



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2004/11/09

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2005/05/10

(45) Date de délivrance/Issue Date: 2013/09/24

(30) Priorité/Priority: 2003/11/10 (FR03 13 197)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *F16L 59/00* (2006.01),
F16L 59/08 (2006.01)

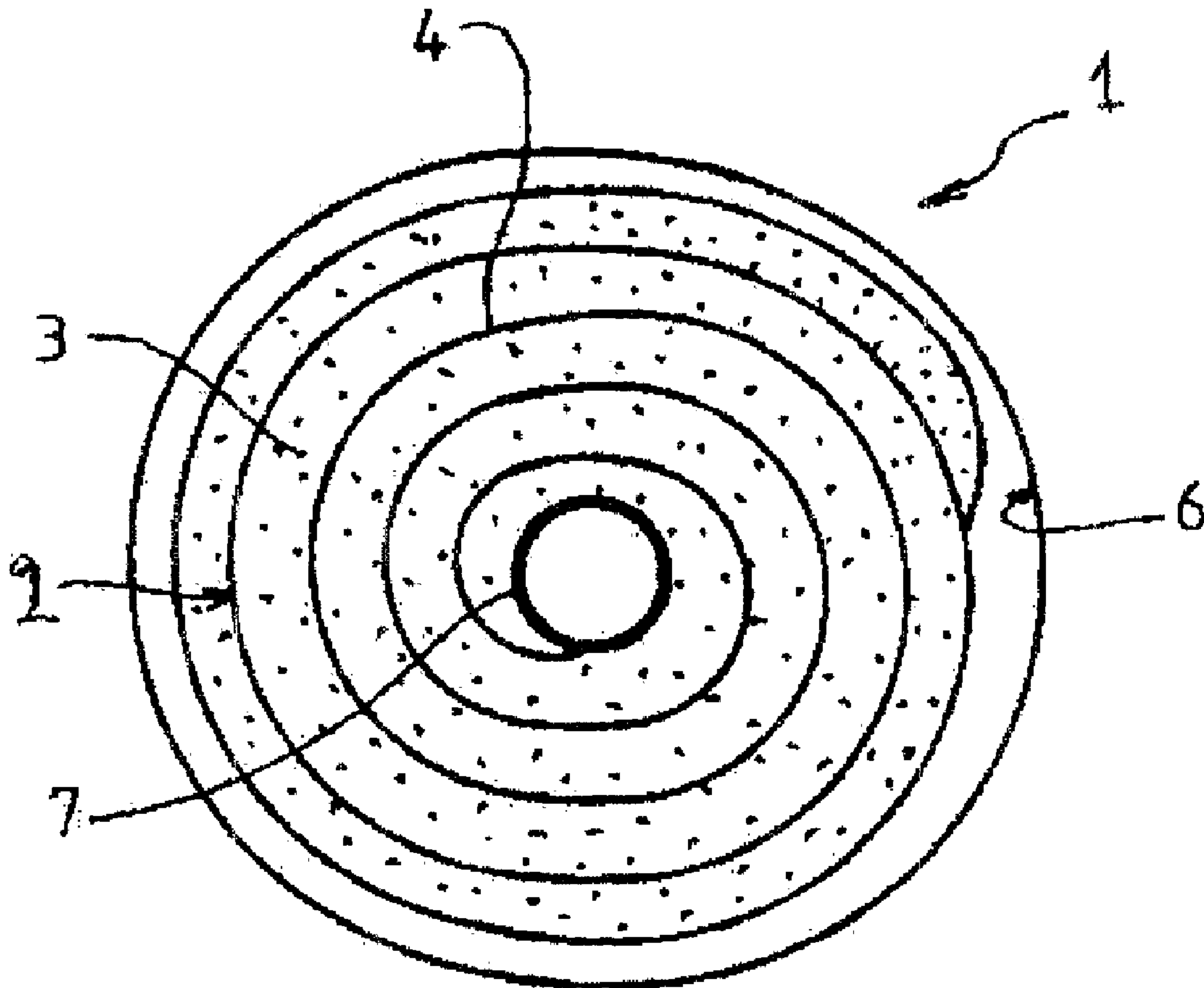
(72) Inventeur/Inventor:
MARCHAL, PHILIPPE, FR

(73) Propriétaire/Owner:
MAJUS, GB

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : MATERIAU ISOLANT THERMIQUE

(54) Title: THERMAL INSULATING MATERIAL



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un matériau isolant thermique 1 flexible constitué d'éléments réflecteurs séparés par un matériau intercalaire, enroulé autour d'une surface courbe fermée 7. Il comprend une feuille réfléchissante 2 sur laquelle est déposé un matériau



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

intercalaire 3 se présentant sous la forme d'une poudre de granulométrie inférieure à 1 μm , ladite feuille réfléchissante 2 étant enroulée sur elle-même ou repliée pour délimiter les éléments réflecteurs. La feuille réfléchissante 4 est une feuille d'aluminium d'épaisseur comprise entre 5 et 100 microns et la poudre 3 est disposée selon une épaisseur comprise entre 10 et 300 microns. Application du matériau à l'isolation thermique d'éléments plats ou à surfaces courbes.

ABREGE DESCRIPTIF

L'invention concerne un matériau isolant thermique 1 flexible constitué d'éléments réflecteurs séparés par un matériau intercalaire, enroulé autour d'une surface courbe fermée 7.

Il comprend une feuille réfléchissante 2 sur laquelle est déposé un matériau intercalaire 3 se présentant sous la forme d'une poudre de granulométrie inférieure à 1 μm , ladite feuille réfléchissante 2 étant enroulée sur elle-même ou repliée pour délimiter les éléments réflecteurs. La feuille réfléchissante 4 est une feuille d'aluminium d'épaisseur comprise entre 5 et 100 microns et la poudre 3 est disposée selon une épaisseur comprise entre 10 et 300 microns.

Application du matériau à l'isolation thermique d'éléments plats ou à surfaces courbes.

MATERIAU ISOLANT THERMIQUE

Le secteur technique de la présente invention est celui des matériaux isolants thermiques à hautes performances.

On connaît des isolants dénommés superisolants constitués de plaques ou de feuilles réfléchissantes 5 métalliques ou métallisées séparées entre elles par un matériau intercalaire généralement constitué par une résille ou un feutre. Le principe d'un superisolant est de réduire les échanges de chaleur par rayonnement sans augmenter les échanges par conduction solide, tout en 10 s'affranchissant de la conduction gazeuse. Cet isolant convient parfaitement dans tout système d'isolation dans lesquels la pression est de l'ordre de 10^{-6} mbar, ce qui correspond à un vide poussé.

Un superisolant est doté d'un coefficient d'isolation 15 thermique de l'ordre de 0,01 à 0,1 mW/(m.K) à une pression de 10^{-6} mbar. L'inconvénient majeur des superisolants réside dans les difficultés techniques de réalisation et de maintien d'un vide poussé.

Ainsi, on citera un isolant constitué par des feuilles 20 de MYLAR® aluminisé avec un tulle de polyester comme matériau intercalaire. Moyennant un vide poussé ($P < 10^{-6}$ bar), ces matériaux isolants permettent l'obtention de conductivités de l'ordre de 0,01 à 0,1 mW/(m.K).

Dans des applications à de hautes températures, il a 25 été proposé de remplacer les feuilles de MYLAR® par une feuille d'aluminium, avec une feuille de papier ou de coton comme matériau intercalaire. Mais l'augmentation d'épaisseur liée à l'utilisation de ces matériaux dégrade considérablement l'efficacité de l'isolant, d'un facteur 30 estimé à 10. De plus, la tenue en compression de ce matériau isolant est très mauvaise car un effort de compression de l'ordre de 100 g/cm^2 rapproche localement les feuilles isolantes, augmente les aires de contact, donc la conduction solide, et élève la conductivité. Il devient 35 alors nécessaire de prévoir des écarteurs afin de maintenir un écart minimum entre les parois de l'espace sous vide. Ces écarteurs vont augmenter les flux thermiques locaux, ce qui nuit à la performance d'isolation thermique globale du

système.

La présente invention propose une approche innovante offrant un isolant doué d'une excellente qualité d'isolation une mise en œuvre simple, utilisable à différentes pressions, de l'ordre de 0,1 à $5 \cdot 10^6$ Pa, et offrant une bonne tenue à la compression.

Le but de la présente invention est également de fournir un excellent isolant utilisable à différentes pressions et à des températures basses, cryogéniques, ou élevées, supérieures à 400 °C, et d'un prix de revient peu élevé.

10 L'invention a donc pour objet un matériau isolant thermique flexible constitué d'un empilement d'éléments réflecteurs séparés par un matériau intercalaire, caractérisé en ce qu'il comprend une feuille réfléchissante sur laquelle est déposé le matériau intercalaire se présentant sous la forme d'une poudre de granulométrie inférieure à 1 μm , ladite feuille réfléchissante étant enroulée sur elle-même ou repliée pour délimiter les éléments réflecteurs.

20 Plus particulièrement, l'invention concerne un matériau isolant thermique flexible constitué d'un empilement d'éléments réflecteurs séparés par un matériau intercalaire, le matériau isolant thermique comprenant une feuille réfléchissante sur laquelle est déposé le matériau intercalaire se présentant sous la forme d'une poudre de granulométrie inférieure à 1 μm , ledit matériau intercalaire ayant une épaisseur comprise entre 10 et 300 μm .

Selon une caractéristique de l'invention, ledit matériau intercalaire est constitué principalement de poudre de silice pyrogénée.

Selon encore une caractéristique de l'invention, la poudre présente une granulométrie de base sensiblement de l'ordre de 5 à 20 nm et une densité comprise entre 10 et 250 kg/m³ et des pores de taille moyenne inférieure à 1 µm.

Selon encore une caractéristique de l'invention, la feuille réfléchissante est une feuille d'aluminium d'épaisseur comprise entre 5 et 100 microns.

Selon encore une caractéristique de l'invention, ledit matériau intercalaire est disposé selon une épaisseur comprise entre 10 et 300 microns.

10 Selon encore une caractéristique de l'invention, la feuille réfléchissante est disposée en couches successives entre lesquelles la poudre est disposée.

Selon encore une caractéristique de l'invention, la feuille réfléchissante est enroulée en spirale sur elle-même autour d'une surface courbe fermée.

Selon encore une caractéristique de l'invention, la feuille réfléchissante est pliée en accordéon, la poudre étant interposée entre les différents plis.

20 Selon encore une caractéristique de l'invention, des feuilles réfléchissantes sont disposées cote à cote suivant une bande de recouvrement.

L'invention concerne aussi une méthode pour isoler une surface fermée, ladite méthode comprenant les étapes suivantes:

- fournir un matériau isolant thermique tel que décrit précédemment; et

- enrouler ledit matériau isolant thermique en une spirale autour de ladite surface fermée d'une manière à fournir une pluralité d'éléments réflecteurs encerclant ladite surface fermée.

3a

L'invention concerne également l'application du matériau à l'isolation d'une surface courbe fermée par un enroulement en spirale de la feuille réfléchissante.

Un avantage du matériau selon l'invention est de présenter une relative haute qualité d'isolation thermique selon une gamme de pression allant de 0,1 à $5 \cdot 10^6$ Pa.

Un autre avantage du matériau selon l'invention est d'assurer un écoulement gazeux du type moléculaire entre les éléments réflecteurs.

D'autres caractéristiques, détails et avantages de l'invention ressortiront plus clairement de la description détaillée donnée ci-après à titre indicatif en relation avec des dessins sur lesquels :

- la figure 1 illustre une première réalisation de l'isolant selon l'invention,

- la figure 2 illustre une coupe radiale d'un second mode de l'isolant selon l'invention,

- la figure 3 illustre un autre mode de réalisation de l'isolant selon l'invention,

- la figure 4 illustre en coupe longitudinale un mode de l'isolant selon l'invention appliqué à une courbe fermée, et

- la figure 5 illustre la réalisation d'un isolant de grande largeur.

Sur la figure 1, on a représenté un premier exemple de réalisation de l'isolant 1 selon l'invention, obtenu par empilage de feuilles métalliques 2 minces constituant des réflecteurs. Ces feuilles 2 sont séparées par une couche fine de poudre intercalaire 3 constituant le matériau intercalaire. Chaque feuille 2 est une feuille réfléchissante 4 de grande dimension sur laquelle est

préalablement disposée la poudre 3. La poudre intercalaire 3 peut être disposée sur la feuille réfléchissante 2 en faisant passer cette dernière dans un bac contenant ladite poudre 3. La feuille réfléchissante 2 est avantageusement
 5 une feuille métallique, par exemple une feuille d'aluminium.

On emploie avantageusement une feuille d'aluminium d'une épaisseur comprise entre 5 et 100 microns, disponible dans le commerce en largeur d'environ 1 m. La poudre 3
 10 présente une granulométrie inférieure à 1 μm , et avantageusement de l'ordre de 5 à 20 nm et une densité comprise entre 10 et 250 kg/m^3 . Cette poudre 3 est disposée sur chaque feuille 2 sur une épaisseur de l'ordre de 10 à 300 microns. Bien entendu, on peut utiliser différentes
 15 épaisseurs de feuilles 2 ou faire varier cette épaisseur suivant un ordre croissant ou décroissant. Il en est de même des couches de poudre 3.

Le matériau intercalaire 3 peut être par exemple l'alumine, le silicate de calcium, la silice précipitée ou
 20 encore le dioxyde de titane. Le matériau retenu se présente avantageusement sous la forme poudreuse de silice pyrogénée. La qualité essentielle de cette poudre 3 est de présenter une faible conduction solide et des pores de taille inférieure à 1 micron. Ceci permet d'offrir de
 25 bonnes capacités isolantes sans limite de température d'utilisation ($< 1000^\circ\text{C}$) et pour différentes pressions d'utilisation.

A titre d'exemple, on obtient les résultats suivants à une température de 50°C :

30	Pression (mbar)	Conductivité	thermique
	(mW/(m.K))		
	0,05	1	
	100	14	
	1000	19	

35 Ainsi, pour des températures inférieures à 100°C sur la face chaude et une pression de l'ordre de 0,05 mbar on obtient une conductivité thermique de 0,5 à 1,5 mW/(m.K) .

On voit que l'isolant selon l'invention permet

d'atteindre des performances bien supérieures à celle d'un isolant du type microporeux classique pour des pressions du même ordre, qui peuvent être obtenues de manière industrielle par exemple par pompage sur site. De plus, le
5 matériau isolant selon l'invention est doué d'une grande flexibilité permettant un enroulement autour de tubes de n'importe quel diamètre, en particulier des diamètres faibles de l'ordre de 1 cm.

Le matériau isolant peut être utilisé classiquement
10 dans toute application nécessitant une isolation poussée et sur lequel est exercée une contrainte. C'est le cas par exemple d'un tube, d'un container, etc.. Le matériau ainsi fabriqué est doté d'une grande flexibilité.

Sur la figure 2, on a représenté en coupe radiale une
15 application particulière de l'isolant 1 destiné à protéger une surface courbe fermée, du type cylindrique, un tube par exemple.

L'isolant 1 se présente sous la forme d'un enroulement continu en spirale d'une feuille réfléchissante 4
20 emprisonnant la poudre 3 intercalaire en couches successives. Ainsi, on obtient en partant radialement d'un tube 7 à protéger une succession d'éléments isolants.

La feuille réfléchissante 4 empêche de façon connue le rayonnement thermique et la poudre 3 empêche de façon
25 connue également la convection et la conduction. La conduction est principalement évitée en interdisant les contacts entre les différentes spires de la feuille réfléchissante 4. Cette fonction est assurée par la poudre intercalaire 3 qui joue un rôle d'écarteur entre les spires
30 successives de la feuille 4. La dernière spire de l'isolant 1 est protégée par un moyen approprié 6, un cerclage ou une tôle métallique mince.

L'isolant est enroulé autour du tube 7 de la manière suivante. Le tube 7 est par exemple mis en rotation autour
35 de son axe, par un dispositif non représenté, de manière à enrouler autour de ce tube la feuille réfléchissante 4 et la poudre 3. La feuille réfléchissante 4 prend alors la forme d'une spirale entre les spires de laquelle est

emprisonnée une épaisseur de poudre 5 sensiblement constante. La poudre 3 est disposée sur la feuille comme indiqué précédemment. Il va de soi que cette mise en œuvre peut être appliquée sur toute surface courbe fermée.

5 Sur la figure 3, on a représenté un autre mode de réalisation de l'isolant 1 obtenu à partir d'une feuille unique 9 repliée en accordéon et dont les différents plis 11 sont séparés par une couche de poudre 10. La feuille 9 et la poudre 10 sont de même nature que la feuille 4 et la
10 poudre 3. Bien entendu, le matériau isolant ainsi obtenu peut être utilisé dans une conduite, un container, ou tout autre application.

Dans ce qui précède, on a décrit un matériau intercalaire se présentant sous la forme d'une poudre.
15 Toutefois, la cohésion de cette poudre peut être renforcée à l'aide de fibres, par exemple des fibres minérales.

La figure 4 montre une coupe longitudinale du tube 7 protégé par l'isolant 1 selon la figure 2. Après enroulement de la feuille 4 enrobée avec la poudre 3 autour
20 du tube 7, il est avantageux de cercler l'enroulement isolant constitué par la feuille réfléchissante 4 par un cerclage cylindrique de contention 6 que l'homme du métier pourra réaliser sans difficulté.

Ce cerclage de contention 6 assure une meilleure tenue
25 de l'ensemble isolant autour du tube 7 et limite les déplacements éventuels de poudre 3 au niveau des surfaces courbes.

Un tel mode de réalisation met en œuvre pour la partie isolante que de la silice et de l'aluminium. Ceci autorise
30 la montée en température de l'ensemble. Le fait de pouvoir bobiner le tube et de n'utiliser que des matériaux supportant les hautes températures rend réalisable en pratique l'étuvage d'un tel tube.

Sur les figures précédentes, les différentes coupes
35 permettent de montrer la disposition des différentes spires ou plis délimités par la feuille 4 et séparés par la couche de poudre 3 ou 10. Il va de soi que l'espacement des spires ou des plis est élargi pour des raisons de commodité de

représentation. Il va de soi que la feuille et la poudre sont en contact intime comme expliqué précédemment.

Sur la figure 5, on a représenté un mode de réalisation de l'isolant 1 suivant une largeur importante pour protéger un tube de grande longueur. On utilise à cette fin des feuilles 11, 12, 13 disponibles dans le commerce que l'on place côte à côte suivant la largeur désirée, la longueur de chaque feuille étant par définition ajustable au gré de l'utilisateur. Pour assurer la continuité de la réflexion des feuilles réfléchissantes, on réalise un recouvrement partiel sur le bord de chaque feuille. Sur la figure, on a représenté une bande de recouvrement 14 entre les feuilles 11 et 12 et une bande de recouvrement 15 entre les feuilles 12 et 13. Il est ainsi aisé de réaliser un isolant de grande dimension par enroulement en spirale autour d'un tube ou d'une enceinte ou un enroulement en accordéon comme représenté sur la figure 3.

REVENDEICATIONS

1. Matériau isolant thermique flexible constitué d'un empilement d'éléments réflecteurs séparés par un matériau intercalaire, le matériau isolant thermique comprenant une feuille réfléchissante sur laquelle est déposé le matériau intercalaire se présentant sous la forme d'une poudre de granulométrie inférieure à 1 μm , ledit matériau intercalaire ayant une épaisseur comprise entre 10 et 300 μm .

2. Matériau isolant thermique selon la revendication 1, dans lequel ledit matériau intercalaire est constitué d'une poudre de silice pyrogénée.

3. Matériau isolant thermique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ledit matériau intercalaire présente une granulométrie sensiblement comprise entre 5 et 20 nm et une densité comprise entre 10 et 250 kg/m^3 et des pores de taille moyenne inférieure à 1 μm .

4. Matériau isolant thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ladite feuille réfléchissante est une feuille d'aluminium d'épaisseur comprise environ entre 5 et 100 μm .

5. Matériau isolant thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel ladite feuille réfléchissante est enroulée sur elle-même ou repliée pour délimiter les éléments réflecteurs.

6. Matériau isolant thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la feuille réfléchissante est disposée en couches successives entre lesquelles le matériau intercalaire est disposé.

7. Matériau isolant thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la feuille réfléchissante est enroulée en spirale sur elle-même autour d'une surface courbe fermée.

8. Matériau isolant thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la feuille réfléchissante est pliée en accordéon, le matériau intercalaire étant interposé entre les différents plis.

9. Une méthode pour isoler une surface fermée, ladite méthode comprenant les étapes suivantes :

- fournir un matériau isolant thermique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ; et

- enrouler ledit matériau isolant thermique en une spirale autour de ladite surface fermée d'une manière à fournir une pluralité d'éléments réflecteurs encerclant ladite surface fermée.

1/3

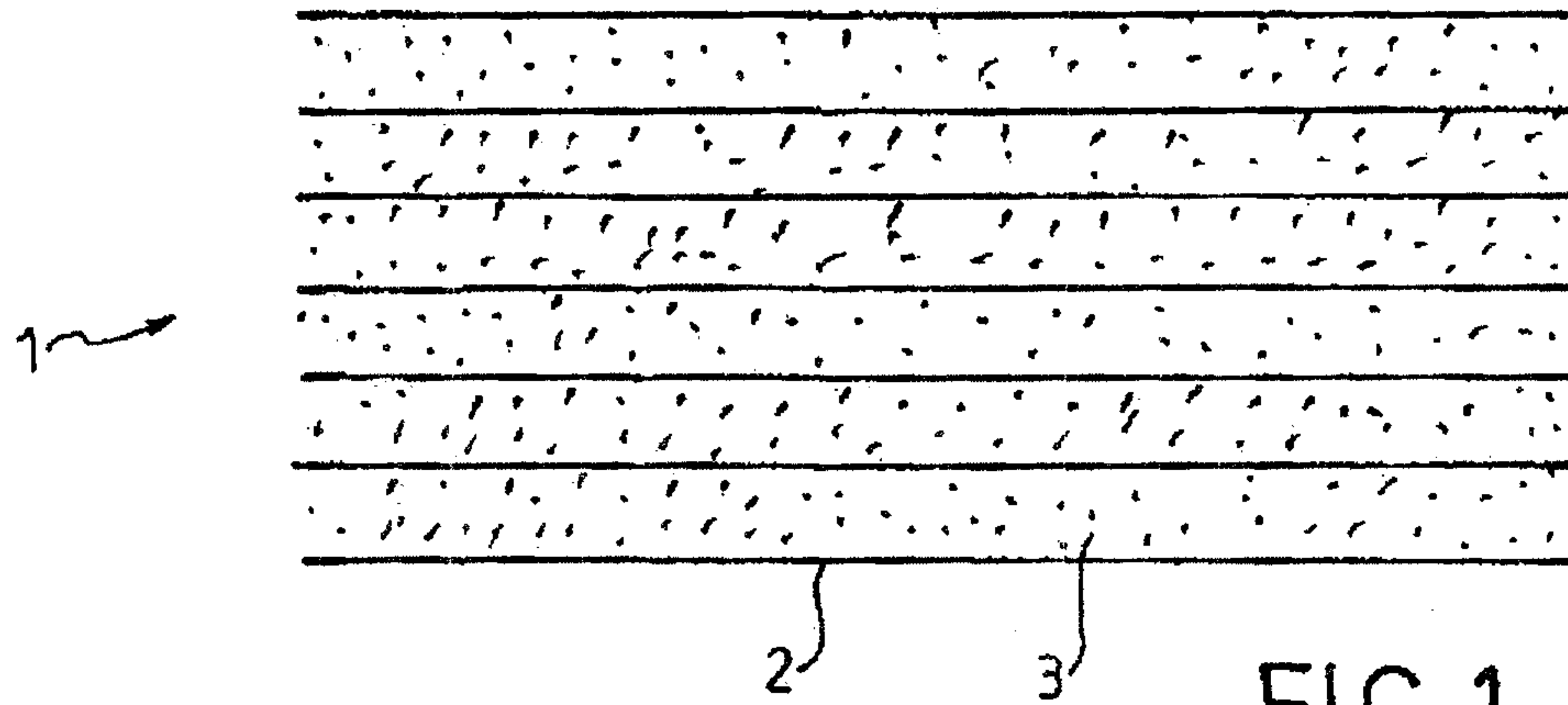


FIG. 1

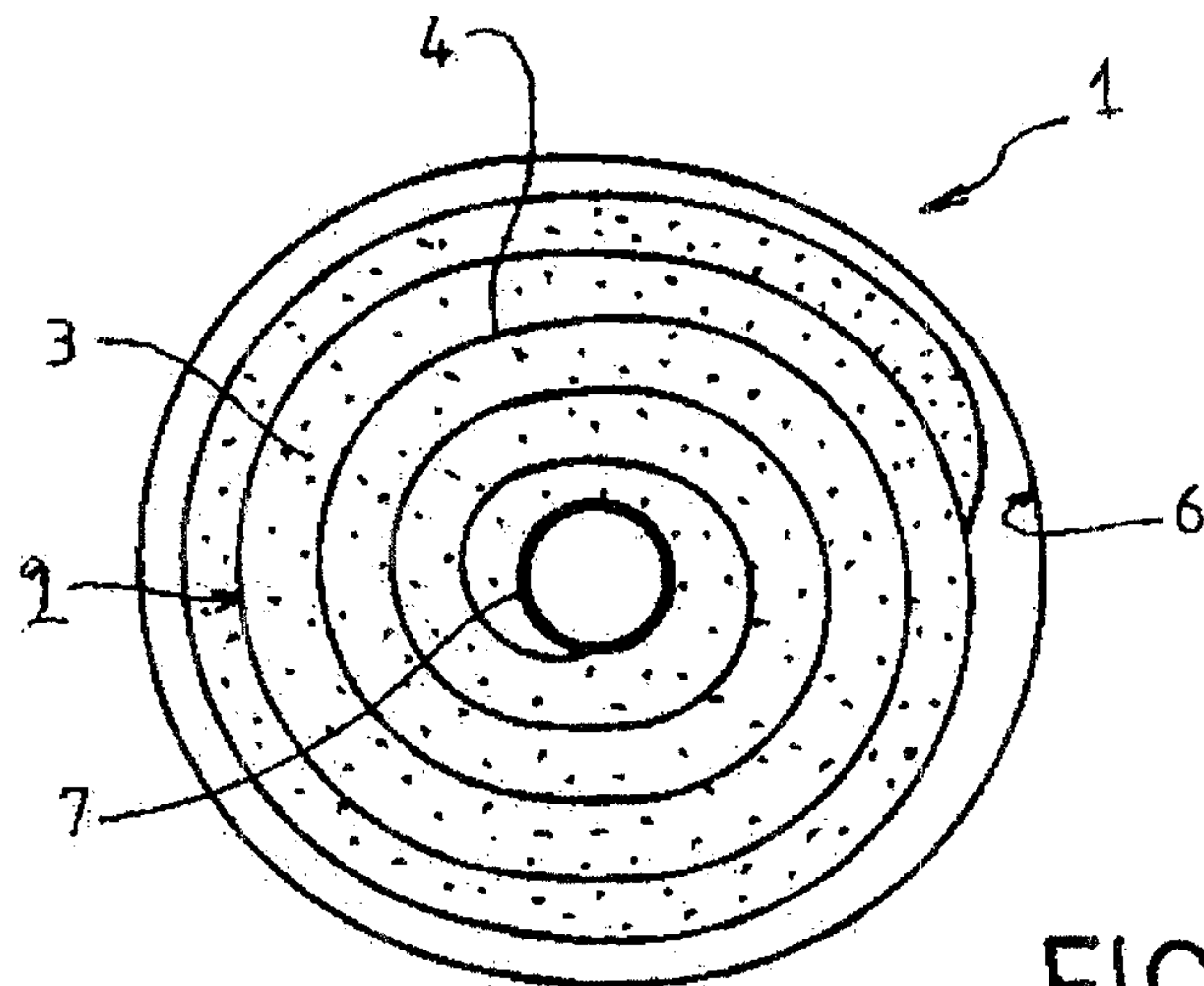


FIG. 2

2/3

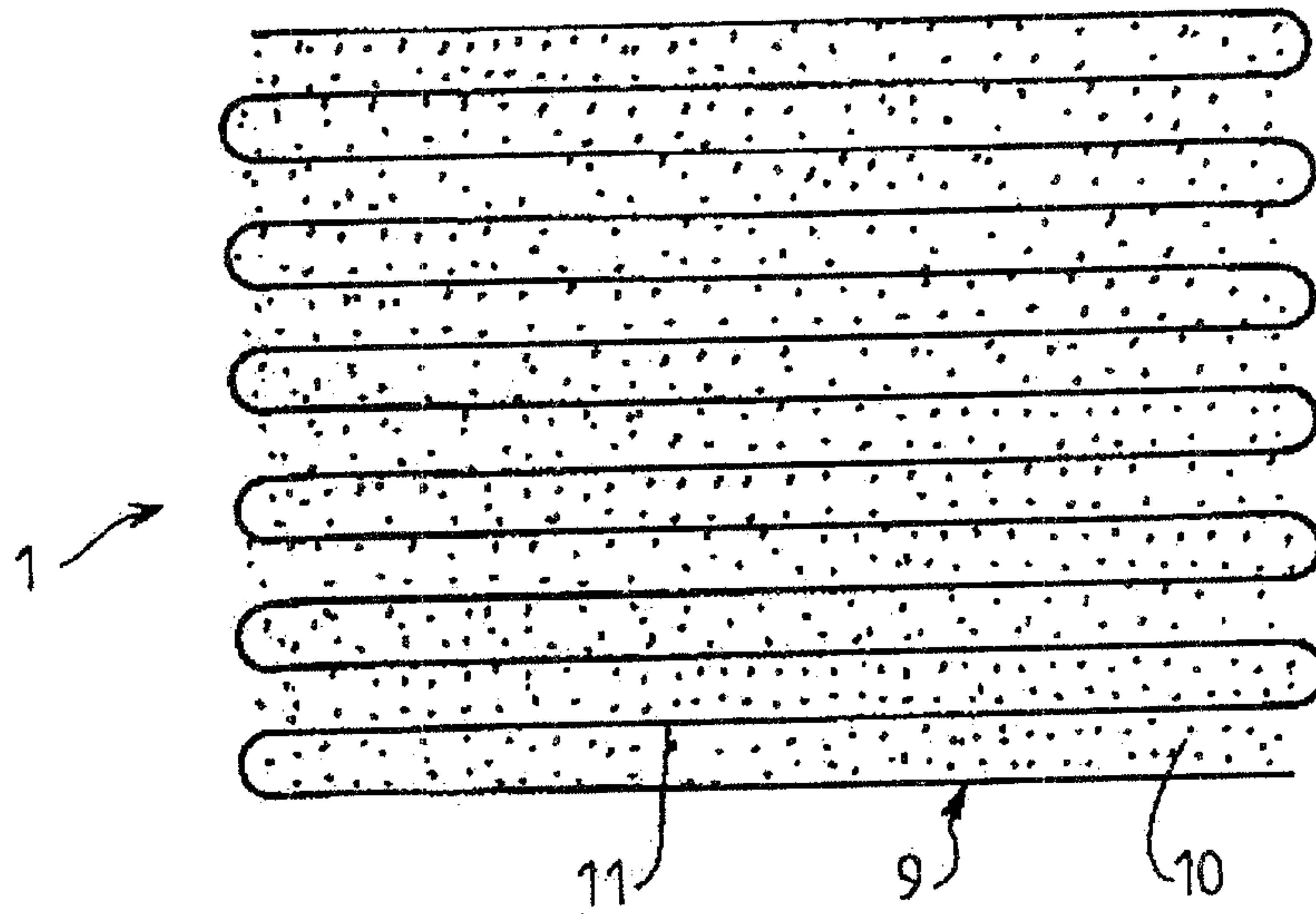


FIG. 3

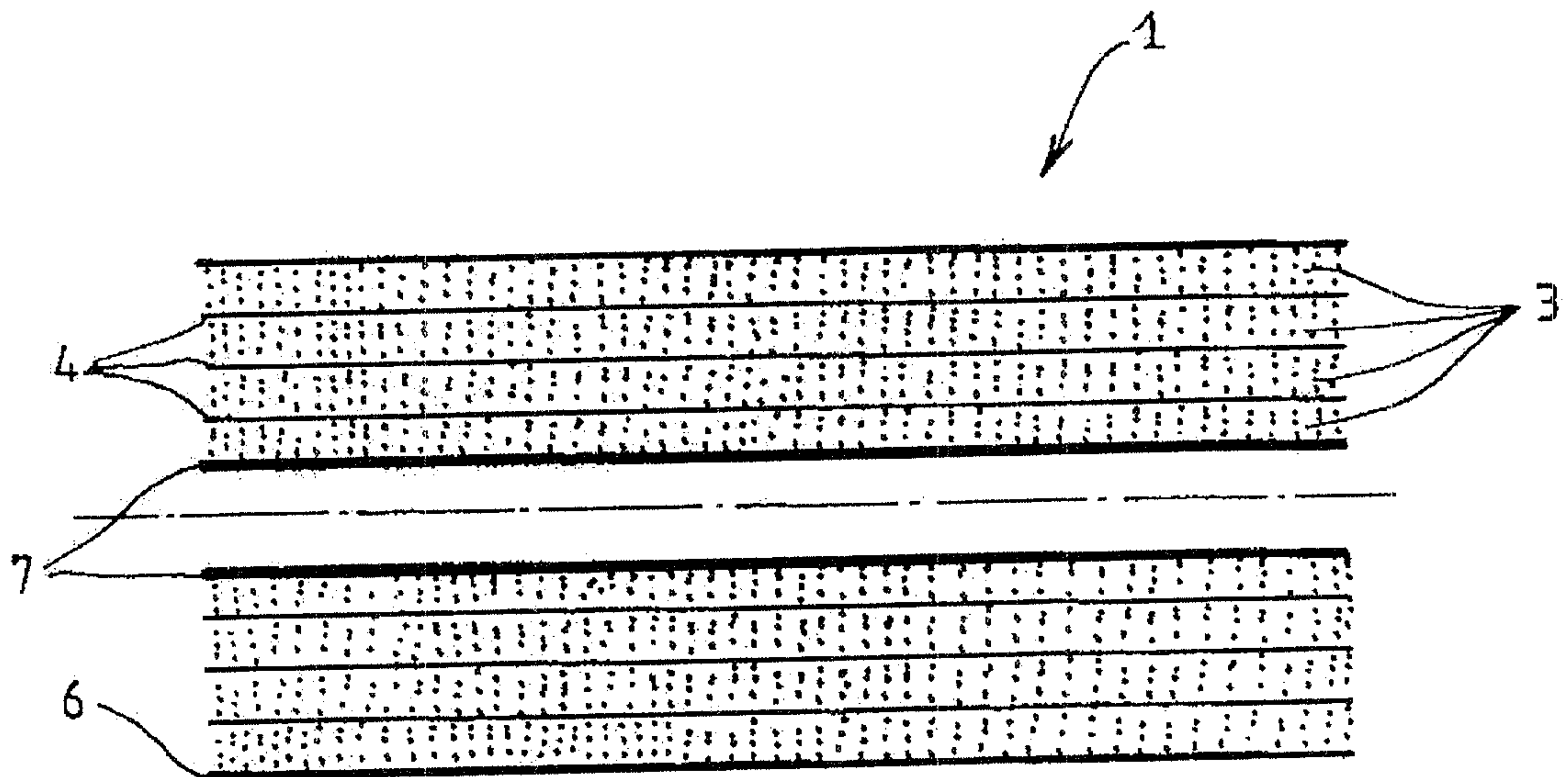


FIG. 4

FIG. 5

