalisation.

[0035] L'invention concerne une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc 3 comprenant au moins un enroulement 1 constitué

d'une pluralité de spires 2, 2a, 2b réalisées à partir d'un brin multifilamentaire supraconducteur HTc 3, ledit brin 3 comprenant une pluralité de filaments supraconducteurs HTc 4 noyés dans une matrice d'argent 5, et

un matériau métallique oxydé 6, 7, 8, au moins en surface, intercalé entre les spires 2, 2a, 2b, isolant électriquement les spires 2, 2a, 2b les une des autres. Le matériau métallique oxydé 6, 7, 8 est un matériau aéré.

[0036] On entend par matériau métallique oxydé aéré un matériau métallique au moins oxydé en surface, non continu, présentant des trous traversants.

[0037] Le brin multifilamentaire est réalisé selon toute méthode connue, notamment les méthodes PIT (Powder In Tube).

[0038] Sur la représentation de la figure 2, le matériau métallique oxydé aéré 6 est constitué d'une pluralité de fils métalliques oxydés 7 tissés ensemble. Le tissu ainsi réalisé autorise une circulation de l'oxygène entre les spires de la bobine lors du traitement thermique de synthèse et d'oxydation.

[0039] Sur la représentation de la figure 3, le matériau métallique oxydé aéré 6 est un déployé en métal oxydé 8. La maille du déployé métallique autorise une circulation de l'oxygène entre les spires de la bobine lors du traitement thermique de synthèse et d'oxydation.

[0040] Le matériau métallique destiné à être oxydé

est choisi parmi les métaux les plus oxydables, notamment parmi Fe, Ni, Al, Cu, ou un mélange de ceux-ci.

[0041] L'invention concerne aussi un procédé de fabrication d'une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc telle que décrite ci-dessus.

[0042] Les étapes du procédé sont les suivantes:

on enroule conjointement un brin multifilamentaire HTc 3 non synthétisé avec le matériau métallique aéré 6, 7, 8 réalisant ainsi une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc 3 non synthétisée, et

on effectue un traitement thermique de la bobine ainsi réalisée pour synthétiser le brin supraconducteur HTc 3 en phase supraconductrice et pour oxyder, au moins en surface, le matériau métallique aéré 6.

[0043] Dans une variante de réalisation, le matériau métallique aéré 6 subit un traitement thermique préalable de pré-oxydation.

Revendications

1. Bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc comprenant au moins un enroulement (1) constitué

d'une pluralité de spires (2,2a,2b) réalisées à partir d'un brin multifilamentaire supraconducteur HTc (3), ledit brin (3) comprenant une pluralité de filaments supraconducteurs HTc (4) noyés dans une matrice d'argent (5), et un matériau métallique oxydé (6), au moins en surface, intercalé entre les spires (2,2a,2b), isolant électriquement les spires (2,2a,2b) les une des autres,

caractérisé en ce que le matériau métallique oxydé (6) est un matériau aéré.

2. Bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc selon la revendication 1 caractérisé en ce que le matériau métallique oxydé aéré (6) est constitué d'une pluralité de fils métalliques oxydés (7) tissés.

3. Bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc selon la revendication 1 caractérisée en ce que le matériau métallique oxydé aéré (6) est un déployé en métal oxydé (8).

4. Bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisée en ce que le matériau métallique qui a été oxydé est choisi parmi Fe, Ni, Al, Cu, ou un mélange de ceux-ci.

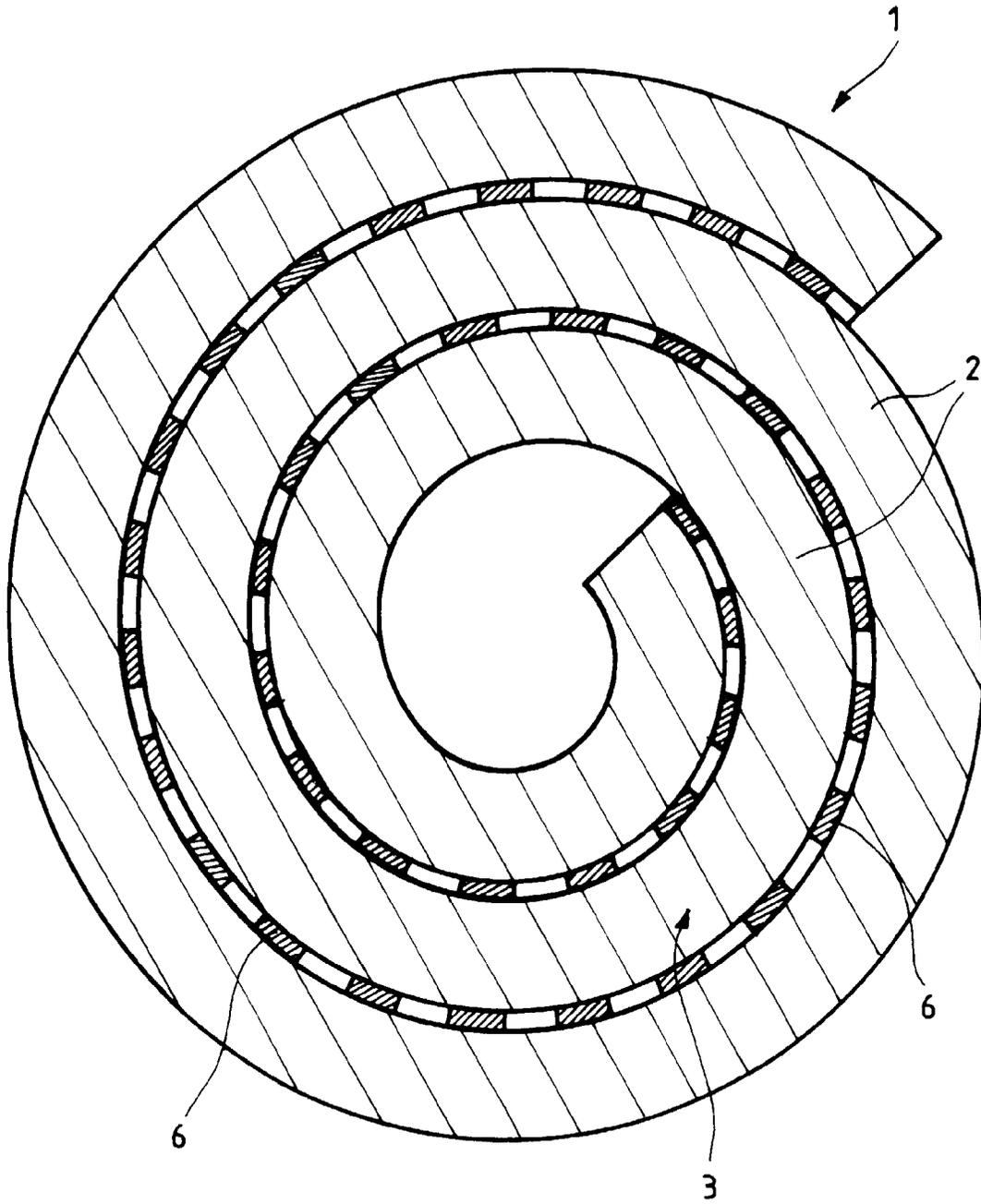
5. Procédé de fabrication d'une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc (3) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 caractérisé en ce que

on enroule conjointement un brin multifilamentaire HTc (3) non synthétisé avec le matériau métallique aéré (6,7,8) réalisant ainsi une bobine à brin multifilamentaire supraconducteur HTc (3) non synthétisée, et

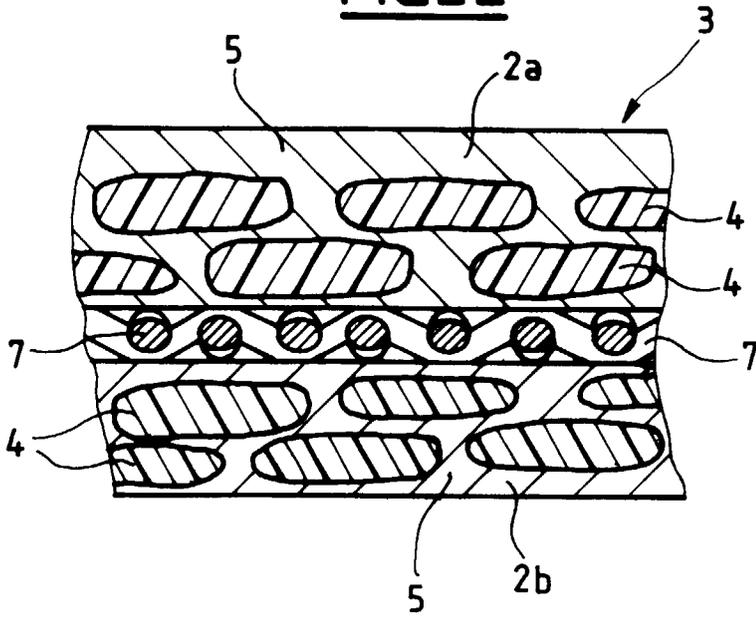
on effectue un traitement thermique de la bobine ainsi réalisée pour synthétiser le brin supraconducteur HTc (3) en phase supraconductrice et pour oxyder, au moins en surface, le matériau métallique aéré (6,7,8).

6. Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que le matériau métallique aéré (6) subit un traitement thermique préalable de pré-oxydation.

FIG. 1



FIG_2



FIG_3

