(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 558 085**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **84 00747**

(51) Int Cl⁴ : B 22 D 27/02, 11/06.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) Date de dépôt : 18 janvier 1984.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 29 du 19 juillet 1985.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(71) Demandeur(s) : *Société dite : UNION SIDERURGIQUE DU NORD ET DE L'EST DE LA FRANCE, par abréviation « USINOR ».* — FR.

(72) Inventeur(s) : Ali Reza Yavari, Claude Senillou et Jean-Charles Joud.

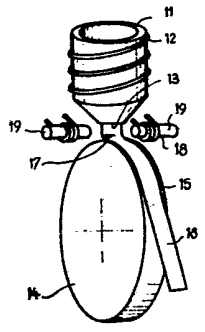
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Lavoix.

(54) Procédé et dispositif pour l'élaboration de rubans métalliques et semi-métalliques de faible épaisseur.

(57) L'invention concerne, notamment, l'élaboration de produits métalliques ou semi-métalliques à structure microcristalline ou amorphe.

Selon ce procédé, on fait s'écouler à partir d'une fente 13 ayant une forme voisine de la section de la lame liquide que l'on veut obtenir, une lame 17 de matériau liquide que l'on stabilise au moyen de champs magnétiques, dans une zone de faible hauteur comprise entre la fente 13 et un substrat 14 sur lequel le ruban se solidifie.



FR 2 558 085 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne les procédés et les dispositifs pour l'élaboration de rubans métalliques ou semi-métalliques de faible épaisseur et notamment de tels rubans ayant une structure microcristalline ou amorphe.

Le procédé le plus simple pour fabriquer de tels rubans métalliques minces consiste à projeter un jet de métal liquide sur un substrat mobile tel que la surface d'un rouleau métallique tournant à une vitesse circonférentielle supérieure à 10 m/seconde.Ce procédé est désigné par l'expression anglaise " melt-spinning ". Un inconvénient essentiel de ce procédé résulte de la chute libre et de la vitesse relativement élevée du jet de métal liquide projeté sur le substrat,d'où il résulte des problèmes de stabilité de forme du jet lors de son impact et de sa solidification sur ce substrat.Il est de plus impossible de produire par ce procédé des rubans de largeur supérieure à 1 cm.

On connaît également un procédé décrit en particulier dans le document FR-A-2 368 324 (77 31 659).Selon ce procédé,on fait couler le métal liquide à travers une fente dont la largeur varie de 0,2 à 1mm et dont la longueur peut être de plusieurs centimètres.Cette fente est placée à une distance du substrat mobile qui est inférieure à 1 mm,et le plus souvent de l'ordre de 0,1 mm ce qui permet de pallier l'inconvénient du premier procédé évoqué ci-dessus puisque le substrat sur lequel le métal se solidifie se trouve à une très faible distance de la fente par laquelle s'écoule le métal liquide.Cependant,ce procédé présente également de graves inconvénients : il nécessite des conditions très particulières et très sévères en ce qui concerne l'usinage et l'état de surface des lèvres délimitant la fente.Ces lèvres sont soumises à une usure importante étant donné l'effet d'entraînement qui s'exerce sur le métal à proximité immédiate de ces lèvres.Par ailleurs,il est également nécessaire que la roue qui constitue le substrat sur lequel se solidifie le métal présente des tolérances de dimensions très serrées pour pouvoir obtenir un ruban d'épaisseur à peu près constante,puisque c'est la distance entre les lèvres et ce

substrat qui détermine en partie l'épaisseur du ruban.

Enfin,le document FR-A-82 06 876 décrit un procédé selon lequel un jet de métal liquide de section circulaire est déformé par application d'un champ magnétique,jusqu'à lui donner la forme d'un ruban ou d'une lame.Cependant,ce procédé nécessite un temps de formage minimal pendant lequel le champ magnétique doit agir sur la section initiale du métal,à l'encontre de la tension superficielle du liquide,pour déformer cette section jusqu'à obtenir la forme finale désirée.Pendant ce temps de formage,le métal liquide est soumis à l'action de la pesanteur et l'on retrouve donc dans ce procédé l'inconvénient essentiel du premier procédé analysé,à savoir qu'au moment de son impact sur le substrat,le métal atteint une vitesse relativement importante susceptible d'engendrer une instabilité de la forme du ruban formé sur le substrat.

Aucun des procédés connus ne permet donc d'obtenir sans placer le creuset à une distance inférieure à 1mm du substrat mobile,un ruban large avec des dimensions régulières.Le but de cette invention est précisément de fournir un procédé et un dispositif originaux permettant l'obtention d'un tel produit tout en en se libérant des contraintes qui,dans le deuxième procédé analysé ci-dessus, concernent la réalisation des lèvres de la fente et l'usure de ces dernières.

A cet effet,l'invention a principalement pour objet un procédé d'élaboration d'un ruban métallique ou semi métallique,du type dans lequel on fait s'écouler à partir d'un réservoir,à travers une fente,un matériau en fusion que l'on dépose et que l'on refroidit sur un substrat mobile,caractérisé en ce qu'on stabilise la forme de la lame de matériau liquide entre sa sortie de la fente et son arrivée sur le substrat,au moyen d'au moins un champ magnétique.

Suivant d'autres caractéristiques :

- la distance entre la sortie de la fente et la surface du substrat est supérieure à la largeur de la fente

et de préférence supérieure à 1 mm.

Cette même distance est,de préférence,inférieure à 15 mm.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé tel que défini ci-dessus, du type comprenant un réservoir contenant un matériau en fusion et délimitant à sa partie inférieure aumoins une fente pour l'écoulement de ce matériau,et un substrat mobile disposé au-dessous de ladite fente,caractérisé en ce qu'il comprend,dans la zone située entre la sortie de la fente et la surface du substrat,des moyens pour engendrer au moins un champ magnétique de stabilisation de la lame du matériau en fusion s'écoulant à partir de la fente.

Suivant d'autres caractéristiques :

- les moyens engendrant les champs magnétiques comprennent au moins deux bobines d'induction coaxiales entourant des noyaux de ferrite ou matériau équivalent,disposées de part et d'autre de la lame de matériau sortant de la busette,l'axe des bobines étant contenu dans le plan de cette lame ;

- les moyens engendrant les champs magnétiques comprennent au moins deux bobines d'induction coaxiales entourant des noyaux de ferrite ou matériau analogues,disposées de part et d'autre de la lame de matériau sortant de la busette,l'axe des bobines étant perpendiculaire au plan de ladite lame ;

- le substrat sur lequel se dépose le matériau comprend deux bandes sans fin comportant deux brins parallèles,en regard,délimitant entre eux un intervalle situé dans l'alignement de la busette et de la lame sortant de cette busette,les deux brins se déplaçant dans la même direction que ladite lame.

L'invention va être décrite ci-dessous en se référant aux dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemples et sur lesquels :

- la Fig.1 est une vue schématique en perspective d'un dispositif selon l'invention ;

- la Fig.2 est une vue partielle en perspective d'une variante ;

- les Fig.3 et 4 sont des vues schématiques de deux autres modes de réalisation.

Sur le schéma de la Fig.1 est représenté un dispositif comprenant un réservoir 11 pouvant contenir un matériau métallique ou semi métallique en fusion.Ce réservoir est entouré par des moyens de chauffage 12,par exemple,à induction.Ce réservoir se termine à sa partie inférieure par au moins une busette ou fente 13 dont la section correspond à la forme de la lame liquide que l'on souhaite obtenir.Dans l'exemple choisi,cette fente peut avoir une forme rectangulaire,avec une largeur de 0,7mm et une longueur de 20mm.

Au-dessous de cette busette et à une distance qui peut être comprise entre 1 et 15 mm et de préférence entre 2 et 10 mm,se trouve une roue 14 pouvant être entraînée en rotation et dont la largeur est supérieure à la longueur de la fente 13.La surface 15 de cette roue constitue un substrat sur lequel la lame de métal va se refroidir très rapidement.Cette surface est prévue de façon à permettre un détachement aisé du ruban solidifié 16.Elle peut être refroidie par tout moyen convenable (non représenté) et entraînée avec une vitesse de rotation telle que sa vitesse tangentielle au point de réception du matériau en fusion peut être de l'ordre de 20 m par seconde.

Dans la zone comprise entre la busette 13 et la roue réceptrice 14,sont disposés des moyens permettant d'engendrer dans cette zone un champ magnétique destiné à stabiliser la forme de la lame 17 de matériau liquide sortant de la busette.Ces moyens comprennent dans l'exemple choisi deux bobines coaxiales 18 en matériau conducteur de l'électricité,par exemple en cuivre,l'axe de ces bobines étant disposé parallèlement à la fente 13,et par conséquent paralléllement à la lame 17.Cet axe est même de préférence contenu dans le plan de cette lame.Les deux bobines peuvent être refroidies,comme cela est connu dans la technique.Un noyau de ferrite ou matériau équivalent 19 qui peut également

être refroidi,est disposé à l'intérieur de chaque bobine coaxialement pour concentrer l'intensité du champ magnétique vers le matériau liquide sortant de la fente.

A titre d'exemple,on peut alimenter les deux bobines par des courants alternatifs en phase ayant une fréquence comprise entre 300 et 3000 KHz,par exemple de l'ordre de 400 KHz,l'intensité du champ produit étant comprise entre 40 et 100 m Tesla.

Dans cet exemple,la largeur du ruban obtenue correspond à celle de la fente soit 20 mm et son épaisseur est d'environ 0,07 mm.

Dans la variante de la Fig.2 on utilise des bobines d'induction 28 et des noyaux de ferrite 29 disposés à l'intérieur de ces bobines.Les bobines sont coaxiales et ont leur axe commun perpendiculaire au plan de la lame 27 sortant de la busette.Les noyaux de ferrite ont en section une forme rectangulaire et ont leurs extrémités disposées à quelques millimètres de la lame de métal liquide. Dans ce cas,les courants alternatifs d'alimentation des bobines sont en opposition de phase.

A titre d'exemple,les deux bobines inductrices peuvent être alimentées en courant alternatif,en opposition de phases avec une fréquence de 500 KHz.L'intensité du champ peut être comprise entre 50 et 100 m Tesla.La fente de la busette peut avoir une longueur de l'ordre de 45 mm et une largeur de 0,7 mm.La distance entre la sortie de la busette et le substrat peut être de l'ordre de 10 mm. Dans ce cas, en supposant que la vitesse de ce substrat,suivant une direction perpendiculaire à la direction d'arrivée de la lame liquide est de 15 m par seconde,on obtient un ruban de largeur 45 mm et d'épaisseur de l'ordre de 0,1 mm.

Dans le mode de réalisation de la Fig.3,on retrouve un réservoir ou creuset 31 se terminant à sa partie inférieure par une busette 33 délimitant une fente de section convenable.

Le substrat sur lequel le métal est déposé et se solidifie est ici constitué par une bande sans fin 34

passant sur deux rouleaux 35 dont l'un au moins est moteur. Comme précédemment,cette bande sans fin peut être refroidie par des moyens convenables non représentés.

Le dispositif magnétique permettant de stabiliser la forme de la lame 37 de matériau liquide comprend deux inducteurs 38 disposés de part et d'autre de la lame et parallèlement à cette dernière.On peut également prévoir deux autres inducteurs 39 disposés parallèlement aux deux premiers mais de l'autre côté de la bande constituant le substrat.Les inducteurs sont de préférence refroidis.

On peut également utiliser dans ce mode de réalisation de la Fig.3 des inducteurs tels que représentés sur la Fig. 1 ou sur la Fig.2.

Le mode de réalisation de la Fig.4 comprend un réservoir ou creuset 41 entouré d'un dispositif de chauffage à induction 42 et se terminant à sa partie inférieure par une busette 43 délimitant une fente de forme par exemple rectangulaire,comme dans les exemples précédents.

Le dispositif magnétique permettant de stabiliser la forme de la lame liquide sortant de ce réservoir peut être telle que décrit ci-dessus et représenté sur la Fig.2. L'originalité essentielle de ce troisième mode de réalisation concerne le substrat de refroidissement.Ce dernier est ici réalisé sous la forme de deux bandes transporteuses 44 passant sur des rouleaux moteurs $45^{\underline{a}}$ et sur des rouleaux de renvoi $45^{\underline{b}}$ et $45^{\underline{c}}$.Ces deux bandes comportent deux brins verticaux $44^{\underline{a}}$ compris ici entre les rouleaux de renvoi $45^{\underline{b}}$,$45^{\underline{c}}$ et qui sont disposés face à face,dans le prolongement de la fente de la busette 3.Ces deux brins sont donc parallèles à la lame liquide 47 sortant de la busette et se déplacent dans la même direction que cette lame.Cette dernière est ainsi reçue entre les deux bandes réceptrices en étant maintenue efficacement et le ruban solidifié 46 est aisément extrait à la partie inférieure du dispositif.Bien entendu,les bandes transporteuses faisant office de substrat de refroidissement peuvent être

refroidies par des moyens convenables non représentés.

Dans ce mode de réalisation le ruban peut avoir une stabilité dimensionnelle améliorée,compte tenu du guidage entre les deux bandes adjacentes 44^{a}.

Le procédé et le dispositif proposés répondent bien aux objectifs recherchés:

- les lèvres de la busette à partir de laquelle s'écoule le matériau liquide ne sont pas soumises aux mêmes contraintes que dans le procédé dans lequel le substrat de refroidissement se trouve très proche de la sortie de la fente, de sorte que dans le dispositif suivant l'invention,la busette peut être réalisée de façon plus simple et moins coûteuse.De plus,elle a une durée de vie bien supérieure car elle est soumise à une érosion bien plus faible.Les risques d'obturation de cette busette sont également sensiblement réduits ;

- par ailleurs,la stabilité dimensionnelle de la lame liquide est assurée de façon efficace,ce qui permet d'obtenir un ruban de dimension régulière,tant en épaisseur qu'en largeur ;

- ce résultat est obtenu par des moyens relativement simples et en maintenant la distance entre la sortie de la busette et le substrat récepteur à une valeur suffisamment faible pour que la lame liquide parvienne sur la surface de refroidissement avec une vitesse faible et en tout étatde cause suffisamment faible pour ne pas engendrer de perturbation;

- le procédé suivant l'invention permet également d'obtenir des rubans métalliques minces présentant une largeur de plusieurs centimètres et ce de façon stable et régulière

- REVENDICATIONS -

1 - Procédé d'élaboration d'un ruban métallique ou semi-métallique,du type dans lequel on fait s'écouler à partir d'un réservoir (11 ; 21; 31; 41), à travers une fente (12 ; 22; 32; 42) un matériau en fusion que l'on dépose et que l'on refroidit sur un substrat mobile (14 ; 34; 44), caractérisé en ce qu'on stabilise la forme de la lame (17; 27; 37; 47) de matériau liquide entre sa sortie de la fente et son arrivée sur le substrat,au moyen d'au moins un champ magnétique.

2 - Procédé suivant la revendication 1,caractérisé en ce que la distance entre la sortie de la fente (13 ; 23; 33; 43) et la surface du substrat (14 ; 34; 44) est supérieure à la largeur de la fente et de préférence supérieure à 1 mm.

3 - Procédé suivant la revendication 2,caractérisé en ce que ladite distance est inférieure à 15 mm et de préférence comprise entre 2 et 10 mm.

4 - Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3,du type comprenant un réservoir (11; 21; 31; 41) contenant un matériau en fusion et délimitant à sa partie inférieure au moins une fente (13; 23; 33;43) pour l'écoulement de ce matériau,et un substrat mobile (14; 34;44) disposé au-dessous de ladite fente,caractérisé en ce qu'il comprend,dans la zone située entre la sortie de la fente et la surface du substrat ,des moyens (18,19 ; 28,29 ; 38, 39; 48,49) adaptés pour engendrer au moins un champ magnétique de stabilisation de la lame (17; 27; 37 ; 47) de matériau en fusion s'écoulant à partir de la fente.

5 - Dispositif suivant la revendication 4,caractérisé en ce que la distance entre la sortie de la fente (13 ; 23; 33; 43) et la surface du substrat (14 ; 34 ; 44) est supérieure à la largeur de la fente et de préférence supérieure à 1 mm.

6 - Dispositif suivant la revendication 5,caractérisé en ce que ladite distance est inférieure à 15 mm et de préférence comprise entre 2 et 10 mm.

7 - Dispositif suivant la revendication 4,caractérisé en ce que les moyens engendrant les champs magnétiques comprennent au moins deux bobines d'induction coaxiales (18) entourant des noyaux (19) de ferrite ou matériau équivalent,disposées de part et d'autre de la lame (17) de matériau sortant de la busette,l'axe des bobines étant contenu dans le plan de cette lame.

8 - Dispositif suivant la revendication 7,caractérisé en ce que les bobines (18) sont alimentées en phase par un courant alternatif à haute fréquence comprise entre 300 et 3.000 KHz environ.

9 - Dispositif suivant la revendication 4,caractérisé en ce que les moyens engendrant les champs magnétiques comprennent au moins deux bobines d'induction coaxiales (28) entourant des noyaux (29) de ferrite ou matériau analogues,disposées de part et d'autre de la lame (27) de matériau sortant de la busette,l'axe des bobines étant perpendiculaire au plan de ladite lame.

10 - Dispositif suivant la revendication 9,caractérisé en ce que les noyaux (29) de ferrite ou matériau analogue ont une section au moins à peu près rectangulaire et s'étendant sur à peu près toute la largeur de ladite lame (27).

11 - Dispositif suivant la revendication 9,caractérisé en ce que les bobines (28) sont alimentées en opposition de phase par un courant alternatif à haute fréquence,comprise entre 300 et 3.000KHz environ.

12 - Dispositif suivant la revendication 4,caractérisé en ce que les moyens engendrant les champs magnétiques comprennent au moins deux inducteurs (38) parallèles, disposés de part et d'autre de la lame (37) de matériau sortant de la busette (33) et parallèlement à cette lame.

13 - Dispositif suivant la revendication 4,caractérisé en ce que l'intensité du champ magnétique est comprise entre 40 et 100 m.Tesla environ.

14 - Dispositif suivant la revendication 4,caractérisé en ce que le substrat sur lequel se dépose le matériau comprend deux bandes sans fin (44) comportant deux brins (44^{a}) parallèles,en regard,délimitant entre eux un intervalle situé dans l'alignement de la busette (43) et de la lame (47) sortant de cette busette,les deux brins (44a) se déplaçant dans la même direction que ladite lame.

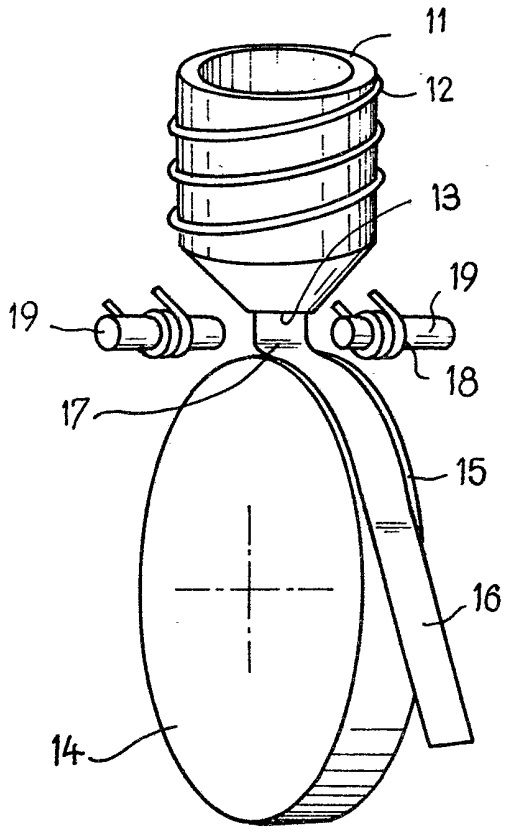


FIG. 1

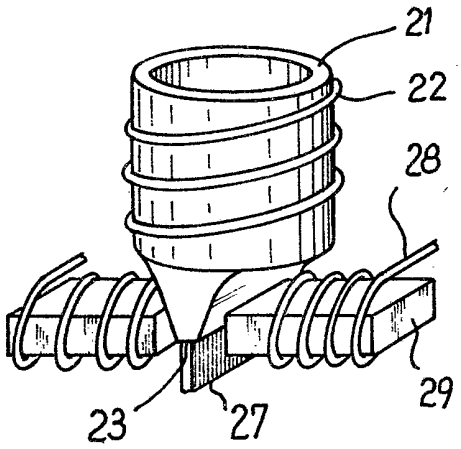


FIG. 2

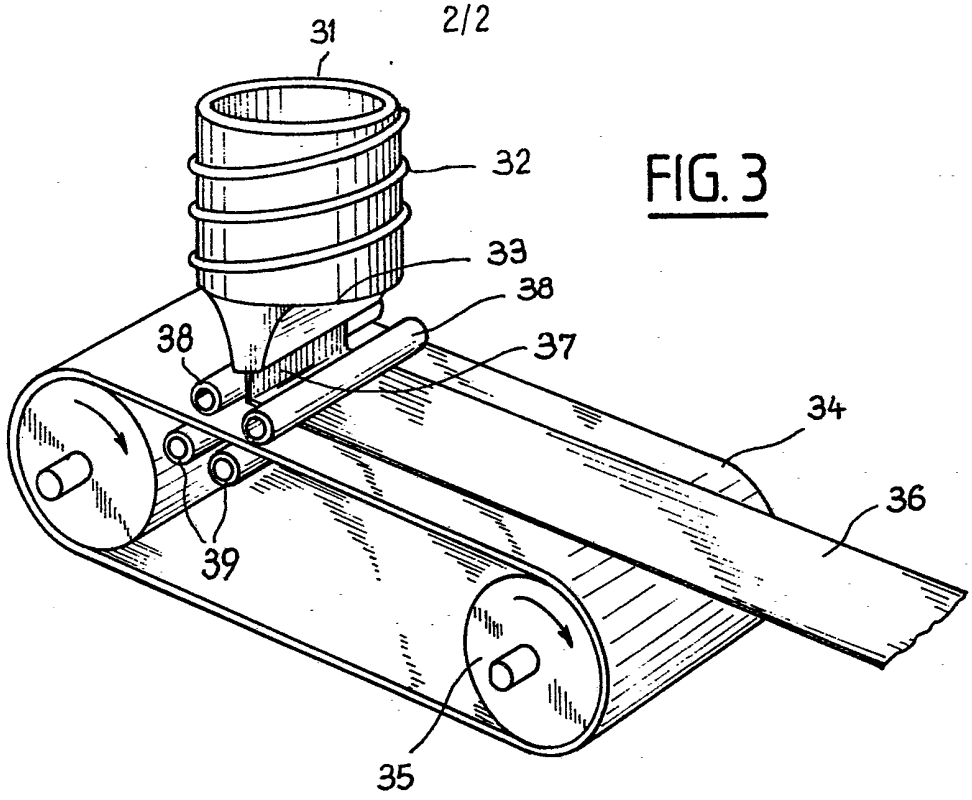

31
32
33
38
38
37
34
36
39
35

FIG. 3

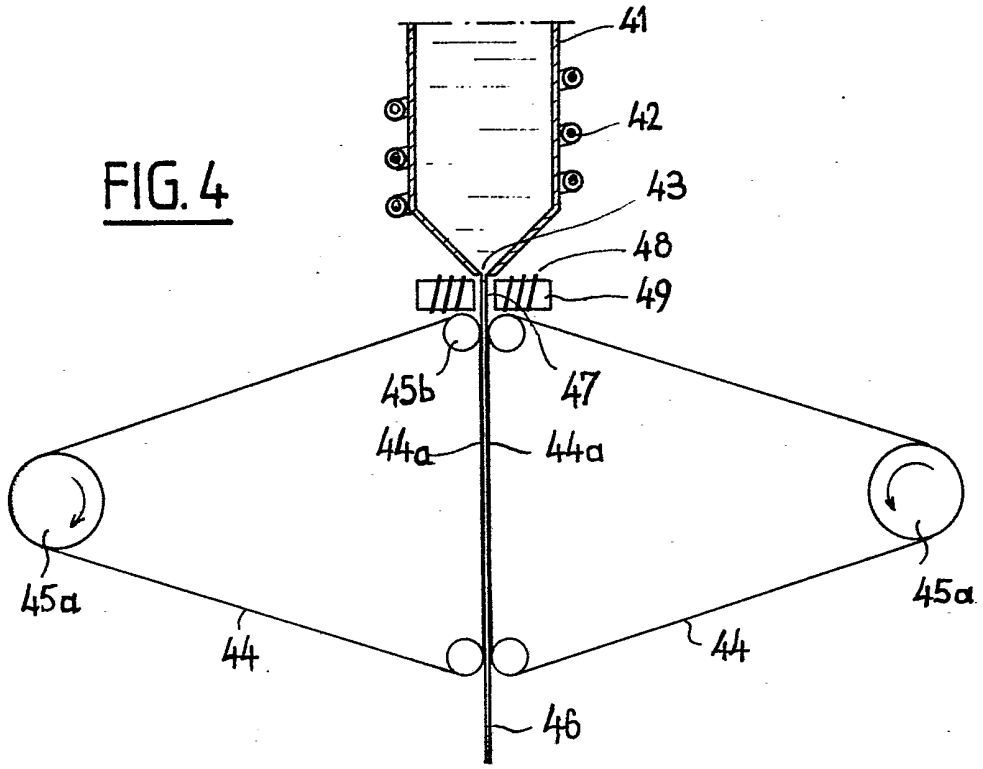

41
42
43
48
49
45b
47
44a
44a
45a
45a
44
44
46

FIG. 4