



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
14.09.94 Bulletin 94/37

⑤① Int. Cl.⁵ : **H05B 6/02, H05B 6/42**

②① Numéro de dépôt : **91401572.2**

②② Date de dépôt : **13.06.91**

⑤④ **Bobine de chauffage inductif.**

③⑩ Priorité : **15.06.90 FR 9007507**

④③ Date de publication de la demande :
18.12.91 Bulletin 91/51

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
14.09.94 Bulletin 94/37

⑥④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE ES FR GB IT LI LU NL SE

⑤⑥ Documents cités :
DE-A- 2 347 592
FR-A- 1 150 187
FR-A- 1 371 223
FR-A- 2 555 353
US-A- 4 176 237

⑦③ Titulaire : **ROTELEC S.A.**
Les Mercuriales - Tour du Ponant,
40, Rue Jean-Jaurès
F-93176 Bagnolet (FR)

⑦② Inventeur : **Hellegouarc'h, Jean**
22 Quai d'Artois
F-94170 Le Perreux sur Marne (FR)
Inventeur : **Prost, Gérard**
95bis, boulevard Jean-Jaurès
F-94260 Fresnes (FR)

⑦④ Mandataire : **Weinmiller, Jürgen et al**
Lennéstrasse 9
Postfach 24
D-82336 Feldafing (DE)

EP 0 462 011 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne de manière générale le chauffage par induction électromagnétique. Elle s'applique notamment, quoique non exclusivement, au chauffage au défilé des rives de produits métallurgiques plats devant subir des déformations à chaud. De tels produits sont notamment des produits sidérurgiques qui doivent être chauffés ou réchauffés avant d'être aplatis et/ou élargis par passage entre les rouleaux d'un laminier.

Un tel chauffage est réalisé de manière typique à l'aide d'un dispositif comportant :

- un circuit magnétique présentant un entrefer,
- des moyens de transport pour faire défiler le produit à chauffer dans cet entrefer,
- une bobine entourant ce circuit magnétique au voisinage de cet entrefer,
- un ensemble capacitif qui est typiquement constitué par une batterie de condensateurs et qui est connecté aux bornes de ladite bobine pour constituer un circuit résonnant à une fréquence de travail qui est généralement comprise entre 100 et 1000 Hz et qui est typiquement voisine de 250 Hz,
- et un générateur électrique injectant un courant dans ce circuit résonnant à la fréquence de travail.

La présence de l'ensemble capacitif permet de faire parcourir la bobine par un courant d'intensité beaucoup plus grande que celle du courant fourni par le générateur électrique. Ce dernier fournit alors seulement une puissance active effectivement consommée par le dispositif, une "puissance réactive", par exemple 10 fois supérieure, étant fournie par l'ensemble capacitif.

Le produit à chauffer défile souvent à grande vitesse et peut présenter des irrégularités qui obligent à prévoir un intervalle de passage important. De plus la température de ce produit est souvent telle qu'une couche thermiquement isolante doit être prévue de part et d'autre de cet intervalle de passage pour protéger la bobine et la structure électrotechnique attenante. Il en résulte que l'entrefer du circuit magnétique doit être grand, ce qui entraîne la présence d'un flux magnétique de fuite important dans la région de la bobine. Ce flux de fuite est partiellement inutile pour le chauffage du produit à chauffer, mais il induit des courants dans les conducteurs de la bobine et donc un chauffage parasite important affectant ces conducteurs.

Pour limiter ce chauffage parasite et augmenter le rendement énergétique du dispositif, c'est-à-dire le rapport de la puissance de chauffage développée par les courants induits dans le produit à chauffer, à la puissance active fournie par le générateur électrique, il est connu :

- de réaliser la bobine de chauffage sous une

forme aussi compacte que possible,

- de donner aux conducteurs électriques de cette bobine une forme suffisamment divisée, compte tenu de leur résistivité électrique et de la fréquence de travail, c'est-à-dire de leur donner des dimensions transversales suffisamment petites pour limiter la formation de courants induits dans la masse métallique de chacun de ces conducteurs, plusieurs conducteurs étant alors groupés en parallèle et isolés les uns des autres sauf à leurs deux extrémités où ils se raccordent à deux bornes communes à tous les conducteurs d'un groupe,
- de transposer les conducteurs d'un même groupe pour limiter les courants induits susceptibles de circuler en boucle en passant par deux conducteurs et les deux bornes du groupe,
- et de refroidir énergiquement la bobine à l'aide d'un circuit de refroidissement pour pouvoir appliquer une puissance de chauffage utile importante à l'aide d'une bobine de dimensions limitées.

C'est pourquoi une bobine de chauffage connue comporte certains éléments qui sont communs, quant à leurs fonctions indiquées ci-après, à cette bobine et à une bobine selon la présente invention, et qui sont les suivants :

- un noyau ferromagnétique,
- deux bornes électriques pour recevoir un courant alternatif,
- un groupe de conducteurs constitué de divers conducteurs électriques connectés en parallèle entre ces deux bornes électriques, ce groupe présentant la forme d'un enroulement autour dudit noyau ferromagnétique, une transposition de ces conducteurs étant réalisée au sein de ce groupe de manière à assurer une égalité approximative des divers flux magnétiques alternatifs entourés respectivement par les divers conducteurs de ce groupe, cette transposition étant réalisée à l'aide de déformations de transposition de ces conducteurs dans des zones de transposition de ces conducteurs,
- un conduit de refroidissement enroulé autour dudit noyau en contact thermique avec lesdits conducteurs,
- et des bornes hydrauliques pour faire circuler un fluide de refroidissement dans ledit conduit de refroidissement.

Le document de brevet US-A- 4 176 237 décrit par ailleurs un four à induction pour métal liquide. Ce four est muni d'une bobine de chauffage inductif comportant des conducteurs connectés en parallèle entre deux bornes électriques de cette bobine, chaque dit conducteur comportant un tube de refroidissement, le transport du courant dans ce conducteur

étant réparti entre des brins appliqués en contact thermique contre des parois de ce tube, la longueur de ce conducteur comportant des zones de forte déformation dans lesquelles il subit des déformations particulièrement intenses réalisant des transpositions de conducteurs et de brins pour limiter la formation de boucles de courant parasites.

De telles bobines connues laissent à désirer en ce qui concerne leur compacité, leur prix de revient et le rendement énergétique du dispositif de chauffage dont elles font partie.

La présente invention a notamment pour buts de permettre une fabrication qui soit simple d'une bobine de chauffage qui soit compacte et qui limite les pertes énergétiques d'un dispositif de chauffage par induction.

Selon cette invention le transport du courant dans chaque conducteur de la bobine est réparti entre des brins qui restent appliqués en contact thermique contre un tube de refroidissement de ce conducteur même dans des zones de transposition ou de vrillage où ce conducteur a subi des déformations particulièrement intenses, ce conducteur présentant au moins un vrillage d'un demi-tour entre les bornes électriques de la bobine.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes, on va décrire ci-après comment la présente invention peut être mise en oeuvre, étant entendu que les éléments et dispositions mentionnés et représentés ne le sont qu'à titre d'exemples non limitatifs. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné par le même signe de référence.

La figure 1 représente une vue d'un dispositif de chauffage de rives incluant deux bobines selon la présente invention.

La figure 2 représente un schéma électrique de ce dispositif.

La figure 3 représente une vue d'ensemble en élévation d'une bobine de la figure 1.

La figure 4 représente une vue de dessous de la bobine de la figure 3.

La figure 5 représente une vue partiellement arrachée en perspective d'une partie basse de cette même bobine.

La figure 6 représente une vue développée d'une barre de cette même bobine dans cette même partie basse.

La figure 7 représente une vue en coupe transversale d'un conducteur de cette barre.

Conformément à la figure 1 un dispositif de chauffage de rives est utilisé dans une installation sidérurgique en amont d'un laminoir. Un produit plat constitué par une tôle d'acier épaisse 1 circule sur des rouleaux de transport 2 selon une direction perpendiculaire au plan de la feuille et représentée par l'extrémité d'une flèche V.

Il passe à grande vitesse dans l'entrefer d'un circuit magnétique 4 dont les deux extrémités consti-

tuent les noyaux ferromagnétiques 5 et 6 de deux bobines de chauffage identiques 7 et 8.

Ces bobines sont protégées de la chaleur par des couches isolantes telles que 8A.

Ce circuit magnétique est articulé autour d'un axe 9 pour permettre, à l'aide d'un dispositif 10, d'augmenter provisoirement l'ouverture de l'entrefer 3 lorsque la tôle 1 présente un défaut en saillie qui pourrait venir heurter et endommager une extrémité du circuit magnétique.

Conformément à la figure 2 les bobines 7 et 8 sont connectées en série l'une avec l'autre et en parallèle avec un ensemble capacitif 11 entre les bornes d'un générateur 12. Ce dernier fournit une tension alternative à une fréquence de travail de 250 Hz. Le circuit résonnant formé par les bobines 7 et 8 et l'ensemble capacitif 11 est accordé à cette fréquence.

On va maintenant indiquer, en se référant aux figures 3 à 7, diverses dispositions avantageuses adoptées dans la bobine 7, étant entendu que les mots tels que haut, bas, monter, descendre, dessus, dessous, etc... sont employés seulement pour permettre de distinguer diverses parties de cette bobine, indépendamment des diverses orientations qu'une telle bobine peut présenter par rapport à la gravité dans divers dispositifs de chauffage.

Cette bobine comporte :

- un noyau 5 qui est typiquement constitué d'un matériau ferromagnétique et qui s'étend selon un axe de bobine A,
- deux bornes électriques 20, 22 pour recevoir un courant alternatif à une fréquence de travail de 250 Hz,
- et un groupe de conducteurs constitué de divers conducteurs électriques connectés en parallèle entre ces deux bornes électriques et enroulés autour du noyau 5. Une transposition de ces conducteurs est réalisée au sein de ce groupe de manière à assurer une égalité approximative des divers flux magnétiques alternatifs entourés respectivement par les divers dits conducteurs de ce groupe. Sa réalisation nécessite d'appliquer à chacun de ces conducteurs des déformations "de transposition" dans une zone "de transposition" de ce conducteur. Pour assurer son refroidissement la bobine comporte en outre :
 - un tube de refroidissement T incorporé dans chacun de ces conducteurs,
 - et des bornes hydrauliques 24, 26 pour faire circuler un fluide de refroidissement dans ce conduit de refroidissement.

Conformément à la présente invention chaque tube T présente une surface externe dont une partie au moins constitue une surface de contact thermique 28 s'étendant sur la longueur de ce tube. Il est constitué d'un matériau présentant une résistivité électrique suffisante, compte tenu de ses dimensions

transversales, pour limiter des courants induits dans ce matériau à la fréquence de travail.

Une pluralité des brins de transport de courant B1...B12 s'étendent sur la longueur du tube T. Ils sont constitués d'un matériau électriquement conducteur présentant une résistivité électrique inférieure à celle du matériau de ce tube. Chacun d'eux présente des dimensions transversales inférieures à celles de ce tube et choisies, compte tenu de cette résistivité inférieure, de manière à limiter des courants induits dans ce brin à la fréquence de travail. De plus il tourne au moins d'un demi-tour autour de ce tube entre les deux bornes électriques de manière à réaliser une transposition des brins au sein du conducteur.

Certains au moins de ces brins appartiennent à une première couche de brins B1, B2, B3. Ils sont appliqués contre la surface de contact thermique 28 de ce tube de manière à réaliser un contact thermique sans contact électrique.

- Des moyens d'isolement électrique 30 sont prévus pour isoler les brins au moins les uns des autres entre les bornes électriques, ainsi que des moyens de liaison 30, 32 suffisamment résistants mécaniquement pour maintenir ces brins en contact thermique continu avec cette surface de contact thermique même dans lesdites zones de transposition telles que ZT1. Chaque conducteur tel que C1 comporte pour cela une substance 30 de type connu qui sera appelée ci-après "résine interne" et qui est choisie pour être électriquement isolante, mécaniquement résistante, et pour adhérer fortement sur le tube T et les brins B1 à B12. De plus un ruban 32 électriquement isolant et mécaniquement résistant entoure l'ensemble constitué par le tube T, les brins B1 à B12 et la résine interne 30. Ce ruban est lui même imprégné d'une résine d'un type connu qui peut être différent de celui de la résine interne 30.
- Le tube T a une section sensiblement rectangulaire aplatie et présente deux faces principales 28, 36 s'étendant selon une largeur de ce tube et deux faces latérales 38, 40 s'étendant selon une épaisseur de ce tube plus petite que cette largeur. Chacune de ces deux faces principales constitue une dite surface de contact thermique. Au moins deux brins tels que B1 et B2 de la première couche B1...B3 sont appliqués en contact thermique sur chacune des deux faces principales du tube T. Ils sont décalés l'un par rapport à l'autre selon la largeur de ce tube. Au moins un vrillage de chaque conducteur tel que C1 est réalisé dans une zone de vrillage telle que ZV1 qui est propre à ce conducteur et qui s'étend sur une fraction limitée de la longueur de ce dernier. Ce vrillage est une torsion d'un demi-tour de ce conducteur autour d'un axe 42 du tube T pour faire

passer progressivement chacune des deux faces principales 28, 36 à la place de l'autre. On réalise ainsi la transposition des brins B1...B12 au sein de ce conducteur. Dans l'exemple décrit le tube T est constitué de bronze et les brins B1 à B12 sont constitués de cuivre pur.

Chacun des brins tels que B1 a une section sensiblement rectangulaire aplatie et présente deux faces principales 44, 46 qui s'étendent selon une largeur de ce brin qui est parallèle à la largeur du tube T. Ce brin présente en outre deux faces latérales 48, 50 qui s'étendent selon une épaisseur de ce brin qui est parallèle à l'épaisseur de ce tube et qui est plus petite que la largeur de ce brin. Certains seulement des brins constituent deux dites premières couches de brins B1 à B3 et B7 à B9 qui sont appliquées respectivement sur les deux faces principales 28, 36 du tube T. D'autres de ces brins constituent deux deuxièmes couches de brins B4 à B6 et B10 à B12 superposées à ces deux premières couches de manière à réaliser un contact thermique indirect entre ces deux faces principales du tube et ces deux deuxièmes couches à travers ces deux premières couches, respectivement.

Chacune de ces premières et deuxièmes couches comporte un même nombre de brins compris entre deux et cinq inclusivement. Ce nombre est de préférence égal à trois, conformément aux figures 3 à 6.

Chaque groupe de conducteurs constitue une barre 52 dans laquelle plusieurs conducteurs C1 à C5 se succèdent selon une direction axiale parallèle audit axe de bobine A. La bobine 7 s'étend selon ladite direction axiale entre deux zones extrêmes circulaires entourant chacune l'axe de bobine A. L'une de ces zones comporte lesdites bornes électriques 25, 26 et constitue une zone haute ZA. L'autre constitue une zone basse ZB. Deux sens de déplacement sont possibles selon ladite direction axiale : un sens descendant allant de cette zone haute vers cette zone basse et un sens montant opposé à ce sens descendant. La barre 52 part d'une première borne électrique 20 en tournant dans un sens direct 54 autour de l'axe de bobine A et en descendant. Elle forme ainsi un enroulement externe 56 présentant un premier diamètre. Un premier conducteur C1 est placé dans cet enroulement au bas de cette barre. Un deuxième conducteur C2 est placé au dessus de ce premier conducteur, et ainsi de suite jusqu'à un dernier conducteur C5 placé en haut de cette barre en dessus d'un avant dernier conducteur C4. Cette barre tourne et descend au sein de cet enroulement jusqu'à ce que le premier conducteur C1 atteigne ladite zone basse ZB de la bobine. Ce premier conducteur présente alors une déformation de transposition qui est réalisée dans la zone de transposition ZT1 de ce conducteur et qui l'amène à rejoindre un enroulement interne 58 formé par la même barre 52. Cet enroulement présente un deuxième diamètre plus petit que ledit premier diamètre et

la barre 52 monte en son sein tout en tournant autour de l'axe de bobine A dans ledit sens direct.

Le deuxième conducteur C2 situé dans l'enroulement externe atteint à son tour la zone basse de la bobine. Il présente alors la même déformation de transposition dans une zone de transposition ZT2 qui lui est propre et qui est décalée angulairement dans ledit sens direct à partir de la zone de transposition du premier conducteur. Cette déformation amène ce deuxième conducteur à rejoindre l'enroulement interne 58 tout en passant au dessous du premier conducteur C1, et ainsi de suite jusqu'à ce que le dernier conducteur C5 atteigne la zone basse ZB de la bobine. Ce dernier conducteur présente alors la même déformation de transposition dans une zone de transposition ZT5 décalée angulairement dans le même sens à partir d'une zone de transposition ZT4 de l'avant dernier conducteur C4. Cette déformation de transposition amène le conducteur C5 à rejoindre l'enroulement interne tout en passant au dessous de cet avant dernier conducteur. Il en résulte que le premier conducteur C1 est placé dans l'enroulement interne 58 au haut de la barre 52, le deuxième conducteur C2 au dessous de ce premier conducteur et ainsi de suite jusqu'au dernier conducteur C5 qui est placé au bas de cette barre. Cette dernière tourne et monte au sein de cet enroulement jusqu'à la deuxième borne électrique 22 dans la zone haute ZA de la bobine.

Dans la bobine décrite à titre d'exemple le nombre de conducteurs d'une barre est cinq et les épaisseurs du tube et des brins de chacun de ces conducteurs sont orientées selon la direction axiale. Les zones de vrillages ZV1 à ZV5 sont placées à côté des zones de transposition ZT1 à ZT5 de manière à former des successions angulaires régulières autour de l'axe A.

La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'une bobine de chauffage inductif. Ce procédé comporte les opérations connues suivantes :

- fabrication d'un groupe de conducteurs 52 constitué de conducteurs électriques déformables C1 à C5,
- fabrication d'un conduit de refroidissement déformable T,
- fabrication d'un noyau 5,
- enroulement dudit groupe de conducteurs autour dudit noyau, ferromagnétique avec application auxdits conducteurs de déformations d'enroulement relativement peu intenses,
- transposition desdits conducteurs au sein dudit groupe, cette opération de transposition accompagnant ladite opération d'enroulement et étant réalisée à l'aide de déformations de transposition appliquées localement à ces conducteurs et relativement intenses,
- enroulement dudit conduit de refroidissement autour dudit noyau,

- mise en place de bornes électriques 20, 22 aux extrémités dudit groupe de conducteurs,
- et mise en place de bornes hydrauliques 24, 26 aux extrémités dudit conduit de refroidissement.

Ce procédé est caractérisé par le fait que l'ensemble des deux dites opérations de fabrication d'un groupe de conducteurs 52 et d'un conduit de refroidissement est effectué sous la forme des opérations suivantes :

- fabrication d'un tube T constituant un dit conduit de refroidissement et présentant une surface externe dont une partie au moins constitue une surface de contact thermique 28 s'étendant sur la longueur de ce tube, ce tube présentant des dimensions transversales et étant constitué d'un matériau présentant une résistivité électrique,
- fabrication de brins de transport de courant B1...B12 présentant des dimensions transversales inférieures à celles dudit tube et constitués d'un matériau présentant une résistivité électrique inférieure à celle dudit matériau dudit tube,
- et liaison desdits brins audit tube à l'aide de moyens de liaison 30, 32 qui assurent un contact thermique continu entre ce tube et ces brins sans faire apparaître de contacts électriques de ces brins entre eux ni avec ce tube, grâce à quoi on constitue un dit conducteur tel que C1, ces moyens de liaison étant choisis suffisamment résistants mécaniquement pour maintenir la continuité de ce contact thermique même lorsque lesdites déformations de transposition seront appliquées à ce conducteur.

Revendications

1. Bobine de chauffage inductif, comportant des conducteurs connectés en parallèle entre deux bornes électriques (20, 22) de cette bobine (7), chaque dit conducteur (C1) comportant un tube de refroidissement (T), le transport du courant dans ce conducteur étant réparti entre des brins (B1...B12) appliqués en contact thermique contre des parois de ce tube, la longueur de ce conducteur comportant des zones de forte déformation dans lesquelles il subit des déformations particulièrement intenses réalisant des transpositions de conducteurs et de brins pour limiter la formation de boucles de courant parasites, cette bobine étant caractérisée par le fait que les positions relatives de ces brins par rapport aux parois de ce tube et les uns par rapport aux autres dans la section de ce conducteur sont sensiblement invariables sur toute la longueur de ce conducteur, même dans lesdites zones de forte déformation (ZT1, ZV1), une dite transposition étant réalisée

entre ces brins sous la forme d'un vrillage d'au moins un demi-tour de ce conducteur dans au moins une dite zone de forte déformation constituant une zone de vrillage de ce conducteur.

2. Bobine de chauffage inductif selon la revendication 1, notamment pour le chauffage au défilé des rives de produits métallurgiques plats devant subir des déformations à chaud, cette bobine comportant :

- deux bornes électriques (20, 22) pour recevoir un courant alternatif,
- un groupe de conducteurs constitué de divers conducteurs électriques connectés en parallèle entre les deux dites bornes électriques, ce groupe présentant la forme d'un enroulement autour d'un axe de bobine (A), une dite transposition de ces conducteurs étant réalisée au sein de ce groupe, cette transposition étant réalisée à l'aide de déformations de transposition de ces conducteurs dans desdites zones de forte déformation qui constituent des zones de transposition de ces conducteurs,
- un tube (T) de refroidissement incorporé dans chaque dit conducteur, ce tube présentant une surface externe dont une partie au moins constitue une surface de contact thermique (28) s'étendant sur la longueur de ce tube, ce tube présentant des dimensions transversales et étant constitué d'un matériau présentant une résistivité électrique,
- une pluralité de brins de transport de courant (B1...B12) s'étendant sur la longueur dudit tube et étant constitués d'un matériau électriquement conducteur présentant une résistivité électrique inférieure à celle dudit matériau dudit tube, chacun de ces brins présentant des dimensions transversales inférieures aux dites dimensions transversales de ce tube, chacun de ces brins tournant au moins d'un demi-tour autour de ce tube entre les deux dites bornes électriques de manière à réaliser une transposition de ces brins au sein de ce conducteur, certains au moins de ces brins appartenant à une première couche de brins (B1, B2, B3) et étant appliqués contre ladite surface de contact thermique (28) de ce tube de manière à réaliser un contact thermique sans contact électrique,
- des moyens d'isolement électrique (30) pour isoler lesdits brins au moins les uns des autres entre lesdites bornes électriques,
- des moyens de liaison (30, 32) pour maintenir lesdits brins au voisinage de ladite sur-

face de contact thermique,

- et des bornes hydrauliques (24, 26) pour faire circuler un fluide de refroidissement dans ledit tube de refroidissement,
- ladite bobine étant caractérisée par le fait que lesdits moyens de liaison (30, 32) sont suffisamment résistants mécaniquement pour maintenir sensiblement les positions relatives desdits brins (B1...B12) et du dit tube (T) dans lesdites zones de forte déformation (ZT1, ZV1).

3. Bobine selon la revendication 2, caractérisée par le fait que chaque dit conducteur (C1) comporte une résine interne (30) constituant au moins partiellement lesdits moyens d'isolement électrique (30) et lesdits moyens de liaison (30, 32).

4. Bobine selon la revendication 3, caractérisée par le fait que lesdits moyens de liaison (30, 32) comportent en outre un ruban (32) électriquement isolant et mécaniquement résistant entourant un ensemble constitué par ledit tube (T), lesdits brins (B1...B12) et ladite résine interne (30).

5. Bobine selon la revendication 2, caractérisée par le fait que ledit tube (T) a une section sensiblement rectangulaire aplatie et présente deux faces principales (28, 36) s'étendant selon une largeur de ce tube et deux faces latérales (38, 40) s'étendant selon une épaisseur de ce tube plus petite que cette largeur, chacune de ces deux faces principales constituant une dite surface de contact thermique,

- au moins deux dits brins (B1, B2) de ladite première couche (B1...B3) étant appliqués en contact thermique sur chacune des deux dites faces principales dudit tube et étant décalés l'un par rapport à l'autre selon ladite largeur de ce tube.

6. Bobine selon la revendication 5, caractérisée par le fait que chacun desdits brins (B1) a une section sensiblement rectangulaire aplatie et présente deux faces principales (44, 46) qui s'étendent selon une largeur de ce brin qui est parallèle à ladite largeur dudit tube (T), ce brin présentant en outre deux faces latérales (48, 50) qui s'étendent selon une épaisseur de ce brin qui est parallèle à ladite épaisseur de ce tube et qui est plus petite que ladite largeur de ce brin, certains seulement des dits brins constituant deux dites premières couches de brins (B1...B3, B7...B9) appliquées respectivement sur les deux dites faces principales (28, 36) dudit tube (T), d'autres de ces brins constituant deux deuxième couches de brins (B4...B6, B10...B12) superposées respectivement à ces deux premières couches de manière

à réaliser un contact thermique indirect entre ces deux faces principales du tube et ces deux deuxième couches à travers ces deux premières couches, respectivement.

7. Bobine selon la revendication 6, caractérisée par le fait que chacune desdites premières et deuxièmes couches comporte un même nombre de brins compris entre deux et cinq inclusivement, et de préférence égal à trois.

8. Bobine selon la revendication 2, caractérisée par le fait que chaque dit groupe de conducteurs constitue une barre (52) au sein de laquelle plusieurs dits conducteurs (C1...C5) se succèdent selon une direction axiale parallèle audit axe de bobine (A),

- ladite bobine (7) s'étendant selon ladite direction axiale entre deux zones extrêmes circulaires entourant chacune ledit axe de bobine, l'une de ces zones comportant lesdites bornes électriques (25, 26) et constituant une zone haute (ZA), l'autre de ces zones constituant une zone basse (ZB), deux sens étant alignés selon ladite direction axiale et constituant un sens descendant allant de cette zone haute vers cette zone basse et un sens montant opposé à ce sens descendant, ladite barre (52) partant d'une première dite borne électrique (20) en tournant dans un sens direct (54) autour dudit axe de bobine (A) et en descendant de manière à former un enroulement externe (56) présentant un premier diamètre, un premier dit conducteur (C1) étant placé dans cet enroulement au bas de cette barre, un deuxième conducteur (C2) étant placé au dessus de ce premier conducteur, et ainsi de suite jusqu'à un dernier conducteur (C5) placé en haut de cette barre en dessus d'un avant dernier conducteur (C4), cette barre tournant et descendant au sein de cet enroulement jusqu'à ce que ledit premier conducteur (C1) atteigne ladite zone basse (ZB) de la bobine, ce premier conducteur présentant alors une dite déformation de transposition dans une dite zone de transposition (ZT1) de ce conducteur de manière à rejoindre un enroulement interne (58) formé par ladite barre et présentant un deuxième diamètre plus petit que ledit premier diamètre, cette barre montant au sein de cet enroulement interne tout un tournant autour dudit axe de bobine dans ledit sens direct, ledit deuxième conducteur (C2) situé dans ledit enroulement externe atteignant ladite zone basse de la bobine et présentant alors une dite déformation de transposition dans une dite zone de transposition (ZT2) de ce conducteur décalée angulairement dans ledit sens direct à partir de ladite zone de transposition dudit premier conducteur, cette déformation de transposition amenant ce deuxième

conducteur à rejoindre ledit enroulement interne (58) tout en passant au dessous dudit premier conducteur (C1), et ainsi de suite jusqu'à ce que ledit dernier conducteur (C5) atteigne ladite zone basse de la bobine, ce dernier conducteur présentant alors une dite déformation de transposition dans une dite zone de transposition (ZT5) de ce dernier conducteur décalée angulairement dans ledit sens direct à partir d'une zone de transposition (ZT4) dudit avant dernier conducteur (C4), cette déformation de transposition amenant ce dernier conducteur à rejoindre ledit enroulement interne tout en passant au dessous de cet avant dernier conducteur, de sorte que ledit premier conducteur (C1) est placé dans ledit enroulement interne (58) au haut de ladite barre (52), ledit deuxième conducteur (C2) au dessous de ce premier conducteur et ainsi de suite jusqu'audit dernier conducteur (C5) qui est placé au bas de cette barre, cette barre tournant et montant au sein de cet enroulement jusqu'à une deuxième dite borne électrique (22) dans ladite zone haute (ZA) de la bobine.

9. Bobine selon la revendication 8, caractérisée par le fait que ladite zone de vrillage (ZV1) dudit conducteur (C1) est adjacente à ladite zone de transposition (ZT1) de ce conducteur.

10. Bobine selon la revendication 8, caractérisée par le fait que ledit tube (T) a une section sensiblement rectangulaire aplatie et présente deux faces principales (28, 36) s'étendant selon une largeur de ce tube et deux faces latérales (38, 40) s'étendant selon une épaisseur de ce tube plus petite que cette largeur, chacune de ces deux faces principales constituant une dite surface de contact thermique,
- au moins deux dits brins (B1, B2) de ladite première couche (B1...B3) étant appliqués en contact thermique sur chacune des deux dites faces principales dudit tube et étant décalés l'un par rapport à l'autre selon ladite largeur de ce tube.

11. Procédé de fabrication d'une bobine de chauffage inductif, ce procédé comportant les opérations suivantes :

- fabrication d'un tube de refroidissement (T) présentant une surface externe dont une partie au moins constitue une surface de contact thermique (28) s'étendant sur la longueur de ce tube, ce tube présentant des dimensions transversales et étant constitué d'un matériau présentant une résistivité électrique,
- fabrication de brins de transport de courant (B1...B12) présentant des dimensions

transversales inférieures à celles dudit tube et constitués d'un matériau présentant une résistivité électrique inférieure à celle dudit matériau dudit tube,

- et liaison desdits brins audit tube à l'aide de
moyens de liaison (30, 32) qui assurent un
contact thermique continu entre ce tube et
ces brins sans faire apparaître de contacts
électriques de ces brins entre eux ni avec
ce tube, grâce à quoi on constitue un
conducteur (C1), 5
- fabrication d'un groupe de conducteurs (52)
constitué de plusieurs dits conducteurs
(C1, C5), 10
- enroulement desdits de conducteurs en for-
me de bobine avec application à ces
conducteurs de déformations d'enroule-
ment relativement peu intenses, 15
- transposition desdits conducteurs au sein
dudit groupe et desdits brins au sein de cha-
que dit conducteur, ces opérations de
transposition accompagnant ladite opéra-
tion d'enroulement et étant réalisées à
l'aide de déformations appliquées locale-
ment à ces conducteurs et relativement in-
tenses, 20
- mise en place de bornes électriques (20,
22) aux extrémités dudit groupe de conduc-
teurs, 25
- et mise en place de bornes hydrauliques
(24, 26) aux extrémités desdits tubes de re-
froidissement, 30
- ce procédé étant caractérisé par le fait que
ladite opération de transposition desdits
brins (B1...B12) au sein dudit conducteur
est réalisée par vrillage d'au moins un demi-
tour de ce conducteur (C1) autour de son
axe (42), lesdits moyens de liaison étant
choisis suffisamment résistants mécani-
quement pour maintenir la continuité de ce
contact thermique même lorsque lesdites
déformations relativement intenses seront
appliquées à ce conducteur. 40

Patentansprüche

1. Induktive Heizspule mit parallel zwischen zwei
elektrischen Klemmen (20, 22) dieser Spule (7)
angeschlossenen Leitern (C1), die je ein Kühl-
rohr (T) besitzen, wobei der Stromtransport in
diesem Leiter zwischen Adern (B1 bis B12) ver-
teilt ist, die in Wärmekontakt an Wänden dieses
Rohrs anliegen, wobei dieser Leiters Längszo-
nen erheblicher Verformung aufweist, in denen
der Leiter besonders deutliche Verformungen zur
Bildung von Leiter- und Adernversetzungen er-
fährt, um die Bildung von störenden Stromschlei- 50

fen zu begrenzen, dadurch gekennzeichnet, daß
die relativen Positionen dieser Adern bezüglich
der Wände des Rohrs und zueinander im Quer-
schnitt dieses Leiters im wesentlichen über die
ganze Länge dieses Leiters invariabel sind,
selbst in den Zonen erheblicher Verformung
(ZT1, ZV1), wobei eine Versetzung zwischen die-
sen Adern in Form einer Verdrillung um minde-
stens eine halbe Umdrehung dieses Leiters in ei-
ner der Zonen erheblicher Verformung realisiert
wird, die eine Verdrillungszone dieses Leiters bil-
det.

2. Induktive Heizspule nach Anspruch 1, insbeson-
dere für das Erwärmen von Rändern von durch-
laufenden flächen Hüttenprodukten, die heiß ver-
formt werden sollen, wobei die Spule aufweist:
 - zwei elektrische Klemmen (20, 22), um ei-
nen Wechselstrom einzuspeisen,
 - eine aus verschiedenen, parallel zwischen
den beiden elektrischen Klemmen verbun-
denen Leitern bestehende Leitergruppe,
die eine Wicklung um eine Spulenachse (A)
bildet, wobei eine Versetzung der Leiter in-
nerhalb dieser Gruppe mit Hilfe von Verset-
zungsverformungen dieser Leiter in Zonen
erheblicher Verformung gebildet wird, die
Umsetzungszonen dieser Leiter bilden,
 - ein Kühlrohr (T), das in jeden Leiter inte-
griert ist und von dem mindestens ein Teil
der Außenoberfläche eine Wärmekontakt-
oberfläche (28) bildet, die sich über die
Länge des Rohrs erstreckt, wobei dieses
Rohr Querabmessungen besitzt und aus ei-
nem Material mit einem bestimmten spezi-
fischen elektrischen Widerstand besteht,
 - mehrere Stromtransportadern (B1 bis
B12), die sich über die Länge des Rohres
erstrecken und aus einem elektrischen
Leitmaterial mit einem geringeren spezifi-
schen Widerstand als das Material des
Rohrs gebildet werden, wobei jede dieser
Adern kleinere Querabmessungen als die
Querabmessungen des Rohres besitzt und
mindestens eine halbe Umdrehung um die-
ses Rohr zwischen den beiden elektrischen
Klemmen vollführt, sodaß sich eine Verset-
zung dieser Adern innerhalb dieses Leiters
ergibt, wobei mindestens manche dieser
Adern einer ersten Aderschicht (B1, B2, B3)
angehören und gegen die Wärmekontakt-
oberfläche (28) des Rohrs anliegen, sodaß
sich ein Wärmekontakt ohne elektrischen
Kontakt ergibt,
 - elektrische Isolationsmittel (30), um die
Adern zwischen den elektrischen Klemmen
zumindest gegeneinander zu isolieren,
 - Verbindungsmittel (30, 32) um die Adern in 55

- der Nähe der Wärmekontaktflächen zu halten,
- und hydraulische Anschlüsse (24, 26), um ein Kühlfluid im Kühlrohr fließen zu lassen,
 - dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsmittel (30, 32) mechanisch ausreichen widerstandsfähig sind, um die relativen Positionen der Adern (B1 bis B12) und des Rohrs (T) in den Zonen starker Verformung (ZT1, ZV1) im wesentlichen beizubehalten.
3. Spule nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Leiter (C1) ein inneres Harz (30) enthält, das zumindest teilweise die elektrischen Isolationsmittel (30) und die Verbindungsmittel (30, 32) bildet.
4. Spule nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsmittel (30, 32) weiter ein elektrisch isolierendes und mechanisch widerstandsfähiges Band (32) aufweist, das eine durch das Rohr (T), die Adern (B1 bis B12) und das innere Harz (30) gebildete Einheit umgibt.
5. Spule nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (T) einen im wesentlichen rechteckig abgeflachten Querschnitt besitzt und zwei sich in Richtung der Breite des Rohrs erstreckende Hauptseiten (28, 36) und zwei sich entlang einer Dicke des Rohrs, die kleiner als dessen Breite ist, erstreckende kleine Seiten (38, 40) aufweist, wobei jede der Hauptseiten eine Wärmekontaktfläche bildet, und daß mindestens zwei Adern (B1, B2) der ersten Schicht (B1 bis B3) in Wärmekontakt an jeder der beiden Hauptseiten des Rohres anliegen und gegeneinander in Breitenrichtung des Rohres versetzt sind.
6. Spule nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jede der Adern (B1) einen im wesentlichen rechteckigen, flachen Querschnitt besitzt und zwei sich in Richtung der Breite dieser Ader, die parallel zur Breite des Rohres (T) verläuft, erstreckende Hauptseiten (44, 46) und zwei sich in Richtung einer Dicke dieser Ader, die parallel zur Dicke des Rohrs verläuft und kleiner als die Breite der Ader ist, erstreckende kleine Seiten (48, 50) enthält, wobei nur manche Adern zwei erste Adernschichten (B1 bis B3, B7 bis B9) bilden, die an die beiden Hauptseiten (28, 36) des Rohrs (T) angelegt sind, während andere dieser Adern zweite Adernschichten (B4 bis B6, B10 bis B12) bilden, die über diesen beiden ersten Schichten liegen, so daß sich ein indirekter Wärmekontakt zwischen diesen beiden Hauptseiten des Rohrs und den beiden zweiten Schichten über die jeweiligen ersten Schichten hinweg ergibt.
7. Spule nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jede der ersten und zweiten Schichten eine gleiche Anzahl Adern von zwischen zwei und fünf, vorzugsweise drei Adern enthält.
8. Spule nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß jede Leitergruppe einen Stab (52) bildet, in dem mehrere Leiter (C1 bis C5) in einer axialen Richtung parallel zur Achse der Spule (A) aufeinanderfolgen,
- wobei die Spule (7) sich in dieser Axialrichtung zwischen zwei kreisförmigen Endzonen erstreckt, die je die Achse der Spule umgeben, wobei eine dieser Zonen die elektrischen Klemmen (25, 26) enthält und eine hohe Zone (ZA) bildet, während die andere Zone eine tiefe Zone bildet (ZB), wobei zwei Richtungen mit der axialen Richtung fluchten und eine absteigende Richtung von der hohen Zone zur tiefen Zone bzw. eine entgegengesetzte aufsteigende Richtung bilden, wobei der Stab (52) von einer ersten elektrischen Klemme (20) ausgeht, in direkter Richtung (54) um die Achse (A) der Spule dreht und dabei abwärts steigt, sodaß sich eine äußere Wicklung (56) mit einem ersten Durchmesser ergibt, wobei ein erster Leiter (C1) in dieser Wicklung am unteren Ende des Stabs liegt, ein zweiter Leiter (C2) über dem ersten Leiter liegt usw. bis zum letzten Leiter (C5), der oben in diesem Stab oberhalb des vorletzten Leiters (C4) liegt, wobei dieser Stab dreht und innerhalb dieser Wicklung abwärts verläuft, bis der erste Leiter (C1) die tiefe Zone (ZB) der Spule erreicht und dann eine Versetzungsverformung in einer Versetzungszone (ZT1) dieses Leiters bildet, so daß er eine innere Wicklung (58) erreicht, die von dem Stab gebildet wird und einen zweiten Durchmesser kleiner als der erste Durchmesser besitzt, wobei dieser Stab in dieser inneren Wicklung unter Drehung um die Spulenachse in direkter Richtung nach oben steigt, wobei der zweite Leiter (C2) in der äußeren Wicklung diese tiefe Zone der Spule erreicht und dort eine Versetzungsverformung in einer Versetzungszone (ZT2) dieses Leiters erfährt, die winkelmäßig in direkter Richtung ausgehend von der Versetzungszone des ersten Leiters versetzt ist, wobei diese Versetzungsverformung diesen zweiten Leiter in die innere Wicklung (58) bringt, indem er über dem ersten Leiter (C1) verläuft, usw. bis der letzte Leiter (C5) die tiefe Zone der Spule erreicht und dort eine Versetzungsverformung in einer Versetzungszone (ZT5) erfährt, die winkelmäßig in direkter Richtung gegenüber der Versetzungszone (ZT4) des vorletzten Leiters (C4) versetzt ist, wobei diese Versetzungsverformung diesen letzteren Leiter in die innere Wicklung bringt, indem er über dem vorletzten Leiter verläuft, sodaß der erste Leiter (C1) in der inne-

ren Wicklung (58) am oberen Ende des Stabes (52) liegt, der zweite Leiter (C2) unterhalb des ersten Leiters usw., bis zum letzten Leiter (C5), der am unteren Ende dieses Stabs liegt, wobei der Stab dreht und innerhalb dieser Wicklung bis zur zweiten elektrischen Klemme (22) in der oberen Zone (ZA) der Spule ansteigt.

9. Spule nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Verdrillungszone (ZV1) des Leiters (C1) der Versetzungszone (ZT1) dieses Leiters benachbart ist.

10. Spule nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Rohr (T) einen im wesentlichen rechteckigen flachen Querschnitt und zwei Hauptseiten (28, 36), die sich entlang einer Breite des Rohrs erstrecken, und zwei kleine Seiten (38, 40) besitzt, die sich entlang einer Dicke des Rohrs, die kleiner als die Breite ist erstrecken, wobei jede der Hauptseiten eine Wärmekontaktfläche bildet, und daß mindestens zwei Adern (B1, B2) der ersten Schicht (B1 bis B3) in Wärmekontakt an jede der beiden Hauptseiten des Rohrs angelegt sind und gegeneinander um die Breite des Rohrs versetzt sind.

11. Verfahren zur Herstellung einer induktiven Heizspule, wobei dieses Verfahren folgende Schritte aufweist:

- Herstellung eines Kühlrohrs (T) mit einer Außenoberfläche, von der mindestens ein Teil eine Wärmekontaktfläche (28) bildet, die sich über die Länge des Rohrs erstreckt, wobei das Rohr Querabmessungen besitzt und aus einem Material eines bestimmten spezifischen elektrischen Widerstands besteht,
- Herstellung von Stromtransportadern (B1 bis B12), die kleinere Querabmessungen als die des Rohrs besitzen und aus einem Material mit einem kleineren spezifischen elektrischen Widerstand als das Rohr bestehen,
- und die Verbindung dieser Adern mit dem Rohr mit Hilfe von Verbindungsmitteln (30, 32), die einen kontinuierlichen Wärmekontakt zwischen diesem Rohr und diesen Adern ohne elektrischen Kontakt der Adern untereinander oder mit dem Rohr gewährleisten, wodurch sich ein Leiter (C1) ergibt,
- Herstellung einer Gruppe von Leitern (52) aus mehreren derartigen Leitern (C1, C5),
- Aufwickeln der Leiter in Spulenform mittels einer relativ geringen Wickelverformung dieser Leiter,
- Versetzung der Leiter innerhalb der Gruppe und der Adern innerhalb jedes Leiters, wo-

bei diese Versetzung die Wickeloperation begleitet und mit Hilfe von örtlich relativ starken Verformungen der Leiter erfolgt,

- Anbringen der elektrischen Klemmen (20, 22) an den Enden der Leitergruppe,
- und Anbringen von hydraulischen Anschlüssen (24, 26) an den Enden der Kühlrohre, dadurch gekennzeichnet, daß die Versetzung der Adern (B1 bis B12) innerhalb des Leiters durch Verdrillung dieses Leiters (C1) um seine Achse (42) im Umfang von mindestens eine halbe Umdrehung erfolgt, wobei die Verbindungsmittel mechanisch ausreichend widerstandsfähig gewählt werden, um die Kontinuität des Wärmekontakts auch dort beizubehalten, wo der Leiter die relativ kräftigen Verformungen erfährt.

Claims

1. Inductive heating coil comprising conductors connected in parallel between two electrical terminals (20, 22) of said coil (7), each said conductor (C1) comprising a cooling tube (T), the current carried in said conductor being divided between strands (B1 through B12) in thermal contact with walls of said tube, the length of said conductor comprising markedly deformed areas in which it is subject to particularly marked deformation whereby conductors and strands are transposed to reduce the formation of unwanted current loops, said coil being characterized in that the relative positions of said strands relative to the walls of said tube and relative to each other in the cross-section of said conductor are substantially invariant over all of the length of said conductor, even in said markedly deformed areas (ZT1, ZV1), transposition between said strands being achieved in the form of a twist of at least one half-turn of said conductor in at least one said marked deformation area constituting a twisting area of said conductor.
2. Inductive heating coil according to claim 1 for heating the edges of moving metallurgical flat products to be deformed at raised temperature, said coil comprising:
 - two electrical terminals (20, 22) for receiving an alternating current,
 - a group of electrical conductors connected in parallel between said two electrical terminals, said group being in the form of a winding around a coil axis (A), transposition of said conductors being achieved within said group by means of transposition deformations of said conductors in said markedly

- deformed areas which constitute transposition areas of said conductors,
- a cooling tube (T) incorporated into each said conductor and having an external surface of which at least part constitutes a thermal contact surface (28) extending lengthwise of said tube which is made from a material having a given electrical resistivity,
 - a plurality of current carrying strands (B1 through B12) extending lengthwise of said tube and being made from an electrically conductive material having an electrical resistivity lower than that of said material of said tube, each of said strands having transverse dimensions less than said transverse dimensions of said tube, each of said strands performing at least one half-turn around said tube between said two electrical terminals so that said strands are transposed within said conductor, some at least of said strands belonging to a first layer of strands (B1, B2, B3) and being applied to said thermal contact surface (28) of said tube to achieve thermal contact with no electrical contact,
 - electrical insulation means (30) for insulating said strands at least from each other between said electrical terminals,
 - connecting means (30, 32) for holding said strands near said thermal contact surface, and
 - hydraulic terminals (24, 26) for circulating a cooling fluid in said cooling tube,
 - said coil being characterized in that said connecting means (30, 32) have sufficient mechanical strength to maintain substantially the relative positions of said strands (B1 through B12) and of said tube (T) in said markedly deformed areas (ZT1, ZV1).
3. Coil according to claim 2 characterized in that each conductor (C1) incorporates an internal resin (30) constituting at least part of said electrical insulating means (30) and said connecting means (30, 32).
4. Coil according to claim 3 characterized in that said connecting means (30, 32) further comprise a mechanically strong and electrically insulative strip (32) surrounding a combination of said tube (T), said strands (B1 through B12) and said internal resin (30).
5. Coil according to claim 2 characterized in that said tube (T) has a flattened substantially rectangular cross-section and two major surfaces (28, 36) extending widthwise of said tube and two lateral surfaces (38, 40) extending in the direction of the thickness of said tube which is smaller than said width, each of said two major surfaces constituting a thermal contact surface,
- at least two said strands (B1, B2) of said first layer (B1 through B3) being in thermal contact with each of said two major surfaces of said tube and being offset relative to each other widthwise of said tube.
6. Coil according to claim 5 characterized in that each of said strands (B1) has a flattened substantially rectangular cross-section and two major surfaces (44, 46) which extend widthwise of said strand parallel to said width of said tube (T), said strand also having two lateral surfaces (48, 50) extending in the direction of a thickness of said strand which is smaller than said width of said strand and parallel to said thickness of said tube, some only of said strands constituting two said first layers of strands (B1 through B3, B7 through B9) respectively applied to said two major surfaces (28, 36) of said tube (T), others of said strands constituting two second layers of strands (B4 through B6, B10 through B12) respectively superposed on said two first layers so as to obtain indirect thermal contact between said two major surfaces of said tube and said two second layers through said two first layers, respectively.
7. Coil according to claim 6 characterized in that each of said first and second layers comprises the same number of strands, which number is between two and five inclusive and preferably equal to three.
8. Coil according to claim 2 characterized in that each group of conductors constitutes a bar (52) within which a plurality of said conductors (C1 through C5) form a succession in an axial direction parallel to said coil axis (A),
- said coil (7) extending in said axial direction between two circular end areas each surrounding said coil axis, one of said areas comprising said electrical terminals (25, 26) and constituting an upper area (ZA), the other of said areas constituting a lower area (ZB), two axial directions constituting a downward direction from said upper area towards said lower area and an upward direction opposite to said downward direction, said bar (52) starting from a first said electrical terminal (20) and turning in a forward direction (54) around said coil axis (A) and downwards to form an exterior winding (56) having a first diameter, a first said conductor (C1) being placed in said winding at the bottom of said bar, a second conductor (C2) being placed over the

first conductor and so on up to a last conductor (C5) at the top of said bar over a penultimate conductor (C4), said bar turning and descending in said winding until said first conductor (C1) reaches said lower area (ZB) of the coil, said first conductor then undergoing a transposition deformation in a said transposition area (ZT1) of said conductor so as to join an inside winding (58) formed by said bar and having a second diameter smaller than said first diameter, said bar rising within said inside winding and turning around said coil axis in said forward direction, said second conductor (C2) in said external winding reaching said lower area of the coil and then undergoing a transposition deformation in a transposition area (ZT2) of said conductor offset angularly in said forward direction from said transposition area of said first conductor, said transposition deformation causing said second conductor to join said internal winding (58) by passing under said first conductor (C1), and so on until said last conductor (C5) reaches said lower area of the coil, said last conductor then undergoing a transposition deformation in a transposition area (ZT5) of said last conductor offset angularly in said forward direction from a transposition area (ZT4) of said penultimate conductor (C4), said transposition deformation causing said last conductor to join said internal winding by passing under said penultimate conductor so that said first conductor (C1) is placed in said internal winding (58) at the top of said bar (52), said second conductor (C2) under said first conductor and so on to the last conductor (C5) which is placed at the bottom of said bar, said bar turning and rising within said winding to said second electrical terminal (22) in said upper area (ZA) of the coil.

9. Coil according to claim 8 characterized in that said twisting area (ZV1) of said conductor (C1) is adjacent said transposition area (ZT1) of said conductor.

10. Coil according to claim 8 characterized in that said tube (T) has a flattened substantially rectangular cross-section and two major surfaces (28, 36) extending widthwise of said tube and two lateral surfaces (38, 40) extending in the direction of the thickness of said tube which is smaller than said width, each of said two major surfaces constituting one thermal contact surface,
- at least two said strands (B1, B2) of said first layer (B1 through B3) being in thermal contact with each of said two major surfaces of said tube and being offset relative to each other widthwise of said tube.

11. Method of manufacturing an inductive heating

coil comprising the following operations:

- fabricating a cooling tube (T) having an external surface of which a part at least constitutes a thermal contact surface (28) extending lengthwise of said tube which is made from a material having a given electrical resistivity,
- fabricating current carrying strands (B1 through B12) having transverse dimensions less than those of said tube and made from a material having an electrical resistivity less than that of said material of said tube, and
- connecting said strands to said tube by means of connecting means (30, 32) providing continuous thermal contact between said tube and said strands without producing electrical contact between said strands and each other or between said strands and said tube, to constitute a conductor (C1),
- fabricating a group of conductors (52) made up of a plurality of said conductors (C1, C5),
- winding said conductors coil-fashion so that said conductors undergo relatively moderate winding deformations,
- transposing said conductors within said group and said strands within each conductor, said transposition accompanying said winding and being achieved by virtue of relatively marked deformations applied locally to said conductors,
- fitting electrical terminals (20, 22) to the ends of said group of conductors, and
- fitting hydraulic terminals (24, 26) to the ends of said cooling tubes,
- said method being characterized in that said operation of transposing said strands (B1 through B12) within said conductor is achieved by twisting said conductor (C1) by at least one half-turn about its axis (42), said connecting means having sufficient mechanical strength to maintain the continuity of said thermal contact even when said relatively marked deformations are applied to said conductor.

FIG.1

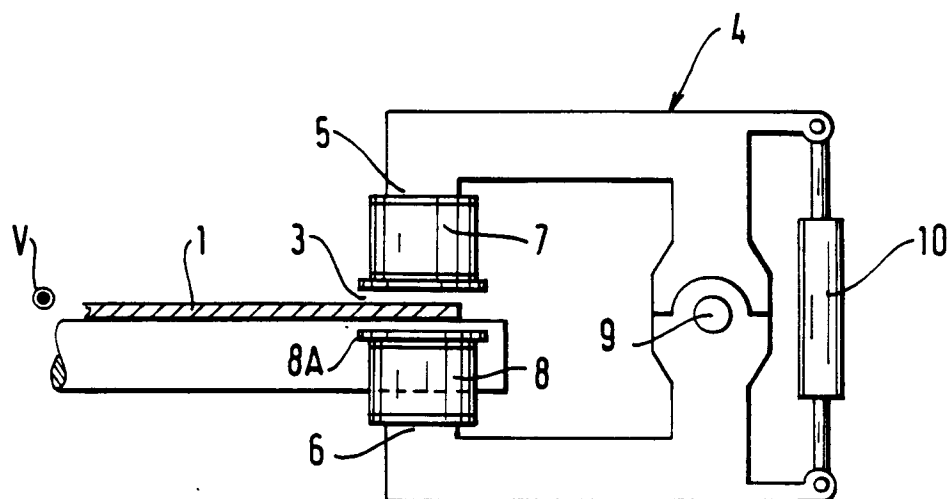


FIG.2

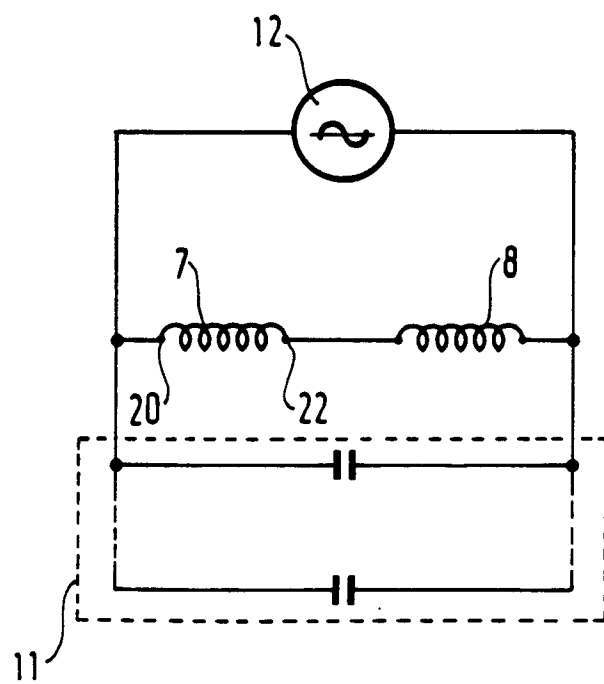


FIG.3

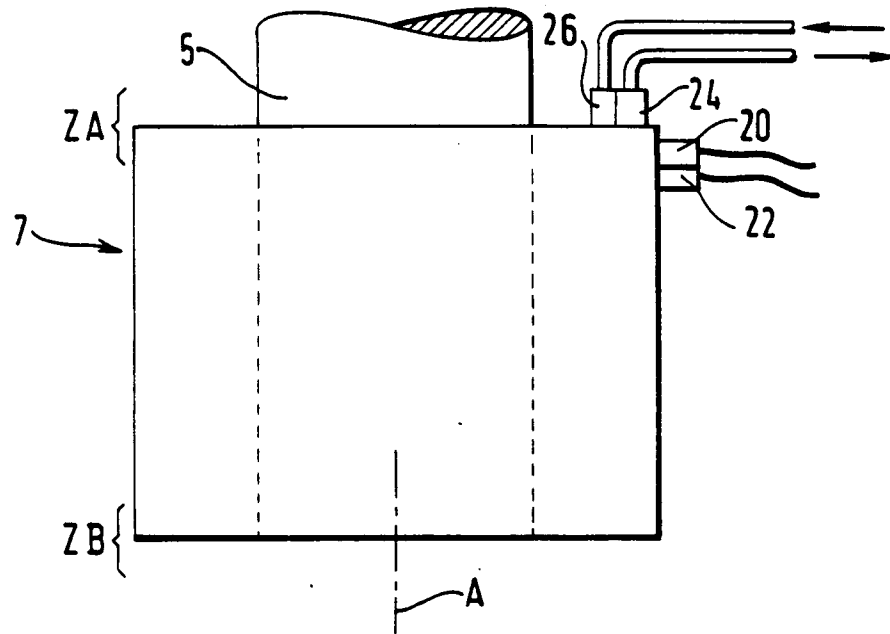
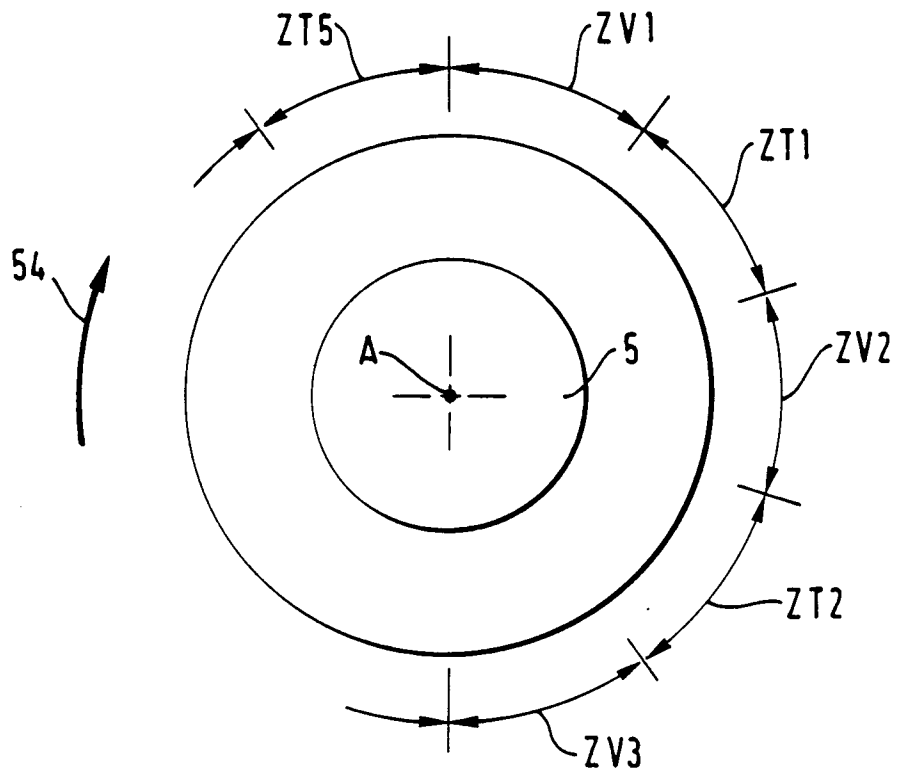


FIG.4



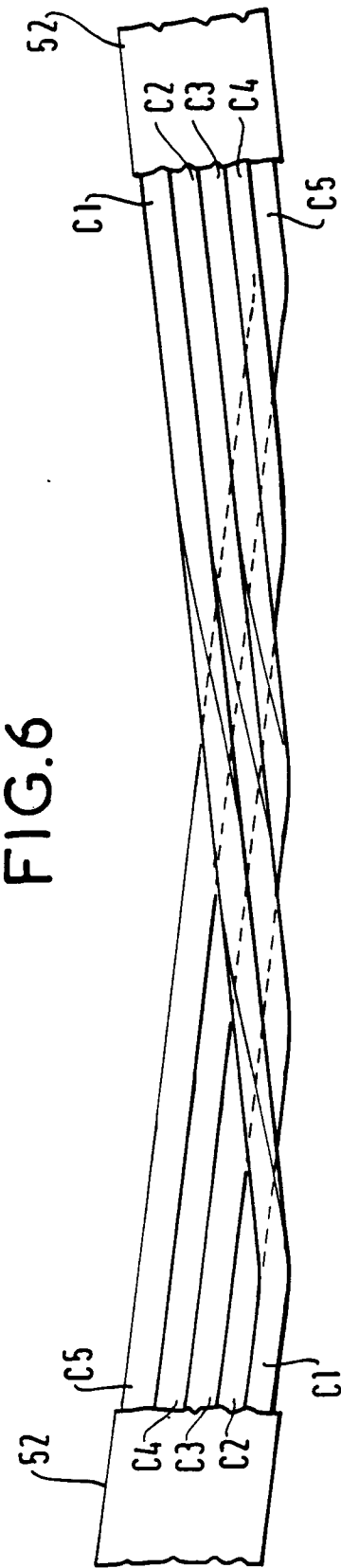
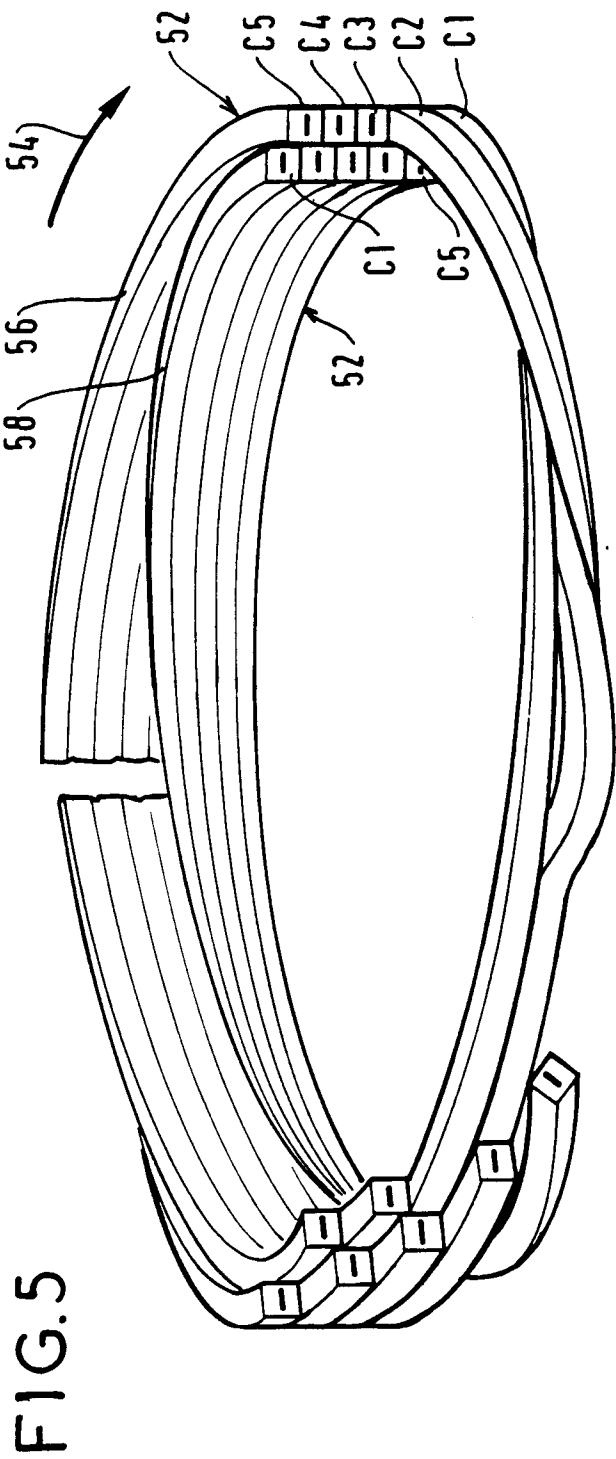


FIG.7

