



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

(19)

(11) Numéro de publication:

**0 228 430**  
**B1**

(12)

**FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

- (45) Date de publication du fascicule du brevet: **10.10.90**      (51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **H 05 B 6/78**  
(21) Numéro de dépôt: **86904198.8**  
(22) Date de dépôt: **26.06.86**  
(86) Numéro de dépôt international:  
**PCT/FR86/00226**  
(87) Numéro de publication internationale:  
**WO 87/00387 15.01.87 Gazette 87/01**

(54) **PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LE TRAITEMENT THERMIQUE D'UN ELEMENT CONDUCTEUR.**

- |  |   |
|--|---|
| <p>(30) Priorité: <b>28.06.85 FR 8509877</b></p> <p>(43) Date de publication de la demande:<br/><b>15.07.87 Bulletin 87/29</b></p> <p>(45) Mention de la délivrance du brevet:<br/><b>10.10.90 Bulletin 90/41</b></p> <p>(84) Etats contractants désignés:<br/><b>AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE</b></p> <p>(56) Documents cités:<br/><b>DE-A-1 916 870</b><br/><b>FR-A- 959 008</b><br/><b>FR-A-1 532 710</b><br/><b>FR-A-1 569 046</b><br/><b>GB-A-1 092 861</b><br/><b>US-A-2 640 142</b><br/><b>US-A-4 186 044</b></p> | <p>(73) Titulaire: <b>SOCIETE NATIONALE ELF AQUITAINE</b><br/><b>Tour Elf</b><br/><b>F-92078 Paris la Défense Cedex 45 (FR)</b></p> <p>(73) Titulaire: <b>INSTITUT TEXTILE DE FRANCE</b><br/><b>35, rue des Abondances, B.P. 79</b><br/><b>F-92105 Boulogne-Billancourt Cédex (FR)</b></p> <p>(72) Inventeur: <b>ROCHAS, Jean-François</b><br/><b>19, rue Philippe Delasalle</b><br/><b>F-69400 Lyon Croix-Rousse (FR)</b><br/>Inventeur: <b>LAPOULLE, Bertrand</b><br/><b>34, rue Badouillère</b><br/><b>F-42000 Saint-Etienne (FR)</b><br/>Inventeur: <b>TREMILLON, Jean-Michel</b><br/><b>34, avenue Garcia Llorca</b><br/><b>F-64000 Pau (FR)</b><br/>Inventeur: <b>GENSOUS, Francis 4, rue des</b><br/><b>Jonquilles</b><br/><b>Le Perlic</b><br/><b>F-64140 Lons par Billère (FR)</b></p> <p>(74) Mandataire: <b>Boillot, Marc</b><br/><b>SOCIETE NATIONALE ELF AQUITAINE Division</b><br/><b>Propriété Industrielle Tour Elf</b><br/><b>F-92078 Paris la Défense Cédex 45 (FR)</b></p> |
|--|---|

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).

Courier Press, Leamington Spa, England.

**EP 0 228 430 B1**

## Description

L'invention concerne un procédé ainsi qu'un dispositif pour le traitement thermique par effet joule d'un élément conducteur au moins partiellement constitué d'un matériau conducteur.

En particulier, le procédé et le dispositif suivant l'invention sont appropriés pour le chauffage d'un élément conducteur du type précité, avantageusement sous une forme filiforme et notamment sous la forme de fibres, qui porte un revêtement continu ou discontinu en une matière, notamment à base d'un produit polymère, susceptible de s'échauffer par conduction thermique et de ce fait de se ramollir ou de durcir, suivant que ladite matière est thermoplastique ou thermoducissable, pour former un enrobage homogène de l'élément conducteur.

On sait que tout conducteur électrique présentant une résistance ohmique est le siège d'un échauffement par effet Joule, lorsqu'il est parcouru par un courant électrique.

L'utilisation d'un courant électrique continu pour chauffer un conducteur et notamment un conducteur en défilement est bien connue et donne des résultats satisfaisants sous réserve que les résistances de contact au point d'amenée d'énergie soient très faibles par rapport à la résistance du conducteur.

Lorsque le conducteur porte un revêtement thermofusible ou thermodurcissable et de nature isolante, par exemple un revêtement obtenu par dépôt d'une matière polymère pulvérulente, la présence de ce revêtement nuit aux conditions de bon contact. De ce fait, il n'est plus possible de réaliser une fusion ou un durcissement satisfaisant d'un tel revêtement par passage d'un courant électrique continu dans le conducteur portant ce revêtement pour obtenir un enrobage homogène dudit conducteur par la matière de revêtement thermofusible ou thermodurcissable.

On a déjà décrit (FR—A—1569046) le chauffage en continu d'un matériau diélectrique enrobant un élément filiforme conducteur de l'électricité au moyen de microondes, en faisant appel à un dispositif comportant un conducteur coaxial comprenant une enveloppe conductrice fermée à ses deux extrémités par des éléments conducteurs, deux âmes conductrices tubulaires alignées et séparées l'une de l'autre par un intervalle prédéterminé, qui sont disposées fixement à l'intérieur de l'enveloppe et coaxialement à cette dernière.

Le chauffage est réalisé en amenant l'élément filiforme enrobé du matériau diélectrique à circuler à l'intérieur des deux âmes tubulaires et en soumettant ledit matériau diélectrique, dans l'espace séparant les deux âmes conductrices, à l'action d'un champ électrique engendré par des microondes produites dans le coaxial par transfert à ce dernier, au moyen d'un adaptateur électronique, de l'énergie électromagnétique microonde délivrée par un générateur.

Le chauffage précité par microondes, qui est un chauffage du type par pertes diélectriques, ne peut être mis en oeuvre qu'avec des éléments

conducteurs filiformes par suite de la nécessité de faire passer ces éléments à l'intérieur du conducteur coaxial. En outre ledit chauffage n'est réalisable que pour des matériaux d'enrobage de l'élément filiforme conducteur présentant des pertes diélectriques aux fréquences utilisées.

On a également proposé (DE—A—1916870) de chauffer par microondes un conducteur métallique revêtu ou non d'une matière diélectrique en faisant passer le conducteur à l'intérieur d'une enveloppe extérieure conductrice, munie avantageusement de deux courts-circuits aptes à court-circuiter le conducteur métallique et l'enveloppe extérieure conductrice, de manière à former une ligne coaxiale à pertes le long de laquelle se propage de l'énergie électromagnétique microonde transférée à la ligne à partir d'un générateur au moyen d'un système de couplage du type guide d'ondes. La ligne coaxiale étant à pertes, l'énergie microonde se dissipe par effet Joule dans le conducteur et également par pertes diélectriques dans le matériau de revêtement du conducteur, dans le matériau du revêtement de l'enveloppe extérieure conductrice et éventuellement dans le milieu dans lequel est placée la ligne coaxiale.

Un tel mode de chauffage de conducteur métallique présente certains inconvénients. Tout d'abord, le mode de transmission à choisir pour transporter l'énergie dépend des dimensions du système, ce qui change la polarisation du champ à l'intérieur de la ligne coaxiale. En outre, il y a interaction du champ à l'intérieur de la ligne coaxiale avec le milieu dans lequel est placée la ligne, ce qui consomme une grande partie de l'énergie et atténue l'effet Joule. De plus, bien que le système constitue un résonnateur dans le sens d'un renvoi de l'énergie par le court-circuit, ce dernier servant principalement à fermer le système pour éviter le parasitage de l'environnement, ce résonnateur n'est pas calé en fréquence sur le générateur et ne se comporte pas comme un véritable système résonnant où les surcourants sont intenses. Enfin, ce mode de chauffage faisant appel au transport d'énergie électromagnétique microonde dans une ligne coaxiale à pertes, ne peut pas être appliqué aux produits non filiformes et en particulier aux éléments conducteurs plats tels que les nappes.

On a trouvé qu'il était possible, en utilisant un courant alternatif haute fréquence dans une mise en oeuvre particulière, d'assurer l'échauffement d'un élément conducteur par effet Joule dans des conditions satisfaisantes, qui permettent, notamment lorsque cet élément conducteur porte un revêtement continu ou discontinu en une matière de nature isolante thermofusible ou thermodurcissable, d'assurer par conduction thermique une fusion ou un durcissement de ladite matière conduisant à un enrobage homogène de l'élément conducteur. Une telle mise en oeuvre permet de remédier aux inconvénients et insuffisances des techniques susmentionnées de chauffage d'éléments conducteurs.

L'invention a donc pour objet un procédé de

traitement thermique d'un élément conducteur au moins partiellement constitué d'un matériau électriquement conducteur, dans lequel on couple à une portion de l'élément conducteur par l'intermédiaire d'un applicateur une énergie électromagnétique émise par une source électromagnétique de manière à générer dans cette portion d'élément conducteur un courant alternatif de fréquence comprise entre 1 MHz et 10 GHz et l'on bloque ledit courant électrique dans la portion d'élément conducteur dans laquelle il a été généré, ce qui produit un échauffement de ladite portion d'élément conducteur par effet Joule, caractérisé en ce que l'on réalise le couplage de l'énergie électromagnétique à la portion d'élément conducteur en faisant jouer à cette dernière le rôle d'une antenne accordée sur la fréquence d'émission de la source d'énergie électromagnétique.

Le blocage du courant électrique alternatif de fréquence comprise entre 1 MHz et 10 GHz dans la portion d'élément conducteur jouant le rôle d'antenne est réalisé en particulier en limitant ladite portion d'élément conducteur par deux courts-circuits.

Le procédé suivant l'invention peut être mis en oeuvre sur un élément conducteur immobile ou sur un élément conducteur se déplaçant en continu au cours du traitement. En particulier ledit procédé convient tout spécialement pour le traitement thermique d'éléments conducteurs défilant à grande vitesse.

Le courant électrique alternatif, circulant dans la portion d'élément conducteur jouant le rôle d'antenne, est induit en couplant électriquement ou magnétiquement à ladite portion d'élément conducteur l'énergie créée par la source d'énergie électromagnétique émettant à la fréquence choisie comprise entre 1 MHz et 10 GHz.

La longueur de la portion de l'élément conducteur jouant le rôle d'antenne parcourue par le courant alternatif de fréquence comprise dans l'intervalle précité est avantageusement choisie pour constituer un circuit résonnant à perte, dont la fréquence de résonance correspond à la fréquence d'émission de la source électromagnétique.

Lorsque la portion de l'élément conducteur parcourue par le courant alternatif est délimitée par deux courts-circuits, lesdits courts-circuits peuvent être du type capacitif ou encore du type selfique.

L'élément conducteur soumis au traitement suivant l'invention peut avoir une forme quelconque. Il peut se présenter notamment sous la forme d'une plaque, d'une feuille ou d'une nappe ou encore, avantageusement, sous la forme d'un élément filiforme, c'est-à-dire d'un élément fin, souple ou rigide, de grande longueur ayant la forme d'un fil ou d'un ruban. L'élément filiforme peut se présenter notamment sous la forme d'un fil monofilamentaire ou multifilamentaire, d'un fil de fibres ou encore d'un toron.

L'élément conducteur est généralement constitué en totalité d'un matériau conducteur tel que métal, carbone, graphite, mélange de tels maté-

riaux, mais on peut envisager le cas où l'élément conducteur n'est formé qu'en partie du matériau conducteur, l'autre partie consistant en un matériau pratiquement non conducteur notamment de type inorganique comme la silice.

Le procédé suivant l'invention est particulièrement approprié pour le traitement thermique d'éléments conducteurs consistant en totalité en fibres de carbone ou encore dont une partie seulement est formée de fibres de carbone, l'autre partie étant constituée d'un matériau non carboné et en particulier de fibres non carbonées comme les fibres de verre. Lorsque l'élément conducteur est formé seulement en partie de fibres de carbone, il renferme avantageusement au moins 10% en poids desdites fibres tandis que la partie restante est constituée du matériau non carboné. Un élément conducteur de ce type peut être formé, par exemple de 20 à 40% en poids de fibres de carbone et de 80 à 60% en poids de fibres de verre.

L'élément conducteur, que l'on traite par le procédé de l'invention, peut porter un revêtement continu ou discontinu en une matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique et soit de fondre ou de durcir pour assurer un enrobage homogène de l'élément conducteur.

Le revêtement continu ou discontinu en matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique, que peut porter l'élément conducteur, peut être formé par toute méthode connue et, par exemple, par pulvérisation d'une solution de ladite matière sur l'élément conducteur, par passage de l'élément conducteur dans un bain constitué d'une solution de la matière de revêtement, ou encore par poudrage électrostatique ou non de l'élément conducteur dans un lit fluidisé d'une poudre de ladite matière de revêtement.

La matière de revêtement susceptible de s'échauffer par conduction thermique peut consister en une matière thermoplastique et notamment en un polymère thermoplastique tel que polyamide, comme par exemple polyamide 11, polyamide 12 ou polyamide 6, polyoléfine et notamment polyéthylène ou polypropylène, polycarbonate, polytétrafluoroéthylène, polyfluorure de vinylidène ou encore en une matière thermodurcissable et en particulier en une résine thermodurcissable comme, par exemple, une résine époxy.

L'élément conducteur, qui peut se présenter sous une forme quelconque et notamment sous l'une des formes indiquées plus haut, peut également consister en une armature, conductrice ou non, noyée dans une matrice constituée d'un mélange d'une matière thermoplastique ou thermodurcissable, susceptible de s'échauffer par conduction, et d'un matériau conducteur. Ladite matière thermoplastique ou thermodurcissable et le matériau conducteur sont tels que définis précédemment tandis que l'armature peut consister notamment en fils, fibres, treillis, tissés ou non tissés en un matériau constitué en totalité ou seulement en partie d'un matériau conducteur comme mentionné plus haut.

Si besoin est, le traitement thermique de l'élément conducteur peut être réalisé en atmosphère

contrôlée et notamment en atmosphère inerte, par exemple atmosphère d'azote ou de gaz rares.

Un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'invention, c'est-à-dire pour le traitement thermique d'un élément conducteur au moins partiellement constitué d'un matériau électriquement conducteur, comporte un générateur d'énergie électromagnétique susceptible d'émettre des ondes électromagnétiques ayant une fréquence comprise entre 1 MHz et 10 GHz, un système applicateur agencé pour coupler à une portion de l'élément conducteur l'énergie électromagnétique émise par le générateur de manière à produire dans ladite portion d'élément conducteur un courant électrique de même fréquence que les ondes émises par le générateur et un système de court-circuit de type selfique ou capacitif arrangé pour bloquer dans la portion d'élément conducteur le courant électrique produit dans cette portion d'élément conducteur, et il se caractérise en ce que ladite portion d'élément conducteur est disposée de manière à constituer une antenne couplée au générateur par l'intermédiaire du système applicateur et en ce que ledit système de court-circuit présente un agencement tel que la portion d'élément conducteur formant antenne est soit en contact avec ledit système ou en constitue la partie active.

De préférence, le système de court-circuit est agencé de telle sorte que la portion d'élément conducteur dans laquelle il bloque le courant électrique généré dans cette portion, forme un circuit résonnant à la fréquence des ondes émises par le générateur, de manière à créer une surintensité dans ladite portion d'élément conducteur.

Le générateur d'énergie électromagnétique, qui fait partie du dispositif suivant l'invention, peut être choisi parmi les divers générateurs existants susceptibles d'émettre des ondes électromagnétiques ayant une fréquence comprise entre 1 MHz et 10 GHz. Le générateur peut consister notamment en un générateur d'ondes électromagnétiques, dites microondes, ayant des fréquences comprises entre 0,3 GHz et 10 GHz, un tel générateur étant par exemple à magnétron ou encore du type oscillateur électronique à klystron. Le générateur peut être encore choisi parmi les générateurs d'ondes électromagnétiques, dites à haute fréquence (ondes HF) ou très haute fréquence (ondes VHF), ayant des fréquences comprises entre 1 MHz et 300 MHz, de tels générateurs étant par exemple du type oscillateurs électroniques à tube à vide ou à transistors.

Le système applicateur permettant de coupler à l'élément conducteur l'énergie électromagnétique émise par le générateur peut être agencé pour réaliser un couplage magnétique de ladite énergie. Un tel système applicateur comporte le plus souvent un bobinage alimenté par le générateur, ledit bobinage étant associé à un second bobinage formé par l'élément conducteur pour constituer un transformateur dont le bobinage du système applicateur constitue l'enroulement primaire et l'élément conducteur bobiné forme l'enroulement secondaire. Un tel système applica-

teur, qui nécessite pour l'élément conducteur de se présenter sous la forme d'un enroulement, n'est utilisable en pratique que dans le cas du traitement d'éléments conducteurs, comme les conducteurs filiformes métalliques, susceptibles d'être mis sous la forme d'enroulements du type solénoïde.

De préférence, et en particulier dans le cas du traitement d'éléments conducteurs non métalliques, le système applicateur permettant de coupler à l'élément conducteur l'énergie électromagnétique émise par le générateur est agencé pour réaliser un couplage électrique de ladite énergie. Lorsque le générateur est du type générateur à microondes, le système applicateur du type à couplage électrique peut consister en un guide d'ondes alimenté par le générateur, ce guide d'ondes étant traversé par l'élément conducteur à traiter parallèlement au champ électrique créé dans le guides d'ondes. Lorsque le générateur est du type haute fréquence (HF) ou très haute fréquence (VHF), le système applicateur du type à couplage électrique peut consister en une antenne excitée par le générateur, l'élément conducteur jouant le rôle d'antenne réceptrice. L'antenne émettrice peut être de tout type connu dans l'art et peut consister par exemple en un déflecteur hémicylindrique en un métal tel que l'aluminium ou encore en un barreau cylindrique ou hémicylindrique en un métal tel que le cuivre ou l'aluminium.

Le système applicateur, et notamment le système applicateur du type à couplage électrique, comporte des moyens d'adaptation en impédance qui assurent un couplage optimal, à l'élément conducteur, de l'énergie électromagnétique produite par le générateur. Dans un applicateur comportant un guide d'ondes les moyens d'adaptation en impédance comprennent un iris de couplage et un piston de court-circuit à positionnement variable disposés dans le guide d'ondes entre le générateur et la zone de passage de l'élément conducteur pour l'iris de couplage et en aval de ladite zone de passage pour le piston de court-circuit variable. Dans un applicateur du type antenne émettrice, les moyens d'adaptation en impédance consistent entre autres en moyens propres à faire varier la distance de l'antenne à l'élément conducteur.

Le système de court-circuit, qui permet de bloquer dans une portion de l'élément conducteur le courant électrique induit dans cet élément conducteur peut être un système de court-circuit de type selfique. Un tel système de court-circuit peut être constitué de l'élément conducteur lui-même mis sous la forme d'un bobinage ayant un diamètre et une longueur propres à conférer audit bobinage un coefficient de self induction ayant une valeur suffisante pour que le courant induit dans l'élément conducteur bobiné soit bloqué dans le bobinage par effet solénoïde.

Un système de court-circuit de type capacitif est généralement préféré surtout lorsque l'élément conducteur ne peut pas être mis sous la forme d'un bobinage. Un tel système de court-circuit du

type capacitif comprend deux courts-circuits de type capacitif de faible impédance, qui sont disposés de part et d'autre du système applicateur et sont reliés chacun par contact à l'élément conducteur de manière à délimiter entre eux une portion d'élément conducteur dans laquelle doit être bloqué le courant électrique de fréquence élevée induit par le système applicateur dans cette portion de l'élément conducteur.

Suivant une forme de réalisation avantageuse chacun des deux courts-circuits du type capacitif comporte un élément de contact sur lequel s'appuie l'élément conducteur, cet élément de contact étant fixé à un support jouant le rôle de masse et étant séparé dudit support par un jeu approprié pour former une capacité de faible impédance propre à assurer un retour capacitif du courant électrique de fréquence élevée à la masse. En particulier, chacun des deux courts-circuits du type capacitif peut être constitué d'un ou de plusieurs rouleaux sur lequel ou lesquels s'appuie l'élément conducteur, chacun des rouleaux comportant un axe longitudinal autour duquel il est mobile en rotation et étant fixé par cet axe à un plateau support jouant le rôle de masse, cette fixation étant réalisée de manière à créer un léger jeu entre les rouleaux et le plateau support pour obtenir une capacité présentant une valeur d'impédance très faible propre à assurer un retour à la masse du courant induit dans la portion d'élément conducteur délimitée par les deux courts-circuits.

Les courts-circuits du type capacitif comportant un ou plusieurs rouleaux peuvent être avantageusement utilisés lorsque l'élément conducteur est un élément conducteur souple, et en particulier un élément conducteur souple filiforme, susceptible de s'appuyer sur les rouleaux en épousant une partie du contour de ces derniers, ce qui permet d'assurer un bon contact entre le rouleau et l'élément conducteur.

Les deux courts-circuits du système de court-circuit de type capacitif sont montés de telle sorte qu'ils peuvent être déplacés l'un par rapport à l'autre pour augmenter ou réduire la distance les séparant et permettre ainsi de faire varier la longueur de la portion d'élément conducteur qu'ils délimitent.

L'élément conducteur en contact avec chacun des deux courts-circuits de type capacitif, comportant ou non des rouleaux, peut être animé d'un mouvement de défilement continu et dans ce cas le dispositif suivant l'invention comporte encore des moyens moteurs agencés pour assurer ce mouvement de défilement.

D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de deux de ses modes de réalisation illustrés par le dessin annexé sur lequel:

la figure 1 représente schématiquement un dispositif suivant l'invention du type à micro-ondes comportant un applicateur à guides d'ondes et un système de court-circuit du type capacitif à rouleaux, tandis que la figure la montre, en coupe transversale par un plan passant par

l'axe d'un rouleau, l'un des courts-circuits du système de court-circuit monté sur le dispositif de la figure 1 et 1a figure 1b représente schématiquement, en coupe transversale, un détail de la fixation du système de court-circuit;

la figure 2 donne une variante de réalisation du système applicateur à guide d'ondes, et

la figure 3 schématise un dispositif suivant l'invention comportant un émetteur haute fréquence (HF), une antenne utilisée comme système applicateur et un système de court-circuit à rouleaux tandis que la figure 3a donne un schéma de l'émetteur HF et de sa liaison avec l'antenne.

En se référant aux figures 1, 1a et 1b, le dispositif représenté comporte un générateur 1 de microondes, notamment un générateur à magnétron émettant des ondes électromagnétiques ayant par exemple une fréquence de 2,45 GHz. Un guide d'ondes 2, qui possède une section rectangulaire dont la plus grande dimension est verticale, est connecté par son extrémité 3 au générateur 1 et s'appuie par des béquilles 4 et 5 sur un bâti 6. Ce guide d'ondes est traversé dans sa partie médiane par un cylindre creux 7 de quartz, dont l'axe longitudinal est horizontal et rencontre orthogonalement l'axe longitudinal du guide d'ondes, ce dernier axe correspondant à l'axe de propagation des ondes dans ledit guide d'ondes. Un iris de couplage 8, à ouverture réglable, est monté dans le guide d'ondes entre l'extrémité 3 du guide d'ondes proche du générateur 1 et le cylindre creux 7, le plan de l'iris étant perpendiculaire à l'axe longitudinal dudit guide d'ondes, tandis qu'un piston 9 de court-circuit à positionnement réglable, pourvu d'une tige de manoeuvre 10, obture le guide d'ondes entre le cylindre creux 7 et l'extrémité 11 du guide d'ondes la plus éloignée du générateur. Un premier court-circuit 12 et un deuxième court-circuit 13, de structure identique, sont disposés de part et d'autre du guide d'ondes et forment le système de court-circuit. Le court-circuit 12 comporte trois rouleaux cylindriques respectivement 14a, 14b et 14c, chacun monté libre en rotation sur un axe tel que l'axe 15b pour le rouleau 14b, ledit axe étant orthogonal à l'axe longitudinal du cylindre creux 7 et étant fixé à un plateau jouant le rôle de masse. Le plateau 16 est monté sur un support 17 au moyen de quatre vis, à savoir 18a, 18b, 18c et 18d, qui se vissent dans une pièce associée formant écrou, par exemple 19a associée à la vis 18a, et susceptible de coulisser dans l'une des deux rainures 20a et 20b en T pratiquées sur la face du support 17 en regard du plateau 16. Plus particulièrement les pièces écrous 19a et 19b associées aux vis 18a et 18b peuvent coulisser dans la rainure 20a tandis que les pièces écrous 19c et 19d associées aux vis 18c et 18d peuvent coulisser dans la rainure 20b. Le support 17 est solidaire de deux éléments supports 21 et 22 fixés eux mêmes au bâti 6. Les rouleaux 14a, 14b et 14c, qui sont munis chacun d'une gorge, respectivement 23a, 23b et 23c, sur leur paroi latérale externe, sont disposés au-dessus de l'axe longitudinal du cylindre creux 7 de telle sorte que cet axe

soit sensiblement tangent aux rouleaux 14a et 14c et que d'une part l'écartement entre les rouleaux 14a et 14c soit sensiblement égal au diamètre du rouleau 14b et d'autre part la distance de l'axe longitudinal du rouleau 14b au plan tangent aux rouleaux 14a et 14c et contenant l'axe du cylindre creux 7 soit environ 1,5 fois le diamètre des rouleaux.

Le court-circuit 13 comporte également trois rouleaux cylindriques, respectivement 24a, 24b et 24c, qui sont identiques aux rouleaux du court-circuit 12 et sont montés chacun libres en rotation sur un axe ayant une direction orthogonale à l'axe longitudinal du cylindre creux 7, ledit axe étant fixé, comme indiqué précédemment pour le court-circuit 12, à un plateau 25 jouant le rôle de masse. Le plateau 25 est monté sur un support 26 au moyen de quatre vis à savoir 27a, 27b, 27c et 27d, qui se vissent chacune dans une pièce associée formant écrou, analogue à la pièce 19a associée à la vis 18a dans le court-circuit 12, et susceptible de coulisser par paires dans l'une des deux rainures 28a et 28b en T pratiquées sur la face du support 26 en regard du plateau 25. Plus particulièrement les pièces formant écrous associées aux vis 27a et 27b peuvent coulisser dans la rainure 28a tandis que les pièces formant écrous associées aux vis 27c et 27d peuvent coulisser dans la rainure 28b. Le support 26 est solidaire de deux éléments supports 29 et 30 fixés eux-mêmes au bâti 6.

Les rouleaux 24a, 24b et 24c, qui sont pourvus chacun d'une gorge, respectivement 31a, 31b et 31c, sur leur paroi latérale externe, sont disposés au-dessus de l'axe longitudinal du cylindre creux 7 de telle sorte que cet axe soit sensiblement tangent aux rouleaux 24a et 24c et que d'une part l'écartement entre les rouleaux 24a et 24c soit sensiblement égal au diamètre du rouleau 24b et d'autre part la distance de l'axe longitudinal du rouleau 24b au plan tangent aux rouleaux 24a et 24c et contenant l'axe du cylindre creux 7 soit égale à environ 1,5 fois le diamètre des rouleaux.

Les différents rouleaux des courts-circuits 12 et 13 ont une structure identique, à savoir celle qui est montrée en coupe sur la figure la dans le cas du rouleau 14b. Le rouleau 14b comporte un manchon cylindrique 32 présentant une gorge 23b sur sa surface externe et supporté par deux roulements à billes, respectivement 33 et 34, montés sur l'axe 15b du rouleau, ledit axe étant fixé par vissage au plateau 16. Deux flasques 35 et 36, fixées au manchon par des vis telles que 37, ferment les extrémités du manchon et forment également butées pour les roulements à billes 33 et 34. La flasque 36 de chaque rouleau, qui est en regard du plateau jouant le rôle de masse, plateau 16 pour le rouleau 14b, est séparée de ce plateau par un léger jeu de telle sorte que l'ensemble plateau/rouleau forme une capacité.

L'élément conducteur 38 à traiter, qui se présente ici sous une forme filiforme souple, entre en contact avec le court-circuit 12, en s'appuyant contre la partie tournée vers le bas de la gorge 23a du rouleau 14a, puis en s'enroulant dans la

partie tournée vers le haut de la gorge 23b du rouleau 14b et enfin en s'appuyant contre la partie tournée vers le bas de la gorge 23c du rouleau 14c, puis traverse le cylindre creux 7 et entre ensuite en contact avec le court-circuit 13, en s'appuyant contre la partie tournée vers le bas de la gorge 31a du rouleau 24a, puis en s'enroulant contre la partie tournée vers le haut de la gorge 31b du rouleau 24b et enfin en s'appuyant contre la partie tournée vers le bas de la gorge 31c du rouleau 24c. A sa sortie du court-circuit 13, l'élément conducteur est repris par des moyens de traction, par exemple est enroulé sur un bobinoir, non représenté, entraîné en rotation par un moteur, ce qui assure un défilement en continu de l'élément conducteur à travers le dispositif.

Le guide d'ondes 2 équipant le dispositif représenté schématiquement sur la figure 1 peut être remplacé par un guide d'ondes 39 démontable tel que représenté sur la figure 2. Ce guide d'ondes 39, qui présente également une section rectangulaire dont la plus grande dimension est verticale, comporte trois parties, à savoir une partie antérieure 39a, une partie médiane 39b et une partie postérieure 39c. Les parties antérieure 39a et médiane 39b du guide d'ondes ont leurs extrémités en regard, respectivement 40 et 41, en forme de collerettes et sont reliées de manière étanche par des moyens de fixation mécanique tels que des boulons non représentés appuyant lesdites collerettes l'une contre l'autre. Une fenêtre 42, en un matériau perméable aux ondes électromagnétiques tels que le TEFLON®, est interposée entre les collerettes 40 et 41 et sépare la zone intérieure 43a de la partie antérieure 39a du guide d'ondes de la zone intérieure 43b de la partie médiane 39b dudit guide d'ondes. De même les parties médiane 39b et postérieure 39c du guide d'ondes ont leurs extrémités en regard, respectivement 44 et 45, en forme de collerettes et sont reliées de manière étanche par des moyens de fixation mécanique tels que des boulons non représentés appuyant lesdites collerettes l'une contre l'autre. Une fenêtre 46, en un matériau de même nature que celui constituant la fenêtre 42, est interposée entre les collerettes 44 et 45 et sépare la zone intérieure 43b de la partie médiane 39b du guide d'ondes de la zone intérieure 43c de la partie postérieure 39c dudit guide d'ondes. Un iris de couplage 8 est monté dans la partie antérieure 39a du guide d'ondes tandis qu'un piston 9 de court-circuit à positionnement réglable, muni d'une tige de manoeuvre 10, obture la partie postérieure 39c dudit guide d'ondes. Chacune des grandes faces 47 et 48 du guide d'ondes présente, au niveau de la partie médiane 39b de ce dernier, un orifice circulaire, respectivement 49 et 50, prolongé par un embout creux cylindrique, respectivement 51 et 52, les axes longitudinaux desdits embouts étant confondus et rencontrant orthogonalement l'axe longitudinal du guide d'ondes. En outre la zone intérieure 43b de la partie médiane 39b du guide d'ondes s'ouvre vers l'extérieur par un ajutage cylindrique 53, ledit ajutage étant agencé pour

être connectable à une source de gaz inerte sous une légère pression de manière à permettre un balayage de la zone intérieure 43b de la partie médiane 39b du guide d'ondes par un gaz inerte.

Le dispositif, qui vient d'être décrit en référence aux figures 1, 1a, 1b et 2, fonctionne comme suit. L'élément conducteur 38 filiforme, qui peut, par exemple, provenir d'un système d'alimentation du type dévidoir ou encore d'une installation dans laquelle l'élément conducteur a subi un traitement préalable tel qu'un revêtement par poudrage ou par enduction, passe tout d'abord au contact des rouleaux 14a, 14b et 14c du court-circuit capacitif 12 comme décrit plus haut, puis traverse axialement le cylindre creux 7 associé au guide d'ondes 2 ou bien l'embout 51, la zone 43b et l'embout 52 du guide d'ondes 39, passe ensuite au contact des rouleaux 24a, 24b et 24c du court-circuit capacitif 13 comme indiqué précédemment et enfin s'enroule sur un bobinoir entraîné en rotation à vitesse constante, par exemple quelques centimètres à quelques mètres par seconde, par un moteur. La rotation du bobinoir assure l'entraînement de l'élément conducteur et par là-même son défilement en continu à travers le dispositif de traitement thermique.

Préalablement à la mise en oeuvre du traitement thermique de l'élément conducteur 38, une adaptation d'impédance et de fréquence du système applicateur, à savoir guide d'ondes 2 et cylindre creux 7 ou guide d'ondes 39 et embouts creux 51 et 52, est réalisée en agissant sur l'ouverture de l'iris 8 de couplage et le positionnement du piston 9 dans le guide d'ondes, de telle sorte que l'énergie électromagnétique fournie par le générateur de microondes 1 soit transférée intégralement à l'élément conducteur 38. Une telle adaptation d'impédance et de fréquence s'effectue, comme il est bien connu, par mesure sur vobulateur par exemple.

Le générateur 1, par exemple à magnétron, émet des ondes électromagnétiques du type microondes ayant une fréquence comprise entre 0,3 GHz et 10 GHz, qui se propagent dans le guide d'ondes 2 ou 39. Dans le domaine de fréquence des ondes émises, lesdites ondes se propagent dans le guide d'ondes 2 ou 39, à section rectangulaire de grande dimension verticale, suivant le mode TE<sub>01</sub>. Dans un tel mode de propagation le champ électrique associé aux microondes est maximum dans un plan médian perpendiculaire aux deux grandes faces du guide d'ondes, c'est-à-dire parallèle à l'axe longitudinal du cylindre creux 7 associé au guide d'ondes 2 ou à l'axe longitudinal des embouts 51 et 52 associés au guide d'ondes 39, ledit axe représentant l'axe de défilement de l'élément conducteur filiforme 38.

La portion d'élément conducteur 38 délimitée par les deux court-circuits 12 et 13 est donc placée parallèlement au champ électrique associé aux microondes se propageant dans le guide d'ondes dans une zone où ledit champ électrique est maximum, ce qui entraîne un couplage électrique de l'énergie électromagnétique des microondes à la portion précitée de l'élément conducteur 38,

qui joue le rôle d'une antenne accordée sur la fréquence d'émission du générateur 1, avec comme résultat l'induction d'un courant électrique microondes dans ladite portion de l'élément conducteur, ce courant électrique étant ramené à la masse par les courts-circuits capacitifs 12 et 13. Un tel retour à la masse par les courts-circuits 12 et 13 empêche une propagation du courant microondes d'une part jusqu'au bobinoir recevant l'élément conducteur traité thermiquement et d'autre part jusqu'aux moyens d'amenée de l'élément conducteur au dispositif de traitement thermique.

La distance entre les courts-circuits 12 et 13, qui détermine la longueur de la portion de l'élément conducteur parcourue par le courant électrique microondes, est ajustée pour que ladite portion constitue un circuit résonnant à la fréquence des ondes émises par le générateur, ce qui permet d'obtenir une surintensité dans cette portion d'élément conducteur.

La portion d'élément conducteur délimitée par les deux courts-circuits 12 et 13, dans laquelle circule le courant électrique microondes, s'échauffe par effet Joule et peut donc être portée à la température requise pour le traitement thermique de l'élément conducteur, température qui dépend entre autres de l'énergie fournie par le générateur à l'élément conducteur.

Lorsque l'élément conducteur consiste en un matériau conducteur, par exemple fibres de carbone ou encore métal, portant un revêtement continu ou discontinu en une matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique et soit de fondre ou encore de durcir, l'échauffement du matériau conducteur par effet Joule entraîne un échauffement par conduction de la matière de revêtement qui suivant le cas fond, cas d'une matière thermoplastique, ou durcit, cas d'une matière thermodurcissable, pour former un enrobage compact et homogène de l'élément conducteur.

Ainsi en traitant par le procédé suivant l'invention, mis en oeuvre dans un dispositif analogue à celui de la figure 1 et possédant un générateur à magnétron émettant des microondes ayant une fréquence de 2,45 GHz, un élément conducteur 38 filiforme consistant en un ruban de fibres de carbone revêtu, par un procédé de poudrage électrostatique en lit fluidisé, d'une poudre de polyamide, on a obtenu un enrobage compact et homogène des fibres de carbone du ruban par fusion par conduction thermique de la poudre de polyamide sous l'action de l'échauffement par effet Joule des fibres de carbone parcourues par le courant électrique microondes. Suivant les essais, la puissance fournie par le générateur à l'élément conducteur était comprise entre 500 W et 2000 W et la vitesse de défilement de l'élément conducteur se situait entre 0,1 et 1,5 m/s.

Le dispositif schématisé sur les figures 3 et 3a comprend un émetteur HF 54, un système applicateur consistant en une antenne, en un métal tel que l'aluminium ou le cuivre, connectée à l'émetteur HF par un conducteur 67 et constituée d'un barreau support 55 se terminant par un déflecteur

56 hémicylindrique, et un système de court-circuit comportant un premier court-circuit 12 et un deuxième court-circuit 13. A la place de l'antenne à déflecteur hémicylindrique, on pourrait également utiliser une antenne consistant uniquement en un barreau de cuivre ou d'aluminium à section cylindrique ou hémicylindrique. Les courts-circuits du système de court-circuit ont une structure analogue à celle des courts-circuits représentés sur les figures 1, la et lb et comportent donc trois rouleaux 14a, 14b et 14c pour le court-circuit 12 et trois rouleaux 24a, 24b et 24c pour le court-circuit 13, chacun des rouleaux portant également une gorge sur sa surface latérale externe, lesdits courts-circuits 12 et 13 étant disposés de part et d'autre de l'antenne.

L'élément conducteur 38 à traiter thermiquement, qui se présente ici sous une forme filiforme souple, entre en contact avec le court-circuit 12 en s'appuyant contre les gorges des rouleaux 14a, 14b et 14c comme indiqué dans le cas du dispositif de la figure 1, puis passe devant le réflecteur 56 de l'antenne dans une direction parallèle à l'axe longitudinal dudit réflecteur et entre ensuite en contact avec le court-circuit 13 en s'appuyant contre les gorges des rouleaux 24a, 24b et 24c comme indiqué pour le dispositif de la figure 1. A sa sortie du court-circuit 13 l'élément conducteur 38 est repris par des moyens de réception, par exemple est enroulé sur un bobinoir, non représenté, entraîné en rotation par un moteur, ce qui assure un défilement en continu de l'élément conducteur à travers le dispositif.

Le générateur HF 54 d'énergie électromagnétique comporte un tube amplificateur à vide du type triode 57, qui possède une anode 57a, une grille 57b et une cathode 57c et dont la charge d'anode est un circuit résonnant 58 comportant en parallèle une capacité 59 et une self 60. Un circuit diviseur/inverseur 61 prélève et inverse une fraction des oscillations de tension anodique et injecte la fraction des oscillations inversées sur la grille 57b de la triode 57 à travers une capacité 62 empêchant le passage de toute composante continue de ladite fraction. Une résistance 63 est interposée entre la grille 57b et la masse. L'anode 57a est connectée à la borne positive d'une alimentation haute tension 66 à travers une self 65 à inductance réglable empêchant les oscillations de tension de remonter à l'alimentation continue 66 tandis qu'une capacité 64 prévient le passage de toute composante continue vers le circuit oscillant.

Le fonctionnement du dispositif à générateur HF d'énergie électromagnétique et à système applicateur du type antenne schématisé sur les figures 3 et 3a est similaire à celui du dispositif faisant appel aux microondes représenté schématiquement sur les figures 1, 1a, 1b et 2.

L'élément conducteur 38 filiforme, qui peut, par exemple, provenir d'un système d'alimentation du type dévidoir ou encore d'une installation dans laquelle l'élément conducteur a subi un traitement préalable tel qu'un revêtement par poudrage ou par enduction, passe tout d'abord au

contact des rouleaux 14a, 14b et 14c du court-circuit 12, puis défile devant le réflecteur 56 de l'antenne de manière à être contenu dans le plan de symétrie du réflecteur, qui passe par l'axe longitudinal de ce dernier, et à rester parallèle audit axe longitudinal, passe ensuite au contact des rouleaux 24a, 24b et 24c du court-circuit 13 et enfin s'enroule sur un bobinoir entraîné en rotation à vitesse constante, par exemple quelques centimètres à quelques mètres par seconde, par un moteur. La rotation du bobinoir assure l'entraînement de l'élément conducteur et par là-même son défilement en continu à travers le dispositif de traitement thermique. Le passage de l'élément conducteur 38 au contact des rouleaux du court-circuit 12 et au contact des rouleaux du court-circuit 13 s'effectue comme indiqué précédemment dans le cas du dispositif de la figure 1.

Préalablement à la mise en oeuvre du traitement thermique de l'élément conducteur 38, une adaptation d'impédance du système applicateur, à savoir antenne, est réalisée en faisant varier la distance séparant l'élément conducteur 38 du réflecteur 56 de l'antenne, de manière à maximiser le transfert d'énergie du générateur HF 54 à l'élément conducteur 38.

Le générateur HF 54 produit des oscillations ayant une fréquence comprise entre 1 MHz et 0,3 GHz, qui excitent l'antenne et amène cette dernière à rayonner des ondes électromagnétiques ayant une fréquence correspondant à celle des oscillations produites par le générateur 54.

La portion d'élément conducteur 38 délimitée par les deux courts-circuits 12 et 13, qui a une direction parallèle à celle de l'axe longitudinal du déflecteur 56 de l'antenne se comporte comme une antenne réceptrice et capte les ondes électromagnétiques émises par l'antenne, avec comme résultat la production d'un courant électrique haute fréquence dans ladite portion de l'élément conducteur 38, ce courant électrique étant ramené à la masse par les courts-circuits capacitifs 12 et 13.

De même que pour le dispositif de la figure 1, la distance entre les courts-circuits 12 et 13, qui détermine la longueur de la portion de l'élément conducteur parcourue par le courant électrique haute fréquence, est ajustée pour que ladite portion de l'élément conducteur constitue un circuit résonnant à la fréquence des oscillations émises par le générateur HF 54.

La portion d'élément conducteur délimitée par les deux courts-circuits 12 et 13, dans laquelle circule le courant électrique haute fréquence, s'échauffe par effet Joule et peut donc être portée à la température requise pour le traitement thermique de l'élément conducteur.

Lorsque l'élément conducteur consiste en un matériau conducteur, par exemple fibres conductrices non métalliques telles que fibres de carbone ou encore métal, portant un revêtement continu ou discontinu en une matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique et soit de fondre ou de durcir, l'échauffement du matériau conducteur par effet Joule entraîne, comme

indiqué précédemment dans le cas du fonctionnement du dispositif suivant la figure 1, un échauffement par conduction de la matière de revêtement qui suivant le cas fond si elle est thermoplastique ou bien durcit si elle est thermodurcissable, pour former un enrobage compact et homogène de l'élément conducteur.

Ainsi en traitant par le procédé suivant l'invention, mis en oeuvre dans un dispositif analogue à celui des figures 3 et 3a et possédant un générateur HF émettant à une fréquence de 27,12 MHz, un élément conducteur 38 filiforme consistant en un ruban de fibres de carbone revêtu, par un procédé de poudrage électrostatique en lit fluidisé, d'une poudre de polyamide, on a obtenu un enrobage compact et homogène du ruban de fibres de carbone par fusion par conduction thermique de la poudre de polyamide sous l'action de l'échauffement par effet Joule des fibres de carbone parcourues par le courant électrique haute fréquence. Pour les essais réalisés la distance de l'élément conducteur 38 au support 55 de l'antenne était égale à 10 cm tandis que la distance entre les courts-circuits 12 et 13 était de 2 mètres. En outre suivant les essais, la puissance fournie à l'élément conducteur 38 variait de 530 W à 2100 W et la vitesse de défilement de l'élément conducteur allait de 0,15 m à 1,2 m par seconde.

Bien entendu, l'invention ne se limite pas aux modes de réalisation décrits et représentés mais en englobe au contraire les diverses variantes accessibles à l'homme de l'art tout en restant dans le cadre de l'invention.

En particulier, dans le dispositif des figures 3 et 3a, la portion d'élément conducteur en regard de l'antenne peut défiler à l'intérieur d'un tube en une matière perméable aux ondes électromagnétiques et notamment en quartz, dans lequel règne une légère surpression d'un gaz inerte.

## Revendications

1. Procédé de traitement thermique d'un élément conducteur au moins partiellement constitué d'un matériau électriquement conducteur, dans lequel on couple à une portion de l'élément conducteur par l'intermédiaire d'un applicateur une énergie électromagnétique émise par une source électromagnétique de manière à générer dans cette portion d'élément conducteur un courant alternatif de fréquence comprise entre 1 MHz et 10 GHz et l'on bloque ledit courant électrique dans la portion d'élément conducteur dans laquelle il a été généré, ce qui produit un échauffement de ladite portion d'élément conducteur par effet Joule, caractérisé en ce que l'on réalise le couplage de l'énergie électromagnétique à la portion d'élément conducteur en faisant jouer à cette dernière le rôle d'une antenne accordée sur la fréquence d'émission de la source d'énergie électromagnétique.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le courant électrique circulant dans la portion d'élément conducteur jouant le rôle d'antenne est généré en couplant magnétiquement à

cette portion d'élément conducteur l'énergie créée par la source électromagnétique émettant à la fréquence choisie.

3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le courant électrique circulant dans la portion d'élément conducteur jouant le rôle d'antenne est généré en couplant électriquement à cette portion d'élément conducteur l'énergie créée par la source électromagnétique émettant à la fréquence choisie.

4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la portion de l'élément conducteur jouant le rôle d'antenne parcourue par le courant électrique alternatif a une longueur choisie pour provoquer dans cette portion un phénomène de surintensité par résonance.

5. Procédé suivant la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce que le blocage du courant électrique dans la portion d'élément conducteur jouant le rôle d'antenne est réalisé en délimitant ladite portion par deux courts-circuits.

6. Procédé suivant la revendication 5, caractérisé en ce que chacun des courts-circuits, qui délimitent la portion de l'élément conducteur jouant le rôle d'antenne parcourue par le courant alternatif, est du type capacitif ou selfique.

7. Procédé suivant l'une des revendications 3 à 6, caractérisé en ce que l'élément conducteur se déplace en continu au cours du traitement.

8. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'élément conducteur est un élément filiforme ou un élément sous forme de plaque, de nappe ou de feuille.

9. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'élément conducteur consiste en partie ou en totalité en fibres de carbone.

10. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'élément conducteur porte un revêtement continu ou discontinu en une matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique.

11. Procédé suivant la revendication 10, caractérisé en ce que ladite matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique est une matière thermoplastique et en particulier un polymère thermoplastique, notamment polyamide, polyoléfine, polycarbonate, polytétrafluoroéthylène et polyfluorure de vinylidène.

12. Procédé suivant la revendication 10, caractérisé en ce que ladite matière susceptible de s'échauffer par conduction thermique est une matière thermodurcissable et en particulier une résine thermodurcissable, notamment résine époxy.

13. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'élément conducteur consiste en une armature conductrice ou non noyée dans une matrice constituée d'un mélange d'une matière thermoplastique ou thermodurcissable et d'un matériau conducteur.

14. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le traitement thermique de l'élément conducteur est réalisé en atmosphère contrôlée et notamment en atmosphère inerte.

15. Dispositif pour le traitement thermique d'un élément conducteur (38) au moins partiellement constitué d'un matériau électriquement conducteur du type comportant un générateur (1) d'énergie électromagnétique susceptible d'émettre des ondes électromagnétiques ayant une fréquence comprise entre 1 MHz et 10 GHz, un système applicateur (2, 7) agencé pour coupler à une portion de l'élément conducteur (38) l'énergie électromagnétique émise par le générateur de manière à produire dans ladite portion de l'élément conducteur un courant électrique alternatif de même fréquence que les ondes émises par le générateur et un système de court-circuit de type selfique ou capacitif (12, 13) arrangé pour bloquer dans la portion de l'élément conducteur le courant électrique produit dans cette portion d'élément conducteur, caractérisé en ce que ladite portion d'élément conducteur (38) est disposée de manière à constituer une antenne couplée au générateur (1) par l'intermédiaire du système applicateur (2, 7) et en ce que ledit système de court-circuit (12, 13) présente un agencement tel que la portion d'élément conducteur formant antenne est soit en contact avec ledit système ou en constitue la partie active.

16. Dispositif suivant la revendication 15, caractérisé en ce que le système de court-circuit (12, 13) est agencé de telle sorte que la portion d'élément conducteur dans laquelle il bloque le courant électrique généré dans cette portion, forme un circuit résonnant à la fréquence des ondes émises par le générateur.

17. Dispositif suivant la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que le générateur (1) est un générateur d'ondes électromagnétiques, dites microondes, ayant des fréquences comprises entre 0,3 GHz et 10 GHz.

18. Dispositif suivant la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que le générateur (1) est un générateur d'ondes électromagnétiques haute fréquence ou très haute fréquence, ayant des fréquences comprises entre 1 MHz et 0,3 GHz.

19. Dispositif suivant l'une des revendications 15 à 18, caractérisé en ce que le système applicateur est agencé pour réaliser un couplage magnétique, à l'élément conducteur, de l'énergie électromagnétique émise par le générateur.

20. Dispositif suivant la revendication 19, caractérisé en ce que le système applicateur comporte un bobinage alimenté par le générateur, ledit bobinage étant associé à un second bobinage formé par l'élément conducteur pour constituer un transformateur dont le bobinage du système applicateur forme l'enroulement primaire et l'élément conducteur bobiné constitue l'enroulement secondaire.

21. Dispositif suivant l'une des revendications 15 à 18, caractérisé en ce que le système applicateur est agencé pour réaliser un couplage électrique de l'énergie électromagnétique émise par le générateur à la portion de l'élément conducteur.

22. Dispositif suivant la revendication 21, caractérisé en ce que le générateur est un générateur émettant des microondes et en ce que le

système applicateur du type à couplage électrique consiste en un guide d'ondes (2) alimenté par le générateur (1), ce guide d'ondes étant traversé par l'élément conducteur à traiter parallèlement au champ électrique créé dans ledit guide d'ondes.

23. Dispositif suivant la revendication 21, caractérisé en ce que le générateur est un générateur haute fréquence ou très haute fréquence et en ce que le système applicateur consiste en une antenne émettrice excitée par le générateur, l'élément conducteur jouant le rôle d'antenne réceptrice.

24. Dispositif suivant l'une des revendications 15 à 23, caractérisé en ce que le système applicateur (2, 7) comporte des moyens (8, 9) d'adaptation en impédance propres à assurer un couplage optimal, à la portion de l'élément conducteur, de l'énergie électromagnétique produite par le générateur.

25. Dispositif suivant l'une des revendications 15 à 20, caractérisé en ce que le système de court-circuit est du type selfique et consiste en l'élément conducteur lui-même mis sous la forme d'un bobinage ayant un diamètre et une longueur propres à conférer audit bobinage un coefficient de self induction ayant une valeur suffisante pour que le courant électrique induit dans le bobinage soit bloqué dans ce dernier par effet solénoïde.

26. Dispositif suivant l'une des revendications 21 à 24, caractérisé en ce que le système de court-circuit comporte deux courts-circuits (12, 13) du type capacitif de faible impédance, qui sont disposés de part et d'autre du système applicateur et sont reliés chacun par contact à l'élément conducteur de manière à délimiter entre eux une portion de l'élément conducteur dans laquelle est généré et bloqué le courant alternatif de fréquence élevée.

27. Dispositif suivant la revendication 26, caractérisé en ce que chacun des deux courts-circuits du type capacitif comporte un élément de contact sur lequel s'appuie l'élément conducteur, cet élément de contact étant fixé à un support jouant le rôle de masse et étant séparé dudit support par un jeu approprié pour former une capacité de faible impédance propre à assurer un retour capacitif à la masse du courant électrique de fréquence élevée circulant dans la portion d'élément conducteur délimitée par les deux courts-circuits.

28. Dispositif suivant la revendication 26, caractérisé en ce que chacun des deux courts-circuits (12, 13) du type capacitif est constitué d'un ou plusieurs rouleaux (14a, 14b, 14c) sur lequel ou lesquels s'appuie l'élément conducteur (38), chacun des rouleaux comportant un axe longitudinal autour duquel il est mobile en rotation et étant fixé par cet axe à un plateau support (16) jouant le rôle de masse, cette fixation étant réalisée de manière à ménager un jeu approprié entre les rouleaux et le plateau support pour obtenir une capacité d'impédance suffisamment faible pour assurer un retour capacitif à la masse du courant de fréquence élevée induit dans la

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

portion d'élément conducteur délimitée par les deux courts-circuits (12, 13).

29. Dispositif suivant l'une des revendications 26 à 28, caractérisé en ce que les deux courts-circuits du système de court-circuit capacitif sont montés de manière à être déplaçables l'un par rapport à l'autre pour augmenter ou réduire la distance qui les sépare.

30. Dispositif suivant l'une des revendications 26 à 29, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens propres à animer l'élément conducteur d'un mouvement de défilement.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Wärmebehandlung eines wenigstens teilweise aus elektrisch leitfähigem Material bestehenden leitfähigen Elements, bei dem mittels einer Zufuhreinrichtung einem Teil des leitfähigen Elements eine von einer elektromagnetischen Quelle abgegebene elektromagnetische Energie derart zugeführt wird, daß in dem Teil des leitfähigen Elements ein Wechselstrom mit einer Frequenz zwischen 1 MHz und 10 GHz erzeugt und bei dem der elektrische Strom im Teil des leitfähigen Elements, in dem er erzeugt wurde, blockiert wird, wodurch der Teil des leitfähigen Elements durch den Joule-Effekt erwärmt wird, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Energie dem Teil des leitfähigen Elements zugeführt wird, indem man dasselbe als Antenne wirken läßt, die auf die Emissionsfrequenz der elektromagnetischen Energiequelle abgestimmt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem als Antenne wirkenden Teil des Elements fließende elektrische Strom erzeugt wird, indem die von der elektromagnetischen, mit der gewählten Frequenz sendenden Energiequelle erzeugte Energie magnetisch mit diesem Teil des leitfähigen Elements gekoppelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem als Antenne wirkenden Teil des Elements fließende elektrische Strom erzeugt wird, indem die von der elektromagnetischen, mit der gewählten Frequenz sendenden Energiequelle erzeugte Energie elektrisch mit diesem Teil des leitfähigen Elements gekoppelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des leitfähigen Elements, der als Antenne dient und vom elektrischen Wechselstrom durchflossen wird, eine Länge aufweist, die so gewählt ist, daß in dem Teil durch Resonanz ein Überintensitätsphänomen hervorgerufen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß der in dem als Antenne dienenden Teil des leitfähigen Elements fließende Strom durch Begrenzung des Teils durch zwei Kurzschlüsse gesperrt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder den Teil des leitfähigen Elements, der als Antenne dient und vom

Wechselstrom durchflossen ist, begrenzende Kurzschluß kapazitiver oder induktiver Art ist.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich das leitfähige Element während der Behandlung dauernd verschiebt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das leitfähige Element faden-, platten-, tuch- oder blattförmig ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das leitfähige Element ganz oder teilweise aus Kohlenstoffasern besteht.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das leitfähige Element eine durchgehende oder unterbrochene Hülle aus einem Material trägt, das durch Wärmeleitung erwärmbar ist.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das durch Wärmeleitung erwärmbare Material aus einem thermoplastischen Material besteht, insbesondere aus einem thermoplastischen Polymer, insbesondere Polyamid, Polyolefin, Polycarbonat, Polytetrafluoroäthylen und Polyvinylidenfluorid.

12. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das durch Wärmeleitung erwärmbare Material ein wärmehärtbares Material, insbesondere ein wärmehärtbares Harz, insbesondere Epoxyharz ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das leitfähige Element aus einer leitfähigen oder nicht in eine Matrix eingetauchten Einlage besteht, wobei die Matrix aus einem Gemisch aus einem thermoplastischen oder wärmehärtbaren und einem leitfähigen Material besteht.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmebehandlung des leitfähigen Elements in einer kontrollierten und insbesondere inerten Atmosphäre erfolgt.

15. Vorrichtung zur Wärmebehandlung eines leitfähigen Elements (38), das wenigstens teilweise aus einem elektrisch leitfähigen Material besteht, mit einem Generator (1) zur Erzeugung elektromagnetischer Energie, der elektromagnetische Wellen mit einer Frequenz zwischen 1 MHz und 10 GHz aussendet, mit einem Zufuhrsystem (2, 7), das so aufgebaut wird, daß ein Teil des leitfähigen Elements (38) die vom Generator emittierte elektromagnetische Energie derart zugeführt wird, daß in dem Teil des leitfähigen Elements ein elektrischer Wechselstrom erzeugt wird, dessen Frequenz gleich der vom Generator ausgesendetenwellen ist, und mit einem induktiven oder kapazitiven Kurzschlußsystem (12, 13), das so aufgebaut ist, daß der in diesem Teil des leitfähigen Elements fließende Strom in demselben gesperrt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Teil des leitfähigen Elements (38) derart angeordnet ist, daß er eine mit dem Generator (1) über das Zufuhrsystem (2, 7) gekoppelte Antenne bildet, und daß das Kurzschlußsystem

(12, 13) so aufgebaut ist, daß der die Antenne bildende Teil des leitfähigen Elements entweder das System berührt oder seinen aktiven Teil bildet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Kurzschlußsystem (12, 13) so ausgebildet ist, daß der Teil des leitfähigen Elements, in dem es den in diesem Teil fließenden Strom sperrt, ein Kreis ist, der resonant ist mit der Frequenz der vom Generator ausgesendeten Wellen.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (1) ein als Mikrowellengenerator bezeichneter Generator zur Erzeugung elektromagnetischer Wellen ist, wobei die Mikrowellen eine Frequenz zwischen 0,3 GHz und 10 GHz haben.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator (1) ein Generator zur Erzeugung elektromagnetischer Wellen hoher oder sehr hoher Frequenz zwischen 1 MHz und 0,3 GHz ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Zufuhrsystem so ausgebildet ist, daß es die vom Generator ausgesendete elektromagnetische Energie magnetisch auf das leitfähige Element koppelt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das Zufuhrsystem eine vom Generator gespeiste Spule aufweist, die einer durch das leitfähige Element gebildeten zweiten Spule zugeordnet ist, so daß ein Transformator gebildet wird, wobei die Spule des Zufuhrsystems die Primär- und das gewickelte leitfähige Element die Sekundärwicklung bildet.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Zufuhrsystem so ausgebildet ist, daß es die vom Generator ausgesendete elektromagnetische Energie elektrisch auf das leitfähige Element koppelt.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator ein Mikrowellen aussendender Generator ist und daß das elektrisch koppelnde Zufuhrsystem aus einem vom Generator (1) gespeisten Wellenleiter (2) besteht, der vom leitfähigen Element durchlaufen wird, so daß es parallel in dem durch den Wellenleiter gebildeten elektrischen Feld behandelt wird.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß der Generator ein Generator hoher oder sehr hoher Frequenz ist und daß das Zufuhrsystem aus einer vom Generator erregten Sendeantenne besteht, wobei das leitfähige Element als Empfangsantenne dient.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß das Zufuhrsystem (2, 7) Einrichtungen (8, 9) zur Impedanzanpassung aufweist, so daß eine optimale Kopplung der vom Generator erzeugten elektromagnetischen Energie auf den Teil des leitfähigen Elements gewährleistet wird.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Kurzschlußsystem induktiv ist und in dem spulenförmig ausgebildeten leitfähigen Element selbst

5

besteht, wobei die Spule einen eigenen Durchmesser und eine Eigenlänge aufweist, daß die Spule einen Selbsterregungskoeffizienten aufweist, der ausreicht, daß der in die Spule induzierte elektrische Strom in diesem durch Solenoideffekt gesperrt wird.

10

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Kurzschlußsystem zwei kapazitive Kurzschlüsse (12, 13) mit geringer Impedanz aufweist, die beidseits des Zufuhrsystems angeordnet sind und durch Berührung mit dem leitfähigen Element derart verbunden sind, daß zwischen ihnen ein Teil des leitfähigen Elements begrenzt wird, in dem der Wechselstrom erhöhter Frequenz erzeugt und gesperrt wird.

15

20

27. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der beiden kapazitiven Kurzschlüsse ein Kontaktelement aufweist, an dem das leitfähige Element anliegt, wobei das Kontaktelement an einer als Masse dienenden Halterung befestigt und von dieser durch einen Spalt getrennt ist, der eine Kapazität geringer Eigenimpedanz bildet, so daß der elektrische Strom erhöhter Frequenz, der in dem von den beiden Kurzschlüssen begrenzten Teil des leitfähigen Elements fließt, kapazitiv auf Masse rückgeführt ist.

25

30

28. Vorrichtung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß jeder der beiden kapazitiven Kurzschlüsse (12, 13) aus einer oder mehreren Walzen (14a, 14b, 14c) besteht, auf der oder auf denen das leitfähige Element (38) aufliegt, wobei die Walzen um eine Achse drehbar und die Achsen an einer als Masse dienenden Halteplatte (16) befestigt sind, wobei die Befestigung derart ist, daß ein geeigneter Spalt zwischen den Walzen und der Halteplatte gebildet wird, um eine Kapazität ausreichend geringer Impedanz zu erzielen, um den Strom erhöhter Frequenz, der in dem von den beiden Kurzschlüssen (12, 13) begrenzten Teil des leitfähigen Elements fließt, kapazitiv auf Masse zu führen.

35

40

45

29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Kurzschlüsse des kapazitiven Kurzschlußsystems derart befestigt sind, daß sie gegeneinander verschiebbar sind, um den Abstand zwischen ihnen zu vergrößern oder zu verringern.

50

55

30. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 29 gekennzeichnet durch Einrichtungen, durch die das leitfähige Element in eine Ablaufbewegung versetzt wird.

60

65

## Claims

1. Method for the thermal treatment of a conductor element consisting at least partially of an electrically conductive material, in which electromagnetic energy emitted by an electro-magnetic source is coupled to part of the conductor element by means of an applicator in a manner such that an alternating current having a frequency comprised between 1 MHz and 10 GHz is generated in this conductor element part, and the

said electric current is blocked in the conductor element part in which it has been generated, which heats the said part of the conductor element by the Joule effect, characterised in that the electro-magnetic energy is coupled to the conductor element part by the latter serving as an antenna tuned to the emission frequency of the electro-magnetic energy source.

2. Method according to Claim 1, characterised in that the electric current circulating in the conductor element part serving as an antenna is generated by magnetically coupling the energy created by the electromagnetic source emitting at the selected frequency to this conductor element part.

3. Method according to Claim 1, characterised in that the electric current circulating in the conductor element part serving as an antenna is generated by electrically coupling the energy created by the electro-magnetic source emitting at the selected frequency to this conductor element part.

4. Method according to any one of Claims 1 to 3, characterised in that the part of the conductor element serving as an antenna and passed through by the alternating electric current has a selected length in order to produce a phenomenon of excess current in this part by resonance.

5. Method according to either of Claims 3 or 4, characterised in that the electric current is blocked in the conductor element part serving as an antenna by delimiting the said part by two short circuits.

6. Method according to Claim 5, characterised in that each of the short circuits, delimiting the conductor element part serving as an antenna and passed through by the alternating current, is of the capacitive or inductive type.

7. Method according to any one of Claims 3 to 6, characterised in that the conductor element moves continuously during the treatment.

8. Method according to any one of Claims 1 to 7, characterised in that the conductor element is a filamentary element or an element in the form of a plate, sheet or foil.

9. Method according to any one of Claims 1 to 8, characterised in that the conductor element partially or totally consists of carbon fibres.

10. Method according to any one of Claims 1 to 9, characterised in that the conductor element bears a continuous or discontinuous covering of a material capable of heating up by thermal conduction.

11. Method according to Claim 10, characterised in that the said material capable of heating up by thermal conduction is a thermoplastic material and in particular a thermoplastic polymer, in particular polyamide, polyolefin, polycarbonate, polytetrafluoroethylene and polyvinylidene fluoride.

12. Method according to Claim 10, characterised in that the said material capable of heating up by thermal conduction is a thermo-hardening material and in particular a thermo-hardening resin, notably epoxy resin.

13. Method according to any one of Claims 1 to 9, characterised in that the conductor element consists of an armature which may or may not be conductive, immersed in a matrix consisting of a mixture of a thermoplastic or thermo-hardening material and a conductive material.

14. Method according to any one of Claims 1 to 13, characterised in that the heat treatment of the conductor element is performed in a controlled atmosphere and in particular in an inert atmosphere.

15. Device for the heat treatment of a conductor element (38) at least partially consisting of an electrically conductive material, of the type comprising an electro-magnetic energy generator (1) capable of emitting electro-magnetic waves having a frequency comprised between 1 MHz and 10 GHz, an applicator system (2, 7) arranged to couple part of the conductor element (38) with the electromagnetic energy emitted by the generator so as to produce in the said part of the conductor element an alternating electric current having the same frequency as the waves emitted by the generator, and a short circuit system (12, 13) of the inductive or capacitive type, arranged so as to block the electric current produced in the part of the conductor element in the said conductor element part, characterised in that the said conductor element part (38) is disposed in such a way that it constitutes an antenna coupled to the generator (1) by means of the applicator system (2, 7); and in that the said short circuit system (12, 13) is arranged such that the conductor element part forming the antenna is either in contact with the said system or constitutes the active part thereof.

16. Device according to Claim 15, characterised in that the short circuit system (12, 13) is arranged in such a way that the conductor element part in which it blocks the electric current generated in this part, forms a circuit resonating at the frequency of the waves emitted by the generator.

17. Device according to either of Claims 15 or 16, characterised in that the generator (1) is a generator of electro-magnetic waves, known as microwaves, having frequencies comprised between 0.3 GHz and 10 GHz.

18. Device according to either of Claims 15 or 16, characterised in that the generator (1) is a generator of high frequency or very high frequency electro-magnetic waves, having frequencies comprised between 1 MHz and 0.3 GHz.

19. Device according to any one of Claims 15 to 18, characterised in that the applicator system is arranged so as to couple magnetically the electromagnetic energy emitted by the generator to the conductor element.

20. Device according to Claim 19, characterised in that the applicator system comprises a winding fed by the generator, the said winding being associated with a second winding formed by the conductor element so as to form a transformer, of which the applicator system winding forms the primary coil and the wound conductor element forms the secondary coil.

21. Device according to any one of Claims 15 to 18, characterised in that the applicator system is arranged so as to couple electrically the electromagnetic energy emitted by the generator to the part of the conductor element.

22. Device according to Claim 21, characterised in that the generator is a generator emitting microwaves; and in that the applicator system is of the electric coupling type consisting of a wave guide (2) fed by the generator (1), this wave guide being passed through by the conductor element to be treated parallel to the electric field created in the said wave guide.

23. Device according to Claim 21, characterised in that the generator is a high frequency or very high frequency generator; and in that the applicator system consists of an emitting antenna energised by the generator, the conductor element serving as the receiver antenna.

24. Device according to any one of Claims 15 to 23, characterised in that the applicator system (2, 7) comprises means (8, 9) for adapting impedance suitable for coupling the electro-magnetic energy produced by the generator to the part of the conductor element in an optimum manner.

25. Device according to any one of Claims 15 to 20, characterised in that the short circuit system is of the inductive type and consists of the conductor element itself in the form of a winding having a diameter and length suitable for imparting to the said winding a self-induction co-efficient having a value sufficient for the electric current induced in the winding to be blocked in the latter by the solenoid effect.

26. Device according to any one of Claims 21 to 24, characterised in that the short circuit system comprises two short circuits (12, 13) of the low impedance capacitative type, which are arranged either side of the applicator system and are each connected by contact to the conductor element so

as to delimit between themselves a part of the conductor element in which the high frequency alternating current is generated and blocked.

27. Device according to Claim 26, characterised in that each of the two short circuits of the capacitative type comprises a contact element on which the conductor element bears, this contact element being fastened to a support serving as an earth and being separated from the said support by a clearance suitable of forming a low impedance capacity suitable for ensuring that the high frequency electric current circulating in the conductor element part delimited by the two short circuits returns capacitatively to earth.

28. Device according to Claim 26, characterised in that each of the two short circuits (12, 13) of the capacitative type consists of one or a plurality of rollers (14a, 14b, 14c) on which the conductor element (38) bears, each of the rollers comprising a longitudinal shaft about which it can be rotatably moved and being secured by the shaft to a support plate (16) serving as an earth, this fastening being produced in such a way that a clearance is provided between the rollers and the support plate suitable for obtaining an impedance capacity which is sufficiently low to ensure that the high frequency current induced in the conductor element part delimited by the two short circuits (12, 13) returns capacitatively to earth.

29. Device according to any one of Claims 26 to 28, characterised in that the two short circuits of the capacitative short circuit system are mounted so as to be displaceable with respect to one another so as to increase or reduce the distance separating them.

30. Device according to any one of Claims 26 to 29, characterised in that it comprises means suitable for imparting an unwinding movement to the conductor element.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

14

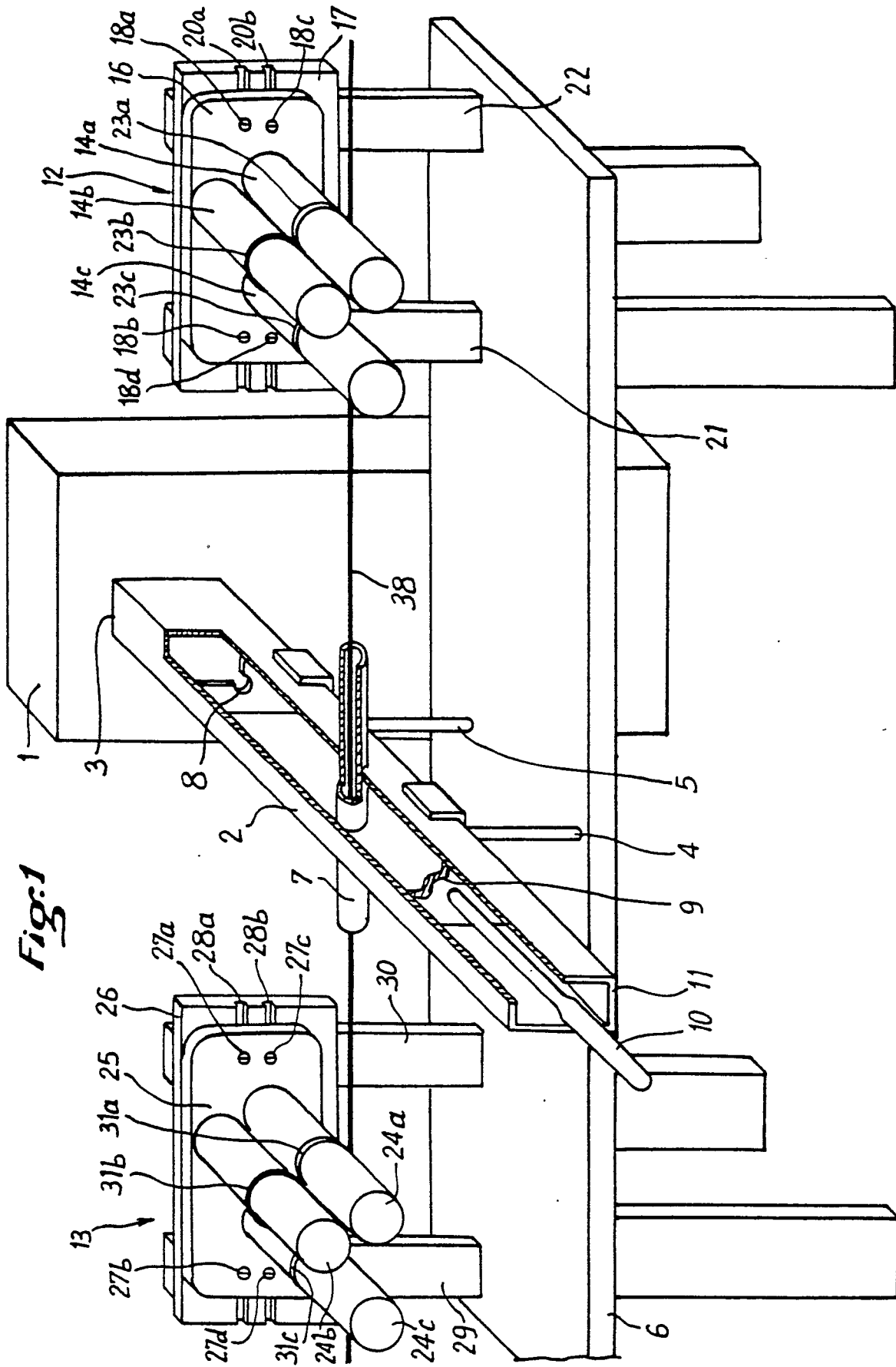


Fig. 1

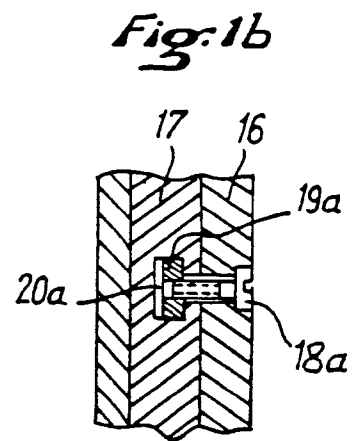
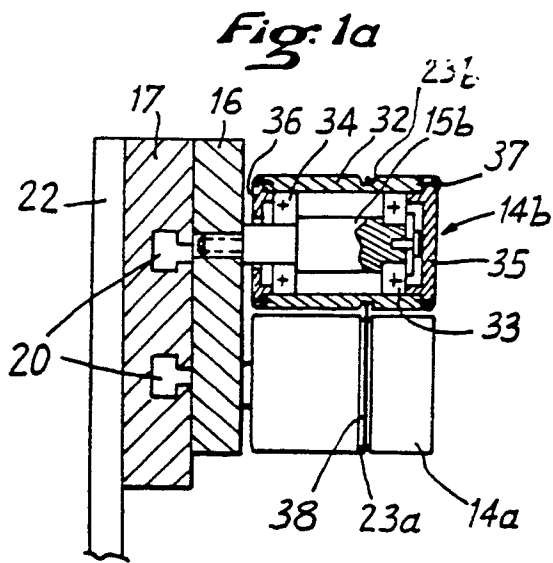
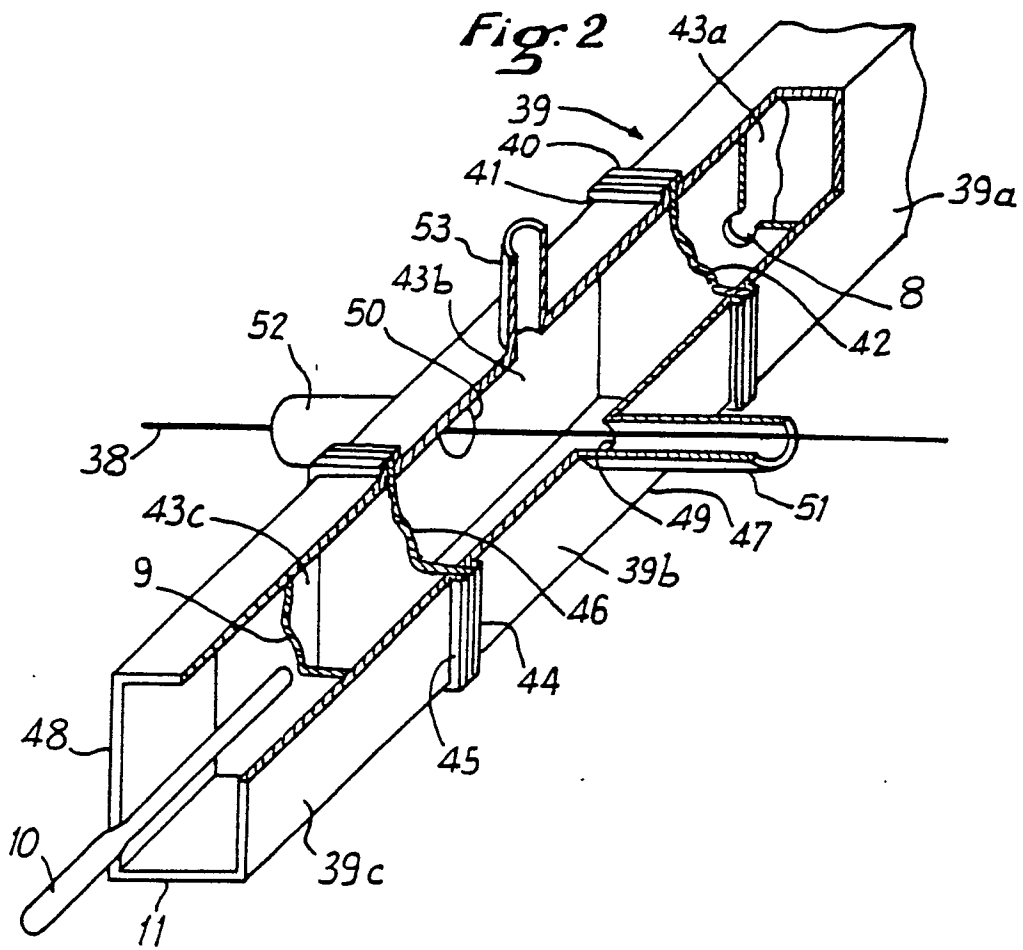


Fig. 3

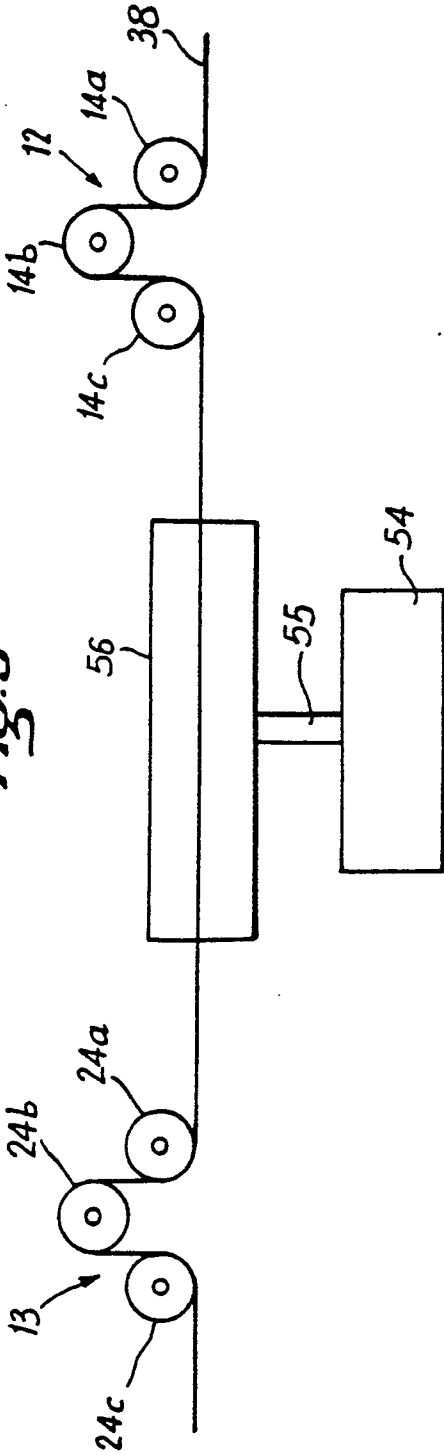


Fig. 3a

