

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 25.09.91.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 17.03.95 Bulletin 95/11.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : HEXCEL CORPORATION — US.

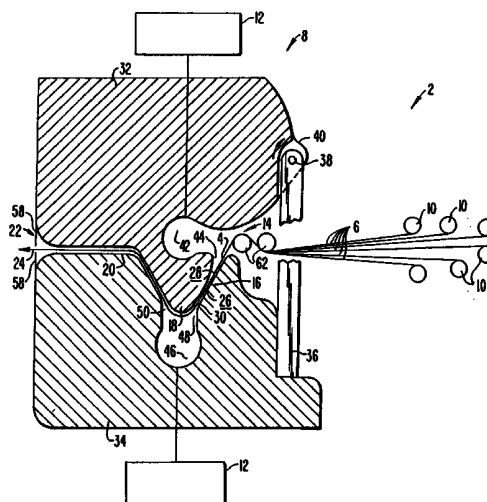
⑦2 Inventeur(s) : Custer Milton F., Vicknair Kenneth E. et Sherwood William R.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Plasseraud.

⑤4 Procédé et appareil pour imprégner des fibres avec des matières à viscosité élevée, et article correspondant.

⑤7 Pour imprégner complètement des matières fibreuses formées par des filaments parallèles et unidirectionnels, avec des résines à viscosité élevée, telles que des polymères ayant de longues chaînes moléculaires linéaires, on ramollit la résine par l'action de chaleur, on l'applique sur des faces opposées (26, 28) d'une matière fibreuse (4), on soumet la résine à une pression faible et on produit des efforts de cisaillement dans une couche limite de la résine qui est immédiatement adjacente aux faces de la matière fibreuse, pour aligner parallèlement aux filaments les longues chaînes de molécules de la résine. On produit les efforts de cisaillement en déplaçant la matière (4), avec la résine appliquée, à travers un passage de section réduite (16) qui définit une zone de cisaillement (30). Du fait que les efforts de cisaillement réduisent sa viscosité, la résine peut encapsuler les fibres de façon presque complète.



PROCEDE ET APPAREIL POUR IMPREGNER DES FIBRES
AVEC DES MATIERES A VISCOSITE ELEVEE, ET
ARTICLE CORRESPONDANT

Des matières imprégnées de résine, que l'on
5 appelle couramment des matières "préimprégnées", sont lar-
gement utilisées sous la forme de feuilles et de bandes,
par exemple pour le moulage d'articles à parois relative-
ment minces, ayant souvent des formes complexes. On fabri-
que de façon caractéristique de telles matières en appli-
10 quant une résine, par exemple une résine thermodurcissable
pouvant se polymériser, ou une résine thermoplastique qui
se ramollit à chaud, sur des rubans de fibres ou de fila-
ments parallèles (dans le cas de bandes), ou sur des matiè-
res textiles (pour des feuilles) qui sont fabriquées par
15 enchevêtrement, tricotage, tissage, etc., de fibres qui
s'étendent dans de multiples directions.

Pour garantir l'obtention d'articles finis de
haute qualité fabriqués à partir de matières préimprégnées,
la résine doit pénétrer complètement dans le ruban ou la
20 matière textile, c'est-à-dire qu'elle doit venir en contact
pratiquement avec toutes les surfaces de toutes les fibres.
En d'autres termes, pour obtenir des produits finals satis-
faisants, la résine doit effectivement encapsuler les
fibres.

25 Les matières préimprégnées sont largement utili-
sées dans l'industrie aérospatiale, du fait qu'elles don-
nent des pièces qui sont relativement légères, qui ont une

bonne résistance mécanique et avec lesquelles on peut former de façon économique des articles ayant des formes complexes. Dans le passé, on a préféré les résines thermodurcissables aux résines thermoplastiques, du fait que ces 5 dernières avaient des températures de ramollissement relativement faibles, bien qu'elles aient un certain nombre de caractéristiques hautement souhaitables, comme par exemple leur aptitude à être réchauffées pour reprendre la fabrication d'une pièce formée précédemment de façon défectueuse, 10 ou leur plus grande résistance aux chocs.

Un intérêt important s'est manifesté récemment dans l'industrie aérospatiale pour des matières préimprégnées qui utilisent ce qu'on appelle des résines thermoplastiques techniques. Une caractéristique commune de ces 15 résines consiste en ce qu'elles ont une structure moléculaire linéaire à longue chaîne. Ces matières diffèrent des résines thermoplastiques classiques par le fait qu'elles ont des températures de fusion ou de transition vitreuse relativement élevées.

20 Le problème que l'on rencontre lorsqu'on utilise des polymères thermoplastiques à longues chaînes dans des matières préimprégnées, consiste en ce qu'ils ont par nature une viscosité très élevée qui fait qu'il est pratiquement impossible d'imprégner avec eux une épaisseur 25 notable quelconque de matières fibreuses, telles que les rubans, les feuilles ou les mats précités. Le fait d'augmenter la pression du polymère ramolli par la chaleur n'apporte pas une solution, du fait que les longues chaînes de molécules entrelacées ne peuvent pas passer entre les 30 fibres et pénétrer dans la matière fibreuse. A la place, les longues molécules entrelacées forment un "embâcle de bûches" sur la surface de la matière fibreuse, du fait qu'elles sont orientées de façon aléatoire. Lorsqu'on augmente la pression, ce barrage moléculaire à la surface 35 de la matière fibreuse a tendance à limiter la pression au

côté ou elle est appliquée, ce qui conduit à un mouvement latéral du polymère au lieu d'une imprégnation.

Il en résulte que des polymères à longues chaînes ne sont pas largement utilisés pour l'imprégnation par
5 l'utilisation de techniques de fusion à chaud, pour la fabrication de matières préimprégnées, malgré les nombreuses caractéristiques souhaitables qu'ils présentent. Les problèmes que l'on rencontre lorsqu'on utilise des polymères à longues chaînes pour des matières préimprégnées sont
10 bien connus. Par exemple le brevet des E.U.A. n° 4 559 262 (Cogswell), mentionne l'intérêt de l'utilisation de résines thermoplastiques, il note que de telles résines qui ont des propriétés physiques acceptables doivent avoir une masse moléculaire élevée (correspondant de façon caractéristique
15 à une viscosité supérieure à 100 Ns/m^2), qui rend la résine si visqueuse que les fibres ne peuvent pas être mouillées de façon appropriée, et il indique ensuite qu'on peut trouver un compromis acceptable et qu'on peut obtenir des matières préimprégnées ayant des caractéristiques relative-
20 ment souhaitables, avec des résines thermoplastiques à masse moléculaire relativement faible, qui ont une viscosité suffisamment faible pour qu'un mouillage correct des fibres soit possible. Naturellement, bien que cette technique de l'art antérieur puisse constituer une amélioration
25 par rapport à la situation qui existait auparavant, elle ne permet pas d'utiliser les résines thermoplastiques beaucoup plus souhaitables qui ont une masse moléculaire élevée et une viscosité élevée, du fait que le processus décrit dans ce brevet est effectivement limité à des résines ayant une
30 viscosité ne dépassant pas environ 30 Ns/m^2 , c'est-à-dire qu'il s'agit de résines thermoplastiques à faible masse moléculaire. La présente invention permet d'utiliser des résines à masse moléculaire élevée et à longues chaînes moléculaires, d'une viscosité s'élevant jusqu'à plusieurs
35 centaines de Ns/m^2 , tout en assurant un mouillage rigoureux

et complet des filaments, et donc une matière préimprégnée de qualité supérieure.

Les polymères ayant une structure moléculaire linéaire à longue chaîne ont une résistance à la traction élevée, mais une résistance au cisaillement relativement faible. Les inventeurs ont découvert qu'on pouvait exploiter la faible résistance au cisaillement de ces polymères pour les faire pénétrer parfaitement dans des matières fibreuses, en alignant les molécules à longues chaînes avec les fibres, et en forçant ensuite le polymère en contact intime avec les fibres. Ceci rend possible la fabrication d'articles à partir de matières préimprégnées qui sont imprégnées avec des polymères à longues chaînes, et permet ainsi d'obtenir les nombreuses caractéristiques souhaitables de matières fibreuses imprégnées avec des polymères à masse moléculaire élevée tels que des polymères à longues chaînes moléculaires.

Lorsqu'un polymère à longue chaîne ramolli par la chaleur est soumis à des efforts de cisaillement, sa viscosité peut diminuer de façon extrêmement importante, grâce à quoi, dans cet état, on peut le faire pénétrer même dans des fibres étroitement adjacentes. Une fois que la résine a pénétré entièrement dans la matière fibreuse, consistant par exemple en un ruban de filaments parallèles ou en une matière textile tissée, de façon qu'elle encapsule pratiquement toutes les fibres, on a la garantie de pouvoir fabriquer à partir de cette matière des articles finis de haute qualité.

Dans le cadre de l'invention, le processus peut utiliser pour la résine d'imprégnation des polymères "thermoplastiques", ainsi que d'autres polymères linéaires à masse moléculaire élevée. Ces matières seront quelquefois appelées collectivement ici "polymères à longues chaînes", ou simplement "résine(s)", indépendamment de leur structure chimique, et indépendamment du fait qu'elles

sont ou non réellement des polymères. Ces termes, dans l'usage que l'on en fait ici, désignent des composés qui ont de longues chaînes moléculaires linéaires, de façon caractéristique d'une longueur de 100 unités de répétition 5 ou plus (correspondant à une masse moléculaire d'environ 10 000), et dans tous les cas d'une longueur notablement supérieure à l'écartement entre des fibres ou des filaments adjacents, de façon que même l'application d'une pression relativement élevée ne puisse pas forcer les molécules 10 entre les fibres, pour les amener en contact complet avec les fibres, dans une condition de mouillage de ces dernières. Ces résines présentent également une viscosité très élevée, de façon caractéristique de l'ordre de 300 Ns/m², ou plus, même lorsqu'elles sont chauffées. En fait, du fait 15 de la nature vrillée ou enchevêtrée de la chaîne du polymère, le fait d'élever la température a de façon caractéristique un effet négligeable sur la viscosité de la résine à l'état fondu. De telles "résines" sont souhaitables pour l'utilisation dans des matières préimprégnées, du fait 20 qu'elles sont relativement robustes, qu'elles résistent à la fatigue et qu'elles ne se ramollissent pas jusqu'à des températures s'élevant jusqu'à 260°C ou plus. De plus, on peut les mouler aisément avec des formes complexes, en employant des moules excessivement simples et économiques, 25 comme par exemple des moules en bois.

On peut donc employer la présente invention avec les substances les plus visqueuses. De ce fait, une grande variété de polymères à longues chaînes peuvent être "fluidisés" localement conformément à l'invention, ces polymères 30 comprenant, de façon non limitative, des matières thermostoplastiques telles que des polyimides (par exemple le polyétherimide disponible sous la marque "Ultem"), le sulfure de polyarylène (disponible sous la marque "Fortron"), et une variété de ce qu'on appelle couramment des polymères à 35 cristal liquide (disponibles par exemple sous les marques

"Vectra" et "Xydar"), pour n'en nommer que quelques uns.

De façon générale, on met en oeuvre l'invention en formant une matière fibreuse plate, telle qu'un ruban ayant un grand nombre de filaments parallèles, pour fabri-
5 quer une bande ou pour fabriquer des feuilles, et en appliquant aux deux côtés ou faces de cette matière un polymère à longue chaîne ramolli par la chaleur. Le polymère ou la résine est soumis à une pression relativement faible, de façon caractéristique dans la plage comprise entre environ
10 7 et 70 kPa, et de préférence d'environ 28 kPa, et on tire la matière fibreuse de façon à la faire passer dans une zone de cisaillement qui est définie par un passage entourant complètement la matière, y compris la résine qui lui est appliquée.

15 Dans la zone de cisaillement, l'épaisseur du passage (dans la direction perpendiculaire aux faces de la matière fibreuse) n'est supérieure que de façon nominale à l'épaisseur de la matière fibreuse. Cette épaisseur est sélectionnée de façon que la résine constitue de 20% à 50%
20 en masse, environ, de la bande ou de la feuille de matière préimprégnée. De façon générale, on a trouvé que le rapport entre l'épaisseur de la résine dans la zone de cisaillement et l'épaisseur de la matière fibreuse devait être d'environ 0,2 à 0,6 pour parvenir à l'imprégnation avec le pourcen-
25 tage en masse de résine désiré. De façon caractéristique, pour une fibre de 175 μm , ceci exige une épaisseur de résine sur chaque face de la matière fibreuse, dans la zone de cisaillement, dans la plage comprise entre une valeur légèrement supérieure à 0 et environ 100 μm . Une couche
30 limite de la résine au voisinage des surfaces de la matière fibreuse est soumise à des efforts de cisaillement lorsqu'elle passe à travers la zone de cisaillement. Le mouvement relatif entre la matière fibreuse et les surfaces du passage dans la zone de cisaillement, réoriente les molé-
35 cules à longues chaînes de façon pratiquement parallèle aux

fibres. Une fois que les molécules sont parallèles aux fibres, la pression relativement faible qui est appliquée à la résine force aisément les molécules entre les fibres, et en contact intime avec celles-ci, et assure ainsi un mouillage rigoureux et complet des fibres. En envisageant ceci d'une façon légèrement légèrement différente, on peut dire que la génération d'efforts de cisaillement sur la résine conformément à la présente invention, réduit la viscosité de la résine dans une mesure telle qu'elle peut pénétrer complètement dans la matière et encapsuler pratiquement toutes les fibres. La matière préimprégnée résultante peut ensuite être traitée pour former l'article désiré, d'une manière bien connue dans la technique, et qu'on ne décrira donc pas davantage ici.

15 Pour éviter que les fibres ne s'assemblent en faisceaux pendant l'étape d'imprégnation de résine, les fibres, qui sont sous tension lorsqu'elles sont tirées à travers la zone de cisaillement, sont guidées le long d'un chemin courbe situé en aval de la zone de cisaillement, qui s'étend sur un arc dans la plage comprise entre environ 50 et 100°. Ceci maintient les fibres étalées latéralement, en particulier lorsqu'on forme une bande ne comprenant pratiquement que des filaments qui s'étendent en direction longitudinale, et empêche la migration des fibres vers le centre.

25 La bande ou la feuille préimprégnée a donc une épaisseur uniforme sur la totalité de sa largeur et de sa longueur.

Le processus d'imprégnation de l'invention exige seulement une faible pression de résine, comme indiqué ci-dessus. En outre, l'effort de cisaillement qui est destiné à réduire la viscosité de la résine n'exige pas une valeur élevée de la vitesse à laquelle la matière fibreuse traverse la zone de cisaillement, qui peut donc être maintenue à une valeur faible. La plage de vitesse actuellement préférée est comprise entre environ 0,15 et 9 m/min, la plage de vitesse qui est actuellement la plus préférée étant de

0,15 à 1,5 m/min. A de telles vitesses faibles, il est possible de fabriquer des matières préimprégnées en utilisant des fibres ayant des diamètres extrêmement faibles, par exemple dans la plage du micron. Ceci fait que le procédé de l'invention est particulièrement bien adapté pour fabriquer une bande à partir de filaments de carbone très minces, c'est-à-dire une matière qui est largement utilisée dans l'industrie aérospatiale, à cause de sa résistance mécanique élevée, de sa faible masse, de sa bonne résistance à la corrosion et de ses caractéristiques électriques. En outre, à une vitesse aussi faible, on peut traiter sans endommagement ou rupture de filament appréciable, des matières sous forme de filaments ayant des modules relativement élevés, comme du graphite contenant du bore ou du goudron.

Un avantage spécifique supplémentaire que procure l'invention consiste en ce que le processus d'imprégnation peut être accompli avec un équipement relativement économique, léger et robuste, du fait qu'il n'est soumis qu'à de très faibles pressions et de très faibles vitesses de fibres. A titre d'exemple, le passage et d'autres conduits à travers lesquels passe la matière fibreuse, les cavités et les canaux à travers lesquels s'écoule la résine ramollie, et les zones dans lesquelles la résine est appliquée aux faces de la matière fibreuse, ne doivent même pas être étanches pour empêcher l'échappement de la résine vers l'extérieur, à condition que la résine ramollie soit produite en une quantité approximativement égale à la quantité nécessaire pour imprégner et couvrir de façon appropriée la matière fibreuse.

Pour que l'invention fonctionne correctement, il est important que les couches de résine qui sont immédiatement adjacentes aux faces de la matière fibreuse, et non des couches relativement éloignées de cette dernière, soient soumises à des efforts de cisaillement, de façon que

la résine puisse pénétrer dans les fibres. On réalise ceci en maintenant à une valeur faible l'épaisseur de la résine dans la zone de cisaillement, par exemple dans la plage indiquée ci-dessus.

5 Comme le montre ce qui précède, l'invention fait disparaître le principal obstacle qui a empêché dans le passé d'utiliser largement des matières préimprégnées fondant à chaud, employant une résine d'imprégnation à viscosité élevée. Il est donc maintenant possible de tirer
10 parti de la résistance mécanique élevée, de la ténacité, de la résistance à la fatigue, de l'aptitude au formage et à la reprise de l'opération de formage, de la légèreté et de la résistance à la corrosion des résines thermoplastiques et de résines similaires. La présente invention permet donc
15 de remplacer des matières métalliques ou thermodurcissables par une matière ayant des propriétés égales ou meilleures en ce qui concerne les rapports de résistance mécanique/masse, les caractéristiques d'usure et les caractéristiques de formage, tout en étant invisible pour certains rayonne-
20 ments, tels que ceux des radars, ce qui présente une importance pour certaines utilisations militaires. La présente invention convient donc parfaitement pour l'utilisation dans l'industrie aérospatiale, bien qu'on prévoit qu'elle trouvera également de nombreuses applications dans d'autres
25 domaines.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif. La suite de la description se
30 réfère aux dessins annexés dans lesquels :

La figure 1 est une représentation schématique en élévation latérale, et partiellement en coupe, de l'appareil qu'on utilise pour mettre en oeuvre la présente invention;

35 La figure 2 est une vue en élévation de face de

l'appareil qui est représenté sur la figure 1; et

La figure 3 est une représentation schématique partielle et agrandie de la zone de cisaillement dans l'appareil qui est représenté sur la figure 1.

5 En se référant tout d'abord aux figures 1 et 2, on voit un appareil 2 destiné à imprégner une matière fibreuse, telle qu'un ruban 4 comprenant un grand nombre de filaments 6, qui comporte une filière 8, des bobines d'alimentation en filaments 10 d'un côté amont de la filière, et
10 une source de résine ramollie par la chaleur 12 (qui est représentée dans un but de clarté sous la forme de deux sources sur la figure 1). Comme on le décrira ci-dessous de façon plus détaillée, les filaments provenant des bobines 10 sont tirés sous tension de façon à traverser une ouver-
15 ture d'entrée 14 de la filière pour pénétrer dans un passage 16 et traverser celui-ci, après quoi ils passent sur une saillie ou "nez" de forme courbe, 18, en aval du passage, et ils traversent ensuite un conduit 20 et passent par une ouverture de sortie 22 au niveau de laquelle on les récupère
20 sous la forme d'une bande préimprégnée 24. La résine ramollie par la chaleur est appliquée sur des faces opposées 26, 28 du ruban de filaments 4, dans le passage 16 ou au voisinage de celui-ci. Dans une zone de cisaillement 30 qui est définie par le passage, la résine est fluidisée, c'est-à-dire que sa viscosité est réduite de façon qu'elle
25 puisse pénétrer dans le ruban 4, et imprégner de façon pratiquement complète les filaments de ce dernier. La bande préimprégnée qui sort par l'ouverture de sortie peut être enroulée de façon appropriée sur un noyau, pour être
30 stockée ou subir un traitement ultérieur, pour former un article fini ou semi-fini.

La filière 8 est constituée par des première et seconde sections de filière 32, 34, qui sont séparées le long d'une ligne (non représentée dans les dessins), qui
35 coïncide avec le chemin de déplacement du ruban 4 à travers

la filière. Les deux sections sont réunies l'une à l'autre de façon articulée au moyen de barres d'articulation 36 qui sont fixées à la section de filière 34, et d'un axe de pivotement 38 qui traverse les barres et des oreilles 40 qui sont fixées à la section de filière 32. On peut utiliser d'autres moyens, consistant par exemple à fixer les sections de filière sur des plates-formes mobiles, pour maintenir la relation d'espacement entre les deux sections de filière, sans sortir du cadre de l'invention.

10 La section de filière supérieure 32 comprend une cavité de résine ramollie 42, qui comporte un côté ouvert qui est en communication, pour le passage d'un fluide, avec l'ouverture d'entrée 14 et une extrémité amont 44 du passage 16. Elle est en outre en communication, pour le passage
15 d'un fluide, avec la source de résine ramollie par la chaleur 12. De façon similaire, la section de filière inférieure 34 comprend une seconde cavité d'alimentation en résine 46 qui comporte un côté ouvert en communication pour le fluide avec une extrémité aval 48 du passage 16, ainsi
20 qu'avec une extrémité amont 50 du conduit 20. La cavité qui se trouve dans la section de filière inférieure est également en communication pour le fluide avec la source de résine 12. Bien que deux sources de résine séparées soient représentées sur la figure 1, et que l'appareil puisse être
25 construit de cette manière, on n'utilise normalement qu'une seule source, et celle-ci est reliée aux deux cavités par des conduits d'écoulement de résine appropriés (non représentés).

En considérant maintenant les figures 1 et 3, on
30 note que le passage 16 qui s'étend depuis la cavité supérieure 42 jusqu'à la cavité inférieure 46 a une largeur suffisante pour accepter la largeur du ruban 4, une section transversale rectangulaire et des surfaces principales opposées 52, 54 qui convergent vers l'aval à partir de
35 l'extrémité amont 44 du passage. La profondeur "D" du

passage, mesurée perpendiculairement aux surfaces principales 52, 54, atteint un minimum dans la zone de cisaillement 30 qui se trouve à une certaine distance de l'extrémité aval 48. On choisit la profondeur "D" de façon qu'en aval 5 de la zone de cisaillement, le ruban 4 contienne une proportion de résine (en masse) dans la plage de 20% à 50%, et de préférence dans la plage comprise entre environ 30% et 35%. Pour une fibre de 180 μm , ceci donnera normalement une épaisseur de résine nominale "t" sur chaque face du ruban 4 10 comprise entre environ 0 et 100 μm , et ne dépassant pas de préférence 25 μm . On peut tolérer des épaisseurs de résine plus élevées dans la zone de cisaillement, comme par exemple dans un rapport de 1,2 fois l'épaisseur des fibres, le facteur limitatif étant la nécessité de maintenir le 15 cisaillement dans la couche limite 64. Du fait de l'écoulement par entraînement que l'on rencontre avec des matières à viscosité élevée, l'épaisseur de résine en aval de la zone de cisaillement est plus élevée que l'épaisseur nominale "t" dans la zone de cisaillement. Par exemple, lorsque 20 l'épaisseur de résine nominale "t" dans la zone de cisaillement ne dépasse pas environ 25 μm , l'épaisseur de résine réelle en aval de la zone de cisaillement peut atteindre environ 100 μm .

Immédiatement en aval du passe se trouve la saillie 18 qui est définie par la section de filière supérieure 25 32, et qui forme une surface courbe 56 s'étendant sur un arc compris entre environ 50° et 100°, et de préférence d'environ 70°, pour maintenir à une valeur relativement faible la résistance qu'elle oppose au mouvement de la 30 bande. La surface courbe est située face à la cavité de résine inférieure 46 et elle communique avec celle-ci. Au cours de l'utilisation, la surface est couverte par la bande 24 qui s'étend sur elle, et elle guide la bande de façon que cette dernière se déplace en suivant un chemin courbe 35 pendant qu'elle se déplace du passage 16 vers la sortie 22

de la filière.

En aval de la saillie 18 se trouve le conduit 20 qui est également en communication pour le fluide avec la cavité de résine inférieure 46. Ce conduit définit le
5 chemin de déplacement de la bande 24 entre la saillie et la sortie. Le conduit a une section transversale de forme générale rectangulaire, une largeur suffisante pour accepter la bande et une profondeur légèrement supérieure à l'épaisseur combinée de la bande et de la couche de résine
10 se trouvant sur chaque face de celle-ci. La fonction essentielle du conduit est de guider la bande vers la sortie. Bien qu'ils n'en soient pas certains, les inventeurs pensent que le conduit peut faciliter et renforcer la pénétration de la résine dans la bande qui a lieu dans la zone de
15 cisaillement. On pense que ceci est particulièrement vrai lorsque la transition de la cavité de résine inférieure 46 vers le conduit présente une section qui diminue progressivement jusqu'à l'épaisseur désirée, comme représenté sur la figure 1. Cependant, en pratique, la zone de cisaillement
20 30 assure une pénétration pratiquement complète de la résine dans la bande, et on ne pense pas qu'un cisaillement supplémentaire quelconque dans le conduit 20 soit nécessaire pour la mise en oeuvre de l'invention.

L'ouverture de sortie 22 définit l'extrémité aval
25 du conduit, à partir de laquelle on extrait la bande préimprégnée 24. Des racleurs ou docteurs 58 peuvent être placés à la sortie pour établir l'épaisseur globale finale de la bande et pour définir sa répartition de résine, en lissant la résine et les fibres avant que la bande ne soit soumise
30 à un traitement ultérieur ou enroulée en bobines pour le stockage. Les docteurs sont conçus de façon que la résine en excès qui est enlevée puisse être évacuée de façon appropriée, par exemple en prévoyant des ouvertures d'évacuation de résine 60 (figure 2) d'un côté de chaque doc-
35 teur.

En se référant aux figures 1-3, et en supposant qu'on doive produire une bande préimprégnée 24, on note que pendant l'utilisation de l'appareil, des filaments pour la bande sont débités sous la forme de câbles de filaments, 5 comprenant chacun par exemple 12 000 filaments. Le nombre de câbles et de bobines débitrices de câbles de filaments 10 est déterminé par la largeur et l'épaisseur désirées de la bande préimprégnée 24. Pour une bande de 7,6 cm de largeur et de 180 μm d'épaisseur, on utilise normalement vingt 10 câbles de filaments (et vingt bobines débitrices de câbles de filaments), ayant chacun environ 12 000 filaments de carbone d'un diamètre d'environ 7 microns.

A partir des bobines, les câbles de filaments sont guidés vers une série de rouleaux à enroulement en S. 15 62, et passent sur ces derniers en suivant un chemin ondulé. Du fait que les câbles de filaments sont légèrement sous tension, ils s'étalent latéralement en passant sur les rouleaux 62, de façon que les filaments soient étroitement adjacents et que le ruban qu'ils forment ait une épaisseur 20 uniforme sur toute sa largeur.

La source de résine 12 fournit de la résine ramollie par la chaleur aux cavités 42, 46. La source de résine peut être une extrudeuse de structure classique, qui comprendra normalement une trémie destinée à recevoir une 25 charge d'alimentation en résine, et à la faire passer dans un cylindre qui est chauffé de façon appropriée pour ramollir la résine (non représenté). Un convoyeur à vis (non représenté) se trouvant dans le cylindre transporte la résine chauffée de façon à la faire passer par des conduits 30 appropriés vers les deux cavités de résine dans la filière. En outre, la source de résine comprend un système de régulation de débit (non représenté séparément) qui corrèle la quantité de résine qui est fournie aux cavités, avec la quantité de résine nécessaire pour imprégner correctement 35 le ruban. Pour n'importe quelle matière fibreuse donnée qui

est imprégnée, cette quantité nécessaire est fonction de la vitesse avec laquelle la matière est transportée à travers la filière.

Pour commencer à imprégner la bande avec de la
5 résine, les câbles de filaments sont enfilés initialement à travers la filière en ouvrant les sections de filière, au moyen de leur articulation, et en fixant les extrémités libres des câbles de filaments à un mécanisme récepteur entraîné par un moteur (non représenté), se trouvant en
10 aval de la sortie 22 de la filière. Lorsque ce mécanisme est mis en fonction, il applique une tension à tous les filaments des câbles, ce qui a pour effet d'aplatir et d'étaler latéralement les câbles de filaments pour former le ruban 4, pendant qu'ils passent sur les rouleaux à
15 enroulement en S 62.

La résine ramollie s'écoule à partir de la cavité supérieure 42 pour venir en contact avec la surface 28 du ruban, sur toute la largeur de ce dernier (la largeur de la cavité est approximativement égale à la largeur du passage
20 16). La résine, qui est très visqueuse, s'écoule également vers l'ouverture d'entrée 14 de la filière. Cependant, à cause de sa viscosité et de sa faible pression (par exemple 28 kPa), l'écoulement de résine vers l'entrée est si lent qu'il n'y a que peu, et généralement pas, de fuite de
25 résine par l'entrée, en particulier du fait que le ruban qui se déplace vers le passage 16 entraîne la résine qui peut atteindre l'entrée, et la ramène vers l'intérieur de la filière.

A partir de l'entrée, le ruban 4 entre dans le
30 passage 16. Comme la figure 3 le montre le mieux, ce passage va en diminuant vers l'aval, du fait des surfaces en regard convergentes 54, 56, ce qui fait que le passage atteint sa profondeur minimale "D" dans la zone de cisaillement 30 qui se trouve entre les extrémités du passage. De
35 façon caractéristique, la zone de cisaillement a une lon-

gueur comprise entre environ 0,6 cm et 2,5 cm, et cette zone a de préférence une longueur d'environ 1,3 cm et une profondeur "D" (pour une bande de 180 μm d'épaisseur) dans la plage d'environ 180 à 250 μm . A l'extrémité amont 44, le passage a une profondeur d'environ 1,3 mm (perpendiculairement aux surfaces 54, 56).

La résine ramollie qui provient de la cavité inférieure 46 s'écoule dans le passage 16 à partir de son extrémité aval 48 et en sens opposé au mouvement du ruban 4, pour venir en contact avec l'autre surface 26 du ruban. La résine s'écoule en traversant la zone de cisaillement, en direction de l'extrémité amont 44 du passage. Du fait de sa viscosité élevée et de sa faible pression, la résine ne fuit normalement pas par l'ouverture d'entrée 14 de la filière, en particulier du fait que le ruban en mouvement 4 entraîne la résine en direction opposée à l'entrée.

Au fur et à mesure que le ruban se déplace vers la zone de cisaillement, et en particulier dans cette dernière, le mouvement relatif entre le ruban 4 et les surfaces 52, 54 du passage soumet de plus en plus à un effort de cisaillement une couche limite 64 de la résine, au voisinage des surfaces 26, 28 du ruban, c'est-à-dire dans une position qui est pratiquement immédiatement adjacente à ces surfaces. Le mouvement relatif des surfaces entre lesquelles la résine ramollie est intercalée dans la zone de cisaillement provoque un alignement des molécules à longues chaînes dans une direction parallèle aux filaments, ce qui réduit considérablement la viscosité effective de la résine dans la couche limite. Il en résulte que même la pression de résine relativement faible d'environ 28 kPa est suffisante pour faire pénétrer de force à l'intérieur du ruban les molécules de résine, qui sont normalement plus longues que l'écartement entre des filaments adjacents, ce qui a pour effet d'encapsuler de façon pratiquement complète tous les filaments du ruban, ce qui est un but principal

de l'invention.

Une fois que le ruban a traversé la zone de cisaillement 30, il constitue une bande préimprégnée 24 qui a été imprégnée uniformément avec de la résine. Les molé-
5 cules à longues chaînes de la bande, et en particulier celles qui sont au voisinage des filaments et entre ceux-ci, sont pratiquement alignées avec les filaments. La bande contient également une couche de résine d'épaisseur désirée sur ses surfaces, et du fait de l'écoulement par entraîne-
10 ment de la résine visqueuse, mentionnée précédemment, cette épaisseur est légèrement supérieure à la différence entre la profondeur D du passage et l'épaisseur T du ruban.

Après la zone de cisaillement, la bande passe sur la surface courbe 56 de la saillie 18. Du fait que la bande
15 est sous tension, les filaments ne peuvent pas se rassembler en faisceaux, et la bande maintient son épaisseur uniforme sur toute sa largeur, ainsi que sa longueur. Les docteurs 58 à la sortie 22 définissent la répartition finale de la couche de résine de la bande. La résine en
20 excès, comprenant la résine qui provient de la cavité inférieure qui peut adhérer à la face en regard de la bande, est enlevée et évacuée de façon appropriée, par exemple par des ouvertures 62.

Pour maintenir une épaisseur de bande uniforme et
25 éviter que les filaments ne se rassemblent en faisceaux, la tension que l'on exerce sur la bande pour la tirer à travers la filière doit être aussi faible que possible. Le fait de maintenir l'arc de 70° décrit précédemment pour la surface courbe 56, facilite l'obtention de ce résultat, de
30 même que l'utilisation d'un montage à faible friction pour les bobines débitrices de filaments 10, l'orientation des axes des bobines perpendiculairement à la ligne de séparation traversant la filière (ceci n'est pas représenté), et la limitation à deux ou trois du nombre des rouleaux à
35 enroulement en S 62.

Il est habituellement difficile d'augmenter à volonté la largeur de la bande de filaments; une largeur de 7,6 cm est actuellement la plus grande largeur qu'il est possible d'obtenir sans compliquer excessivement le processus de fabrication. Lorsqu'on désire de plus grandes largeurs, par exemple pour produire de grandes feuilles préimprégnées, on pourrait remplacer le ruban de filaments par une matière textile, un mat tissé ou une structure semblable. Il est cependant préférable de joindre latéralement deux bandes préimprégnées, ou plus, pour former des feuilles comprenant un ensemble de bandes disposées côte à côte, avant que la feuille ne soit moulée ou soumise à une autre opération de fabrication pour donner un article fini.

En outre, la filière 8 décrite ci-dessus, et en particulier l'accouplement articulé entre ses sections 32, 34, permettent d'utiliser la même filière pour fabriquer des matières préimprégnées ayant différentes épaisseurs "T". A titre d'exemple, pour accepter un ruban de plus grande épaisseur, la seule chose nécessaire est de faire pivoter les sections de filière autour de l'axe 38, jusqu'à ce que la profondeur "D" du passage dans la zone de cisaillement ait été augmentée pour devenir égale à l'épaisseur supérieure du ruban, pour maintenir ainsi la même épaisseur de résine "t". Un mécanisme approprié, tel qu'une vis de blocage ou autre (non représenté) est incorporé pour verrouiller les sections de filière dans les positions relatives sélectionnées, de façon à maintenir la profondeur de passage "D" qui est fixée.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au procédé et au dispositif décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de formation d'une matière fibreuse imprégnée de résine (24), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : on dispose des fibres (6) initialement exemptes de résine, de façon qu'elles forment une structure (4) pratiquement plate, allongée et initialement exempte de résine; on applique à chaque face (26, 28) de la structure (4) une matière consistant en un polymère à longue chaîne moléculaire; on déplace la structure (4) dans une direction aval; on soumet le polymère appliqué à la structure (4) à une pression ne dépassant pas environ 70 kPa; on limite l'épaisseur du polymère sur chaque face (26, 28) de la structure (4) à une valeur ne dépassant pas environ 1,2 fois l'épaisseur des fibres; et on met en contact le polymère avec une surface fixe, du côté opposé aux faces (26, 28) de la structure; grâce à quoi le mouvement vers l'aval de la structure (4) produit dans le polymère des mouvements relatifs qui le soumettent à un effort de cisaillement, qui diminuent sa viscosité et qui provoquent sa migration vers l'intérieur de la structure (4) et autour des fibres de celle-ci, sous la pression appliquée.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de mise en contact comprend les étapes qui consistent à former un passage fixe (16) entourant la structure (4) et définissant les surfaces fixes qui sont en contact avec le polymère.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le passage (16) est allongé dans la direction du mouvement de la structure (4), depuis une extrémité amont (44) jusqu'à une extrémité aval (48) du passage; et en ce qu'il comprend l'étape qui consiste à réduire la profondeur du passage (16) dans une direction perpendiculaire (26, 28) de la structure, depuis l'extrémité amont (44) jusqu'à l'extrémité aval (48), de façon que le passage (16) forme une zone de cisaillement (30) entre ses extrémités, dans

laquelle la profondeur du passage ne dépasse pas environ 0,6 fois l'épaisseur de la structure (4).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'étape d'application comprend l'étape qui consiste à appliquer le polymère à une première face (28) de la structure (4) dans un emplacement situé en amont de la zone de cisaillement (30), à appliquer le polymère à une seconde face (26) de la structure à un emplacement situé en aval de la zone de cisaillement (30); et à provoquer l'écoulement du polymère à partir des emplacements précités, en direction de la zone de cisaillement (30) et jusqu'au delà de celle-ci.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce qu'il comprend l'étape qui consiste à soumettre le polymère à une pression ne dépassant pas environ 70 kPa.

6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les fibres comprennent un grand nombre de filaments pratiquement parallèles (6) s'étendant vers l'aval, caractérisé en ce que l'étape de déplacement comprend l'étape qui consiste à soumettre les filaments à une force de traction qui déplace les filaments (6) vers l'aval; et en ce qu'il comprend l'étape consistant à maintenir les filaments étalés latéralement, pour définir une structure (4) en forme de bande, en déplaçant les filaments, pendant qu'ils sont sous tension, sur un chemin courbe qui s'étend sur un arc d'au moins environ 50°.

7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend l'étape qui consiste à maintenir sur la structure (4) une quantité de polymère représentant entre environ 30% et environ 35% en masse de la structure imprégnée de résine (24).

8. Procédé d'imprégnation d'une structure formée par des filaments (6) étroitement adjacents, parallèles et initialement exempts de résine, avec un polymère ayant des molécules à longues chaînes, d'une longueur notablement

supérieure à l'écartement entre des filaments adjacents, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes qui consistent à ramollir la résine et à l'appliquer aux faces (26, 28) de la structure (4), à mettre en contact avec une surface la
5 résine qui est appliquée aux faces de la structure (4), et à déplacer cette surface par rapport à la structure (4), de façon que les molécules à longues chaînes se trouvant au voisinage des faces (26, 28) s'alignent avec les filaments, et à soumettre ensuite à une pression la résine qui est
10 appliquée aux faces (26, 28) de la structure, pour faire pénétrer de force entre des filaments adjacents des molécules à longues chaînes alignées, et pour enrober ainsi de façon pratiquement complète les surfaces extérieures des filaments avec la résine.

15 9. Appareil pour produire une structure comprenant un grand nombre de filaments disposés côte à côte et s'étendant en direction longitudinale, et pour imprégner complètement la structure avec une matière consistant en un polymère à longues chaînes moléculaires linéaires, caracté-
20 risé en ce qu'il comprend : des moyens définissant un passage allongé (16) qui comporte une extrémité amont (44) et une extrémité aval (46), et une section transversale prévue pour recevoir la structure (4), des surfaces du passage qui sont en regard de faces (26, 28) de la structure (4) con-
25 vergeant à partir de l'extrémité amont (44) en direction d'une zone de cisaillement (30) qui est définie par le passage entre ses extrémités, les surfaces du passage (16) dans la zone de cisaillement (30) étant séparées d'une distance supérieure à l'épaisseur de la structure (4)
30 augmentée d'une valeur s'élevant jusqu'à environ 10 micromètres; un conduit (20) situé en aval du passage (16) et se terminant à une sortie (22) par laquelle sort la structure imprégnée de polymère (24); une saillie (18) située entre la zone de cisaillement (30) et la sortie (22), autour de
35 laquelle la structure passe en se déplaçant vers l'aval,

cette saillie établissant pour la structure un chemin
courbe qui s'étend sur un arc d'au moins environ 50°; des
moyens (12) destinés à chauffer le polymère d'une manière
suffisante pour le rendre visqueux, et à le soumettre à une
5 pression ne dépassant pas environ 70 kPa; des moyens
d'application communiquant avec les moyens d'alimentation
en polymère (12), qui sont destinés à appliquer le polymère
chauffé et sous pression à une première face (28) de la
structure (4), en amont de l'extrémité amont (44) du passa-
10 ge (16), et à une seconde face (26) de la structure, en
aval de l'extrémité aval (48) du passage, de façon que le
polymère soit introduit de force dans le passage (16) et
traverse la zone de cisaillement (30) sur la quasi-totalité
de la longueur et de la largeur du passage (16); et des
15 moyens destinés à déplacer la structure (4) à travers le
passage (16), sur la saillie (18) et à travers le conduit
(20), jusqu'à la sortie (22), pendant que les filaments
sont sous tension; grâce à quoi le mouvement relatif de la
structure à travers le passage (16) et dans la zone de
20 cisaillement (30) soumet une couche limite (64) du polymère
proche des faces (26, 28) de la structure (4), à un effort
de cisaillement qui diminue la viscosité du polymère, de
façon à provoquer une migration de ce dernier, sous la
pression à laquelle il est soumis, le faisant passer à
25 travers les faces (26, 28) de la structure et le faisant
pénétrer à l'intérieur de cette dernière, pour imprégner
ainsi complètement les filaments de la structure (4) avec
le polymère.

10. Article manufacturé comprenant un grand nom-
30 bre de filaments allongés parallèles disposés côte à côte,
formant une structure en forme de bande (24), et un polymère
linéaire à longue chaîne moléculaire, pénétrant de façon
pratiquement complète dans la structure (24) et encapsulant
les filaments de façon pratiquement complète, ce polymère
35 étant appliqué après qu'il a été chauffé pour le rendre

visqueux et qu'il a été soumis à une pression ne dépassant pas notablement environ 70 kPa, par l'application du polymère sur chaque face (26, 28) de la structure, et le déplacement de la structure, comprenant le polymère, à travers un passage (16) qui forme une zone de cisaillement (30) de profondeur réduite, choisie de façon que le mouvement vers l'aval de la structure soumette à un effort de cisaillement une couche limite (64) du polymère située à proximité de la structure, pour réduire ainsi sa viscosité et pour faire pénétrer le polymère dans la structure, sous la pression à laquelle il est soumis, le polymère représentant environ 20% à 50% en masse de la structure (24) imprégnée de polymère.

11. Article manufacturé caractérisé en ce qu'il comprend un grand nombre de filaments allongés parallèles et disposés côte à côte, formant une structure en forme de bande (24), et une résine qui comprend des molécules linéaires ayant des longueurs notablement supérieures à l'écartement entre des filaments adjacents, les molécules de la résine entre des filaments adjacents étant pratiquement parallèles aux filaments, et la résine encapsulant pratiquement la totalité des surfaces extérieures des filaments.

12. Article manufacturé caractérisé en ce qu'il comprend un grand nombre de filaments allongés parallèles et disposés côte à côte, formant une structure en forme de bande (24), et un polymère ayant des molécules relativement longues, qui pénètre de façon pratiquement complète à l'intérieur de la structure, et qui encapsule les filaments de façon pratiquement complète, le polymère étant appliqué à chaque face (26, 28) de la structure après qu'il a été chauffé pour le rendre visqueux, les molécules situées au voisinage des filaments et entre ceux-ci ayant été alignées mécaniquement dans une orientation pratiquement parallèle aux filaments, et une pression ne dépassant pas notablement

environ 70 kPa ayant été appliquée au polymère sur chaque face (26, 28) de la structure pour faire pénétrer de force les molécules alignées entre les filaments et pour les amener en contact intime avec ceux-ci.

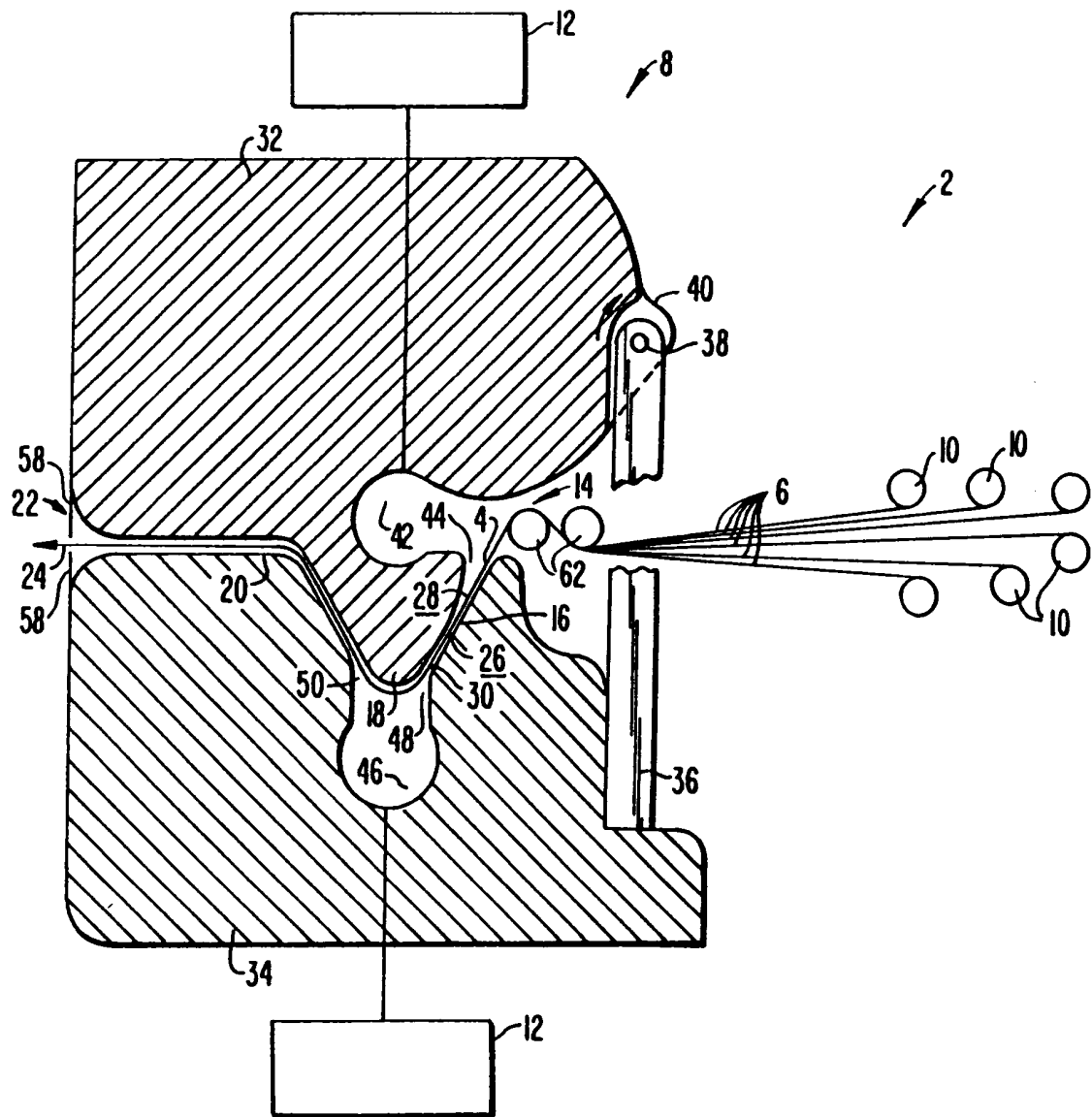


FIG. 1.

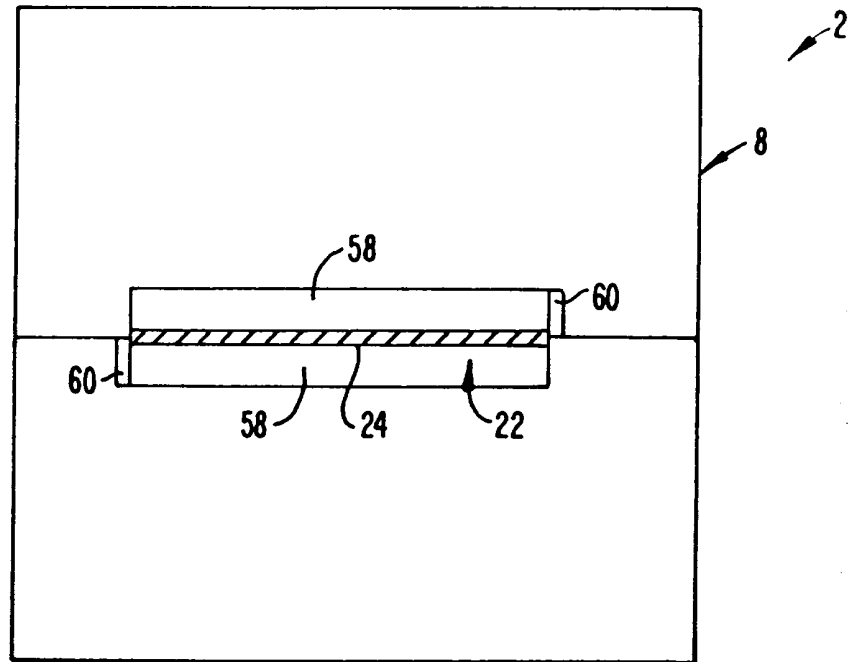


FIG. 2.

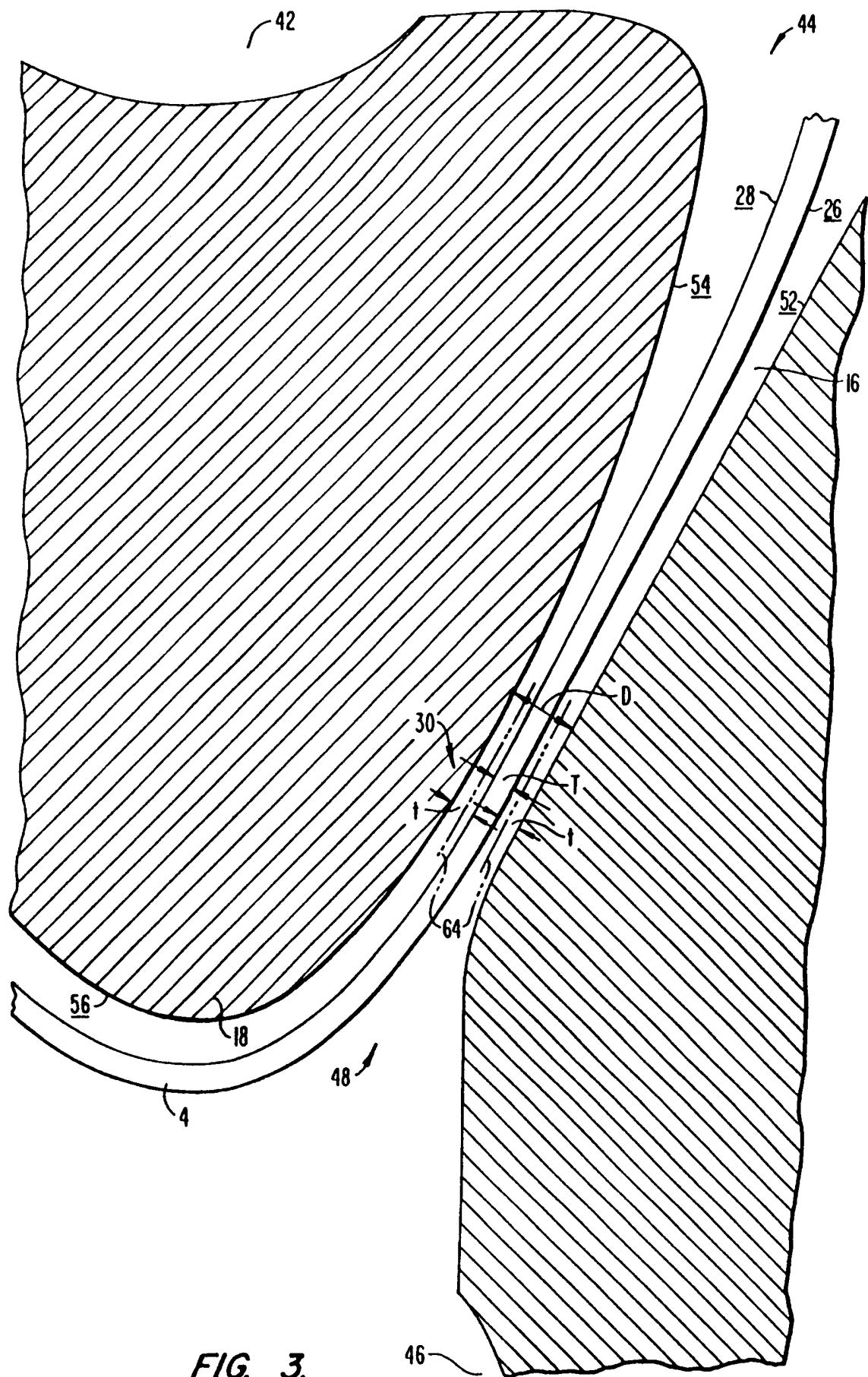


FIG. 3.