



(22) Date de dépôt/Filing Date: 1999/07/16

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2001/01/16

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2007/05/22

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H05B 6/10* (2006.01),
H05B 6/02 (2006.01)

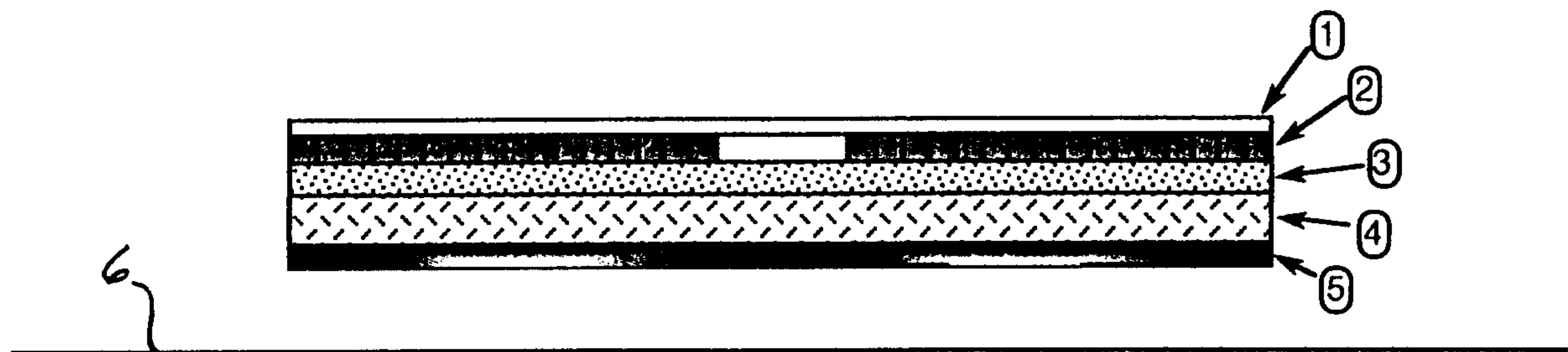
(72) Inventeurs/Inventors:
BEDARD, NORMAND, CA;
DOSTIE, MICHEL, CA

(73) Propriétaire/Owner:
HYDRO-QUEBEC, CA

(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : EMETTEUR INFRAROUGE A L'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE

(54) Title: ELECTROMAGNETIC INDUCTION INFRARED HEAT SYSTEM



(57) Abrégé/Abstract:

L'émetteur est constitué d'un matériau répondant à l'induction et capable de soutenir des hautes températures. Il comporte de plus au moins une épaisseur d'isolant de très faible conductivité thermique, notamment un isolant basse température et un isolant haute température, cette épaisseur étant adossée au matériau. Un inducteur est adjacent aux épaisseurs d'isolants et est séparé du matériau par ces derniers. Le matériau est constitué d'une matrice permettant le chauffage et comporte des fibres de carbone.

ABRÉGÉ DESCRIPTIF

L'émetteur est constitué d'un matériau répondant à l'induction et capable de soutenir des hautes températures. Il comporte de plus au moins une épaisseur d'isolant de très faible conductivité thermique, notamment un isolant basse température et un isolant haute température, cette épaisseur étant adossée au matériau. Un inducteur est adjacent aux épaisseurs d'isolants et est séparé du matériau par ces derniers. Le matériau est constitué d'une matrice permettant le chauffage et comporte des fibres de carbone.

Émetteur infrarouge à l'induction électromagnétique

L'invention concerne un émetteur infrarouge à induction électromagnétique. Plus particulièrement, l'invention est relative à un
5 dispositif permettant l'émission de rayonnement infrarouge, lequel dispositif est alimenté à l'électricité au moyen d'un inducteur, et caractérisé par un choix de matériau pour l'émetteur qui permet de soutenir de hautes températures et d'atteindre de hautes densités de puissance de rayonnement de type moyen.

10 Dans la plupart des nombreuses applications de l'infrarouge électrique, la densité de puissance requise par le procédé est relativement faible. Par contre, certains procédés comme le séchage de papier couché dans le secteur des pâtes et papiers requièrent l'utilisation de technologies à très haute densité de puissance. Cet impératif vient du fait
15 que les machines font défiler la feuille de papier à de grandes vitesses et que la charge d'évaporation est relativement élevée.

La grande part des applications de l'infrarouge en pâtes et papiers concerne le séchage d'enductions. L'infrarouge est utilisé pour le séchage de couches sur la feuille de papier principalement depuis 1985
20 [Bédard, N., *Evaluation of the Performance of Electric Emitters and Radiant Gas Burners*, CEA report n° 9321 U 986, 1996]. Le système infrarouge est placé directement en aval de la coucheuse, ce qui permet de "saisir" la sauce sur son support de papier. Cette technique constitue maintenant la norme car elle permet une excellente qualité de produit et
25 des vitesses de défilement élevées. La haute densité de puissance permet aussi de réaliser des installations sur des machines existantes, où l'espace est limité.

La quasi-totalité des premiers systèmes infrarouges installés sur des machines à "coucher" le papier étaient alimentés à l'électricité: ils

étaient essentiellement constitués de lampes à haute intensité (émettant une lumière blanche très vive). Mais peu à peu, une technologie infrarouge gaz concurrente a émergé et est venue prendre une part toujours grandissante du marché. Aujourd'hui, la majorité des nouveaux
 5 systèmes infrarouges installés dans le secteur des pâtes et papiers sont alimentés au gaz naturel. Différentes technologies sont offertes : plaquettes céramiques trouées, matrices de fibres céramiques ou de fibres métalliques, céramique réticulée et autres.

La raison première du succès de la technologie infrarouge gaz est
 10 naturellement le prix brut de cette source d'énergie. Le rapport entre le prix du gaz et celui de l'électricité dans les grandes entreprises est d'environ 1 à 3 au Québec et peut aller jusqu'à 1 à 5 et même davantage aux États-Unis. La robustesse physique des radiants à gaz est aussi appréciée face aux lampes à haute intensité, réputées assez fragiles.

15 Souvent, le prix plus élevé de l'électricité face au gaz est compensé par une meilleure efficacité des technologies électriques. Si on ne considère que le rendement de rayonnement, c'est-à-dire la puissance de rayonnement total sur la puissance consommée, on pourrait conclure que c'est le cas dans le domaine de l'infrarouge appliqué aux pâtes et
 20 papiers. En effet, ce rendement est typiquement de 80% pour les unités à infrarouge court et de 45% pour les radiants à gaz. Ces valeurs ont d'ailleurs été précisément mesurées sur un même banc d'essai dans le cadre d'un important projet de l'Association Canadienne de l'Électricité [idem]. Mais ce rendement ne considère pas ce qui se passe au niveau du
 25 papier, car la part vraiment utile de la puissance consommée est ce qui se retrouve effectivement à l'intérieur du papier couché. Les propriétés d'absorption du papier et de la sauce d'enduction doivent donc être prises en considération. Or, ces propriétés varient selon certaines gammes de longueurs d'onde.

La température d'émission des radiants à gaz se situe entre 900 et 1150°C: le rayonnement est donc de type "moyen", c'est-à-dire dans les longueurs d'ondes identifiées à l'infrarouge moyen (plus de 85% de la puissance rayonnée entre 1 et 6 μm). Elles offrent des densités de puissance de rayonnement de 100 à 160 kW/m^2 . Les émetteurs électriques à lampe (dont le filament est porté à 2200°C) rayonnent davantage dans l'infrarouge de type court (plus de 85% de la puissance rayonnée entre 0 et 2.5 μm) et offrent des densités de puissance dépasser 300 kW/m^2 .

Il est généralement reconnu que l'infrarouge de type « moyen » est mieux adapté au séchage du papier et des sauces de couchage à cause du couplage approprié de leurs propriétés d'absorption spectrales avec le spectre d'émission [Pettersson M., Stenstrom S., *Absorption of Infrared Radiation and the Radiation Transfer Mechanism in Paper, Part II: Application to Infrared Dryers.*, Journal of Pulp and Paper Science: Vol. 24 N° 11, November 1998]. L'avantage du meilleur rendement de rayonnement des systèmes électriques à lampes est donc diminué, et conséquemment celui de la densité de puissance.

La réponse évidente à ce problème est bien sûr l'infrarouge électrique de type moyen (donc avec une température de rayonnement autour de 1100°C), déjà très utilisé dans de nombreux domaines (textile, plastique, agro-alimentaire). Mais la technologie actuelle ne permet pas d'atteindre la densité de puissance de rayonnement des radiants à gaz : au plus 80 kW/m^2 du côté électrique comparé à 150 kW/m^2 du côté gaz. Cette absence de compétition de type à rayonnement moyen du côté électrique laisse toute la place aux systèmes gaz. Ce faisant, la technologie à gaz accapare le marché important du séchage infrarouge en pâtes et papiers au niveau nord-américain (300 MW en 1995) et mondial (plus de 1000 MW). Une technologie infrarouge électrique

permettant d'atteindre des densités de puissance équivalentes aux radiants gaz dans l'infrarouge moyen serait donc la bienvenue. Qui plus est, le marché est en demande de densités de puissance encore supérieures: l'émergence d'une technologie électrique infrarouge de type
5 moyen de très haute densité de puissance ouvrirait des horizons particulièrement attrayants. La disponibilité d'une telle technologie serait d'autant plus intéressante que le rendement des radiants à gaz diminue avec la température d'émission, donc avec la densité de puissance, de façon inextricable [Douspis, M., Robin, J.-P., « Les brûleurs radiants à
10 gaz », document CERUG 86.05]: une technologie électrique d'une densité de puissance de rayonnement d'au-delà de 200 kW/m² serait alors très compétitive (à une densité de puissance équivalente, les radiants à gaz ont un rendement de rayonnement de moins de 35%).

Ainsi que nous le verrons plus loin la présente technologie
15 électrique en infrarouge de type moyen est limitée en densité de puissance et la présente invention a donc pour objet de repousser ces limitations.

Typiquement, une source infrarouge est constituée d'un corps solide qui est porté à une température telle qu'il émet un rayonnement
20 électromagnétique de type infrarouge. Les émetteurs infrarouges électriques impliquent le passage d'un courant direct dans une résistance, habituellement un fil métallique. Le chauffage est donc effectué par effet Joule (conduction électrique directe).

La densité de puissance d'un émetteur constitué d'un fil
25 métallique est limitée pour plusieurs raisons. Les fils métalliques ont une faible résistivité électrique et ne peuvent dépasser une température de 1300°C. Pour obtenir une résistance adéquate (i.e. suffisamment élevée pour impliquer des courants raisonnables), il faut diminuer le diamètre ou augmenter la longueur du fil. Or la durée de vie diminue fortement

avec le diamètre du fil : il faut donc préféablement augmenter la longueur du fil, ce qui est réalisé en façonnant un boudin. Mais alors, une certaine distance entre spires d'un même boudin et entre les rangées de boudins doit être respectée sous peine de produire des points chauds.

5 Cette exigence limite d'office la densité de puissance.

De plus, il est souvent impératif de recouvrir les boudins d'une matière les isolant de l'environnement, tant du point de vue thermique (afin de limiter les pertes par convection à l'air ambiant) qu'électrique (pour des raisons de sécurité). Les fils boudinés sont alors encastrés ou
10 insérés dans une matière transparente ou non au rayonnement infrarouge.

Lorsqu'il s'agit d'une matière opaque à l'infrarouge, la chaleur doit se transmettre du fil métallique interne à l'enveloppe externe par conduction directe. C'est alors cette enveloppe qui émet le rayonnement infrarouge et celle-ci se maintient obligatoirement à plus basse
15 température que le fil interne lui-même. Dans le cas des tubes rayonnants ("tubular heaters"), une matière non-conductrice de l'électricité (habituellement un oxyde) doit être insérée entre la résistance et l'enveloppe, ce qui limite le transfert de chaleur et crée un fort gradient de température. La densité de puissance est donc davantage
20 limitée que pour un boudin à nu.

Lorsqu'une matière transparente au rayonnement infrarouge (habituellement du quartz) est utilisée pour contenir le boudin, le rayonnement provient du boudin lui-même mais passe directement au travers du quartz. Le boudin métallique se trouve alors protégé des
25 mouvements de l'air environnant: les pertes par convection sont donc diminuées. La densité de puissance des sources infrarouges à fils boudinés encastrées dans des plaques ou insérés dans des tubes de quartz est la plus élevée parmi les sources infrarouges électriques de type

moyen mais demeure en deçà de 100 kW/m^2 , procurant moins de 80 kW/m^2 en rayonnement.

Pour leur part, les sources à lampes à infrarouge court sont caractérisées par une très forte densité de puissance, car le fil de tungstène à l'intérieur des lampes est porté à très haute température (2200°C): mais comme nous l'avons vu, ce niveau de température implique que l'émission est plutôt de type court, ce qui amène les désavantages déjà mentionnés. De plus, le fil de tungstène doit être enfermé dans un tube scellé pour éviter son oxydation rapide.

Il est à noter que parmi tous les métaux, aucune technologie actuelle ne permet d'aller au-delà de 1300°C en atmosphère oxydante sur une période de temps très longue (en termes d'années). Le seul alliage métallique capable de relativement bien soutenir ce niveau est composé de Fer-Chrome-Aluminium et est manufacturé principalement par la société KHANTAL* (sous le nom KANTHAL A1). D'ailleurs, ses propriétés mécaniques sont très affaiblies à cette température.

Un autre moyen d'augmenter la densité de puissance est d'agrandir la surface réelle d'émission en utilisant une surface étendue et non plus un fil boudiné. Une configuration en plaque pleine et étendue permet d'augmenter la surface d'émission. Théoriquement, si on parvenait à chauffer une surface pleine de KANTHAL A1 à 1300°C de façon relativement uniforme, la densité de puissance de rayonnement serait très élevée (au-delà de 300 kW/m^2). La difficulté est de faire passer le courant partout dans cette surface. En conduction directe, il est très difficile de réaliser un chauffage uniforme, car le courant passe par le chemin «électrique» le plus court. Pour faire passer le courant partout entre les bornes de tension, il faut découper plusieurs traits dans la plaque, ce qui pose des problèmes de tenue mécanique et de

* Marque de commerce

concentration locale de courant. Certains moyens ont été évalués et testés par la demanderesse mais plusieurs problèmes ont amené à remettre en question l'utilisation de la conduction électrique directe: uniformité de chauffage, tension d'alimentation, dilatation thermique, solidité mécanique, pertes thermiques par les contacts, et autres.

Suite à cette remise en question, la demanderesse a songé à faire intervenir l'induction électromagnétique: plutôt que de faire passer le courant directement dans une résistance, le chauffage peut alors s'effectuer par courants de Foucault induits par un conducteur physiquement découplé de la matière chauffée. De plus, le matériau dans lequel ces courants sont développés peut être autre que le métal constituant le fil à boudins des sources infrarouges conventionnelles.

L'utilisation de l'induction plutôt que la conduction directe permet donc de régler de nombreux problèmes techniques.

Le choix du matériau constituant la surface émettrice constitue l'aspect déterminant. Ce matériau doit d'être en mesure de supporter des températures très élevées, bien au-delà du point de Curie de tous les matériaux ayant des propriétés magnétiques. Seule la résistivité intervient donc sur le plan électromagnétique. D'autre part, la demanderesse a pu identifier une gamme de résistivité de matériaux et de fréquences d'alimentation résultant en un rendement électrique excellent et un facteur de puissance relativement bon, deux conditions pour que l'induction puisse être utilisée comme moyen de chauffage à la base d'un système infrarouge. Il est possible de transférer une puissance très élevée (au-delà de 50 kW pour une plaque de 0,16 m²) en générant un champ électrique typique, à une tension d'alimentation raisonnable. Le chauffage est relativement uniforme, quoique les courants générés dans la plaque chauffante soient une l'image de la configuration de l'inducteur, qui est en forme circulaire ("pancake"): les quatre coins de la

plaque sont donc plus froids, ainsi que le centre. Toutefois, ce concept permet d'éviter les problèmes de points chauds et de pertes par les connexions associés à la conduction électrique directe.

Le matériau constituant la surface émettrice se doit d'être en
 5 mesure de supporter des températures et des contraintes thermomécaniques très grandes. Les métaux constituant les fils résistifs des sources infrarouges se caractérisent par des propriétés mécaniques très affaiblies au voisinage de 1300 °C. Ils ne pourraient donc constituer la plaque rayonnante.

10 Une solution étudiée a été d'utiliser des céramiques conduisant l'électricité, notamment le carbure de silicium de type « réaction bounded ». Certaines variantes de ce matériau contiennent une certaine part de silicium libre permettant un chauffage par induction
 15 électromagnétique à quelques dizaines de kilohertz. Le chauffage par induction de plaques d'un pied carré a montré un bon couplage électromagnétique mais a systématiquement conduit à des bris de nature thermomécanique. Il appert que les matériaux céramiques de type monolithique ne sont pas appropriés : d'une part parce que les
 20 contraintes thermomécaniques engendrées par un chauffage intense et imparfaitement uniforme sont de l'ordre de leur résistance mécanique ultime ; d'autre part, les procédés actuels de fabrication de grandes plaques en céramique monolithique engendrent des contraintes résiduelles importantes.

En définitive, la demanderesse a constaté, comme d'autres, que
 25 les céramiques même les plus performantes comme le carbure de silicium souffrent de fragilité aux chocs mécaniques et thermomécaniques.

Une solution relativement récente à ce problème traditionnel est d'insérer des fibres dans la matrice de céramique, pour constituer une «

Ceramic Matrix Composite » (CMC). Le fait d'incorporer des fibres permet d'accroître la force du matériau et réduit le danger de brisure selon un processus catastrophique: les fibres empêchent le développement rapide de microfissures [Wessel J.K., *Breaking Tradition*
 5 *With Ceramic Composites Offer New Features that Traditional Ceramics Lack*), Chemical Engineering, pp 80 - 82, October 1996].

Dans un effort d'amélioration, il y a quelques années, on a développé un type particulier de composite céramique, soit les "Continuous Fiber Ceramic Composites" (CFCC), dont la fabrication
 10 implique des techniques comme le CVI (Chemical Vapor Infiltration) et le CVD (Chemical Vapor Deposition).

Les CFCC constituent donc une solution au problème traditionnel de fragilité des céramiques. Ils peuvent fonctionner à haute température, subir des chocs thermiques, et ont une durée de vie importante. Ces
 15 atouts en font des candidats idéaux pour servir de base d'un système infrarouge à haute densité de puissance. Par contre, la plupart des CFCC ne conduisent pas l'électricité, et ne sont donc pas susceptibles d'être chauffés par induction électromagnétique. La demanderesse a constaté que les CFCC comportant des fibres de carbone dans une matrice de
 20 carbure de silicium (C/SiC) conduisent suffisamment l'électricité pour être efficacement chauffés par induction électromagnétique.

D'autre part, d'autres matériaux faisant l'objet de développements continus sont les composites carbone/carbone, ayant eux aussi une très grande résistance aux chocs thermiques. Ils sont
 25 toutefois limités en température car ils s'oxydent au-delà de 600 °C. Ils doivent donc être recouverts d'une couche protectrice externe, ce qui fait l'objet de beaucoup de travaux à travers le monde. La demanderesse a vérifié l'excellente réponse au chauffage par induction

électromagnétique d'une plaque C/C recouverte d'une couche de carbure de silicium.

Toutefois, la tenue du revêtement anti-oxydation à haute température des composites C/C sur une période prolongée (années) reste un problème technologique jusqu'à maintenant. La résolution de ce problème ouvrirait alors la porte sur un horizon immense, car le composite C/C lui-même garde d'excellentes propriétés mécaniques jusqu'au-delà de 2000 °C. Cette température impliquerait des densités de puissance dépassant le millier de kilowatt au mètre carré!

10 L'invention a pour objet de produire une surface rayonnante simplement constituée d'un matériau approprié, d'une taille et d'une forme appropriées, et dont les caractéristiques électriques, mécaniques et thermiques sont adéquatement choisies.

Un autre objet de l'invention est de recourir à l'induction, ce qui permet d'utiliser des matériaux non métalliques et d'obtenir un bon rendement électrique.

L'invention a aussi pour objet d'atteindre une température limite supérieure à celle des métaux à base de Fe – Cr – Al, qui est de 1300°C, et même de passer au-delà de 1400°C.

20 Un autre objet de l'invention est d'utiliser un matériau composite possédant une résistivité électrique relativement faible, afin de répondre au chauffage par induction.

Un autre objet de l'invention est d'atteindre des densités de puissances de plus de 200 kW/m² en infrarouge moyen en utilisant un émetteur selon l'invention.

25 L'invention a aussi pour objet d'utiliser un matériau répondant à l'induction électromagnétique et capable de soutenir les conditions

d'opération mentionnées, notamment afin de répondre au chauffage par induction.

Un autre objet de l'invention est de proposer comme matériau d'émetteur, des céramiques composites qui ne souffrent pas des désavantages des céramiques de type monolithique.

Afin de surmonter les désavantages décrits ci-dessus, la demanderesse a mis au point un émetteur infrarouge comportant une surface constituée d'un matériau répondant à l'induction et capable de soutenir des hautes températures, au moins une épaisseur d'isolant de très faible conductivité thermique adossée à ladite surface, un inducteur adjacent aux épaisseurs d'isolants et séparé de ladite surface par ces derniers, ainsi qu'un concentrateur de champ adjacent à l'inducteur. Le matériau répondant à l'induction peut par exemple être constitué d'une matrice permettant le chauffage par induction et comportant des fibres de carbone.

Avantageusement, l'invention concerne un émetteur infrarouge comprenant une surface conduisant l'électricité et constituée d'un matériau en céramique composite comportant des fibres ou en composite carbone/carbone recouvert d'une couche externe empêchant l'oxydation, au moins une épaisseur d'isolant thermique adossé à ladite surface, un inducteur adjacent à ladite épaisseur d'isolant et séparé de ladite surface par cette dernière, et un concentrateur de champ juxtaposé ou adjacent à l'inducteur, ladite surface étant caractérisée en ce qu'elle émet un rayonnement infrarouge de type moyen et ayant une densité de puissance supérieure à 200kW/m^2 lorsqu'elle est chauffée par courants de Foucault au moyen dudit inducteur.

Selon une réalisation préférée, la surface répondant à l'induction est sous forme de plaque, laquelle peut être choisie parmi les matériaux composites, comme par exemple les matériaux composites céramiques et notamment de type CFCC. La plaque peut également être un matériau composite de type carbone/carbone recouvert d'une couche de carbure de silicium.

Selon une autre réalisation préférée, la surface répondant à l'induction peut être une couche mince accolée à une plaque.

Selon une réalisation préférée, la surface doit être capable d'être portée à une température d'au moins 1300°C, et d'engendrer une densité de puissance de rayonnement dépassant 250 kW/m².

Selon une autre réalisation, l'isolant est constitué d'une épaisseur d'un isolant basse température et d'une épaisseur d'un isolant haute température.

D'autre part, l'inducteur peut comporter un inducteur constitué d'un tube de cuivre refroidi à l'eau, on peut aussi comporter des câbles le Litz.

Selon une autre réalisation, le concentrateur de champ est juxtaposé à l'inducteur.

Selon une application pratique, la plaque possède une épaisseur se situant entre environ 1 mm et 5 mm.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront d'ailleurs d'une réalisation illustrée dans les dessins annexés, dans lesquels

la figure 1 est une vue en plan d'un émetteur infrarouge à induction, selon l'invention, et

10 la figure 2 est une coupe prise selon A' - A" de la figure 1.

En se référant aux dessins, on verra que la configuration de base d'un émetteur selon l'invention est simple. On retrouve une surface rayonnante plane 5 d'un matériau répondant à l'induction et soutenant de hautes températures. Un matériau préféré constituant la surface
15 rayonnante plane sera décrit en détail plus bas. Cette surface plane est adossée à un isolant haute température 4. Surmontant cet isolant haute température 4, on retrouve un isolant basse température 3. Il est entendu que la nature des isolants 3,4 variera selon les besoins et le choix particulier des matériaux constituant sera laissé à l'homme de l'art. De
20 l'autre côté des deux isolants 3,4 est placé un inducteur 2 constitué dans le cas illustré d'un tube de cuivre refroidi à l'eau, bien connu de l'homme de l'art. On pourrait tout aussi bien utiliser un câble de Litz ou tout autre inducteur, selon le choix de l'homme de l'art. L'inducteur est enroulé sur lui-même dans un plan. Enfin, un concentrateur de champ 1 est
25 juxtaposé à la tubulure spiralée (figure 1). Comme on le verra sur la figure 2, l'émetteur infrarouge est placé pour transmettre un rayonnement sur une feuille de papier 6.

La demanderesse a découvert qu'un CFCC comportant des fibres de carbone permet d'obtenir une plaque étendue à haute température

produisant un rayonnement infrarouge de type moyen à une forte densité de puissance. Des essais ont permis de constater que les fibres de carbone, qui sont au sein d'une matrice de carbure de silicium, permettent un chauffage par induction à des fréquences de quelques
5 dizaines de kilohertz. Des essais de simulation et des essais sur un prototype ont montré qu'il serait possible de transférer la puissance avec une très bonne efficacité électrique. Sur le plan thermomécanique, il a été possible de constater que ce composite possède des propriétés excellentes. Une plaque fabriquée en CFCC de la compagnie
10 AlliedSignal Composites présentait une planéité parfaite et une bonne apparence d'uniformité. Un chauffage par induction de nature très exigeante n'a conduit à aucun bris, déformation ni réduction de la rigidité mécanique. Le couplage électromagnétique a aussi été confirmé excellent.

15 En résumé, l'invention consiste à chauffer une plaque d'un matériau spécifique par induction électromagnétique, laquelle plaque est portée à haute température et, conséquemment, émet un rayonnement infrarouge. La température principale de la plaque est d'environ 1300°C, ce qui en fait une source de type à infrarouge moyen, donc appropriée au
20 séchage d'enduction sur papier. A cette température, et tenant compte de l'émissivité du matériau constituant, la densité de puissance de rayonnement dépasse 250 kW/m², ce qui ferait plus que doubler la densité de puissance de rayonnement de la plupart des radiants à gaz actuels.

25 Cette densité de puissance très élevée constitue l'atout essentiel d'un tel système. Cela se traduit en une surface occupée réduite de moitié pour une même puissance installée. En plus, le concept se caractérise par un encombrement vertical très réduit par rapport aux technologies gaz et électriques actuels : ceci est dû à l'absence de conduites d'amenée d'air

de combustion et de gaz (en référence aux radiants à gaz) ou d'air de refroidissement des connecteurs (en référence à la technologie infrarouge court à lampes). Le nouveau concept permet donc la réduction de l'espace occupé à la fois horizontalement et verticalement.

5 L'encombrement vertical réduit peut permettre de placer des sources IRHD (InfraRouge Haute Densité) de part et d'autre de la feuille de papier, ce qui augmenterait encore davantage la densité de puissance.

Outre le domaine des pâtes et papier, la technologie IRHD pourrait aussi trouver des applications très intéressantes dans le domaine

10 de la métallurgie et du verre. En métallurgie, les fours à haute température présentement chauffés par des tubes rayonnants pourraient être avantageusement remplacés par des plaques chauffées par induction. Ces plaques tapisseraient alors les parois internes du four et permettraient une très grande capacité de chauffage, et donc de

15 production. Dans l'industrie du verre, la densité de puissance en infrarouge de type moyen est très recherchée.

Les réalisations de l'invention, au sujet desquelles un droit exclusif de propriété ou de privilège est revendiqué, sont définies comme suit :

1. Émetteur infrarouge comprenant une surface conduisant l'électricité et constituée d'un matériau en céramique composite comportant des fibres ou en composite carbone/carbone recouvert d'une couche externe empêchant l'oxydation, au moins une épaisseur d'isolant thermique adossé à ladite surface, un inducteur adjacent à ladite épaisseur d'isolant et séparé de ladite surface par cette dernière, et un concentrateur de champ juxtaposé ou adjacent à l'inducteur, ladite surface étant caractérisée en ce qu'elle émet un rayonnement infrarouge de type moyen et ayant une densité de puissance supérieure à 200kW/m^2 lorsqu'elle est chauffée par courants de Foucault au moyen dudit inducteur.
2. Émetteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface répondant à l'induction est sous forme de plaque.
3. Émetteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau de ladite plaque est un matériau composite céramique.
4. Émetteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau de ladite plaque est choisi parmi les matériaux composites céramiques de type CFCC (Continuous Fiber Ceramic Composites).
5. Émetteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau de ladite plaque est choisi parmi les matériaux composites céramiques de type CFCC (Continuous Fiber Ceramic Composites) comportant des fibres de carbone dans une matrice de carbure de silicium.

6. Émetteur selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau de ladite plaque est choisi parmi les matériaux composites de type carbone/carbone recouvert d'une couche de carbure de silicium.
7. Émetteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface répondant à l'induction est une couche mince accolée à une plaque.
8. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'isolant est constitué d'une épaisseur d'un isolant basse température et d'une épaisseur d'un isolant haute température.
9. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'inducteur comporte un tube de cuivre refroidi à l'eau.
10. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'inducteur comporte un câble de Litz.
11. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 10, caractérisé en ce que ladite plaque possède une épaisseur se situant entre 1 mm et 5 mm.
12. Émetteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau de ladite plaque est constitué d'une matrice permettant le chauffage par induction et comportant des fibres de carbone.
13. Émetteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé par une densité de puissance, à une température de 1300°C, dépassant 250kW/m².

14. Utilisation d'un émetteur tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 13 dans le secteur des pâtes et papiers, de la métallurgie et du verre.

15. Utilisation selon la revendication 14, qui consiste dans le séchage du papier couché.

16. Dispositif de chauffage comprenant un émetteur tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 13.

17. Dispositif de séchage de papier comprenant un émetteur tel que défini à l'une quelconque des revendications 1 à 13.

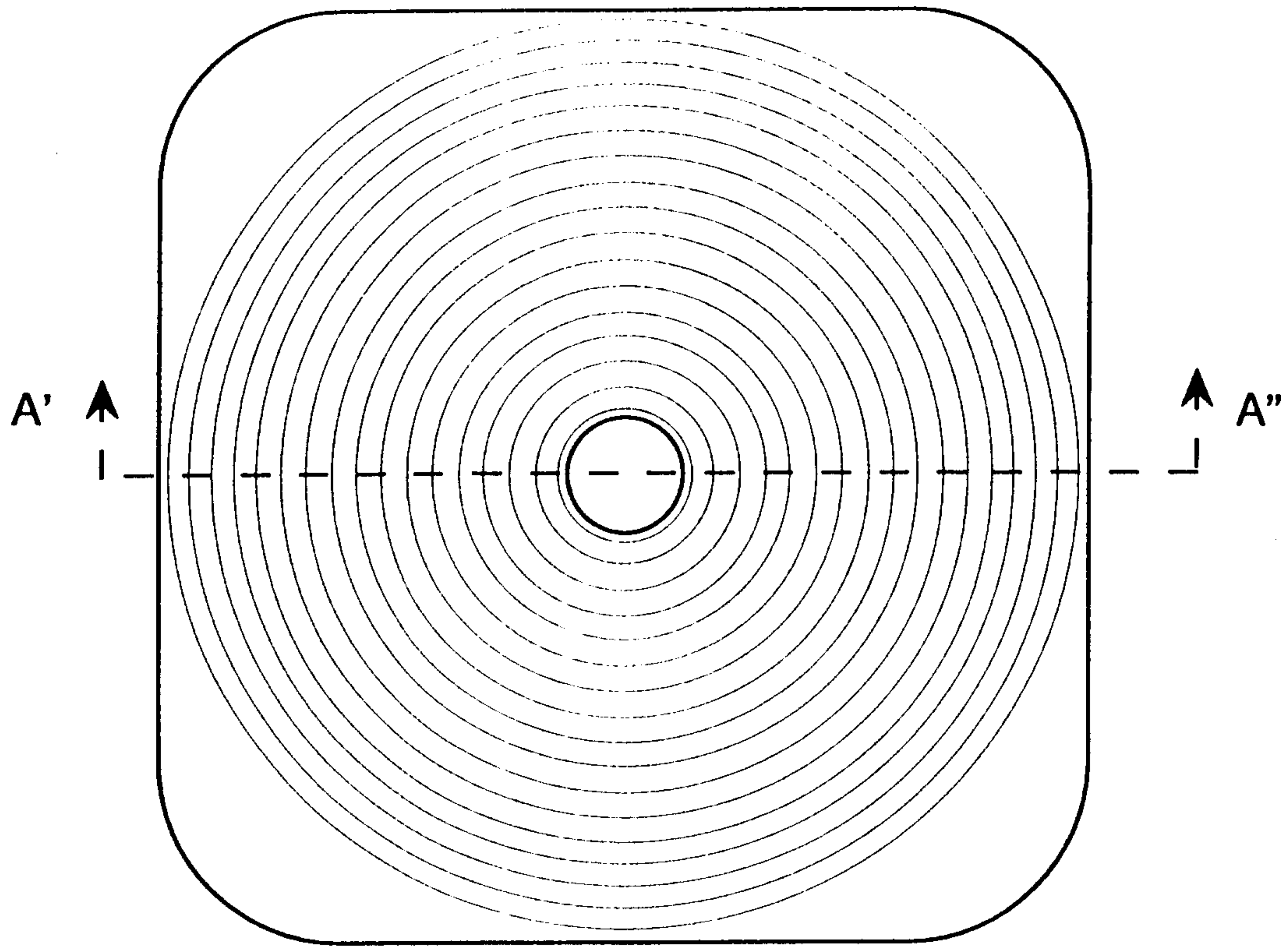


FIG. 1

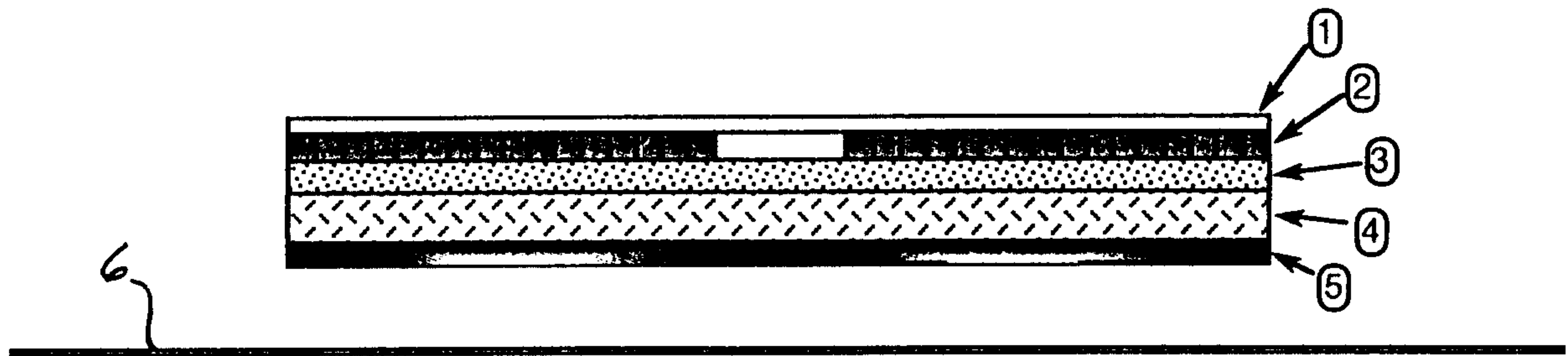


FIG. 2

