



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑲ Numéro de dépôt : **92470007.3**

⑤① Int. Cl.⁵ : **B22D 11/00**

⑳ Date de dépôt : **20.02.92**

③① Priorité : **05.03.91 FR 9102781**

⑦② Inventeur : **Huin, Didier**
14, rue Pierre Chalnot
F-5400 Nancy (FR)

④③ Date de publication de la demande :
09.09.92 Bulletin 92/37

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES GB GR IT LI LU NL PT SE

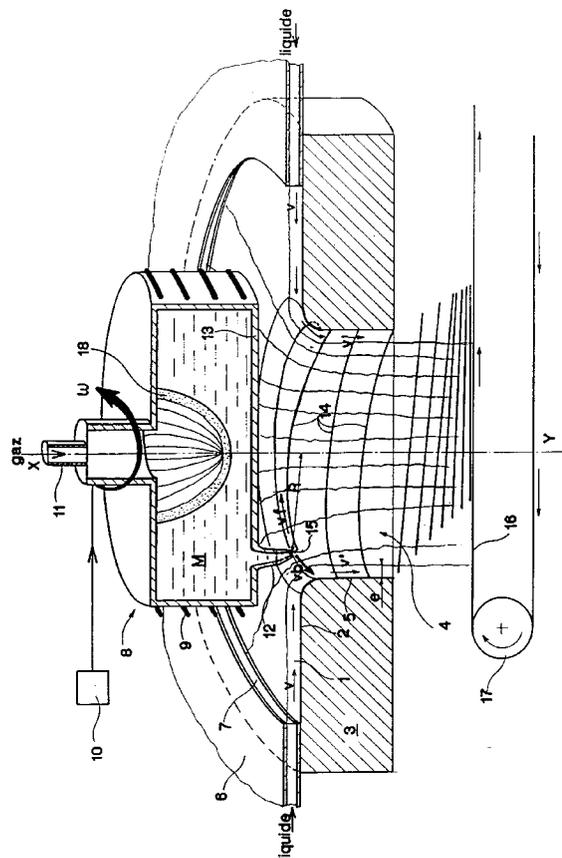
⑦④ Mandataire : **Ventavoli, Roger**
TECHMETAL PROMOTION Domaine de
l'IRSID Voie romaine BP 321
F-57213 Maizières-lès-Metz Cédex (FR)

⑦① Demandeur : **UNIMETAL, Société Anonyme**
47 Rue Haute-Seille, B.P. 4019
F-57040 Metz Cédex 1 (FR)

⑤④ **Procédé et dispositif de coulée continue de fil métallique de faible diamètre directement à partir de métal liquide.**

⑤⑦ L'invention a pour objet un procédé de coulée continue de fil métallique fin dans lequel un jet de métal liquide (15) sortant de la busette d'un réservoir (8) est trempé et solidifié dans une couche de liquide refroidissant (1), caractérisé en ce que ledit liquide (1) ruisselle sur une surface fixe (3) cylindrique ou légèrement tronconique d'axe sensiblement vertical, en ce qu'on imprime au réservoir (8) un mouvement de rotation autour de l'axe de ladite surface de manière à faire se déplacer l'extrémité de la busette sur une trajectoire circulaire concentrique à ladite surface, et en ce que le jet de métal (15) est éjecté de la busette selon une direction opposée à la direction de déplacement de la busette.

L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre de ce procédé.



L'invention concerne la fabrication de fils métalliques de faible diamètre par trempe d'un jet de métal liquide dans une couche de liquide refroidissant.

Les dernières années ont vu le développement d'un procédé de coulée permettant d'obtenir, directement à partir de métal liquide, des filaments métalliques de longueur indéfinie, de section substantiellement circulaire et de diamètre très faible, pouvant descendre jusqu'à 80 µm environ, et auxquels on peut conférer une structure amorphe, si la composition du métal s'y prête et si les conditions de refroidissement du métal liquide sont suffisamment violentes (au moins 10⁴°C/s). Ce procédé est décrit notamment dans le Brevet Européen EP 39169. Il consiste à former un jet de métal à partir d'un réservoir de métal liquide muni de moyens de chauffage et d'une busette de sortie dont le diamètre est égal ou légèrement supérieur au diamètre du filament désiré. Ce jet de métal pénètre ensuite dans une couche de liquide refroidissant, tel que de l'eau ou une solution aqueuse d'un sel, qui assure la solidification du jet en un fil métallique. Cette couche de liquide est en mouvement dans une direction transversale à celle du jet de métal et s'écoule sur une surface solide elle-même en mouvement qui entraîne le liquide, et peut être constituée par l'intérieur d'un tambour en rotation autour d'un axe horizontal (Brevet Européen EP 39169 déjà cité) ou par une portion horizontale ou concave d'une courroie rainurée en défilement formant une boucle (Brevet Européen EP 89134). Le fil est entraîné dans le liquide refroidissant, qui se déplace de préférence laminairement à une vitesse sensiblement égale ou légèrement supérieure à la vitesse d'éjection du jet de métal liquide hors du réservoir (de l'ordre de 5 à 15m/s). Au fur et à mesure de sa coulée, le fil s'enroule dans le tambour sous l'effet de la force centrifuge, ou est sorti en continu du milieu refroidissant par des moyens appropriés pour être capté et éventuellement bobiné à l'extérieur de la machine de coulée.

Grâce à la vitesse de refroidissement élevée qu'il peut procurer, ce procédé permet, si le métal est amorphisable, d'obtenir des fils amorphes de dimension uniforme présentant, entre autres propriétés, une résistance à la traction très élevée. On peut ainsi couler des fils amorphes en alliages à base de divers métaux tels que le fer, le cuivre, le cobalt, l'or, l'aluminium, etc...

Les inconvénients des dispositifs mettant en oeuvre ce procédé sont cependant nombreux. Les tambours à axe de rotation horizontale ne permettent pas, dans leurs versions les plus simples, de récupérer le fil d'une manière continue et de l'entraîner à l'extérieur de l'installation, et se donner cette possibilité conduit à compliquer très sensiblement la construction de l'installation. Dans tous les cas, la taille du réservoir demeure limitée, car celui-ci doit s'inscrire à l'intérieur du tambour. Sauf à augmenter exagérément le dia-

mètre du tambour, ce qui rend difficile l'entraînement du liquide refroidissant sous l'effet de la force centrifuge, il n'est donc guère possible de traiter en une seule fois des quantités de métal dépassant quelques kg. Quant aux installations utilisant des courroies rainurées, elles autorisent l'utilisation de réservoirs de métal liquide de forte capacité, mais sont très encombrantes. En effet le liquide refroidissant doit généralement parcourir plusieurs mètres sur la bande après son dépôt avant que sa turbulence ne soit suffisamment dissipée pour autoriser une solidification régulière du métal.

Une variante de ce procédé, présentée dans la Demande de Brevet japonais JP 60250859, consiste à placer le liquide refroidissant dans un bac fixe, à disposer le réservoir de métal liquide au-dessus de ce bac, à orienter la busette de sortie du jet de métal liquide de manière à ce que ce dernier pénètre dans le liquide refroidissant selon un angle inférieur ou égal à 30° par rapport à sa surface, et à imprimer au réservoir un mouvement de rotation autour d'un axe vertical ne passant pas par la busette de sortie. Celle-ci décrit ainsi une trajectoire circulaire au-dessus du bac, et le fil solidifié se dépose au fond du bac sous forme de spires superposées. Il n'est cependant pas possible de récupérer le fil de manière continue.

Le but de l'invention est de proposer un procédé de coulée de fil autorisant une collecte du fil en continu et ne limitant pas à une valeur trop faible la quantité de métal qu'il est possible de traiter en une seule fois, ainsi qu'un dispositif de conception simple pour sa mise en oeuvre.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de coulée continue de fil métallique fin dans lequel un jet de métal liquide sortant de la busette d'un réservoir est trempé et solidifié dans une couche de liquide refroidissant, caractérisé en ce que ledit fluide ruisselle sur une surface fixe cylindrique ou légèrement tronconique d'axe sensiblement vertical, en ce qu'on imprime au réservoir un mouvement de rotation autour de l'axe de ladite surface de manière à faire se déplacer l'extrémité de la busette sur une trajectoire circulaire concentrique à ladite surface, et en ce que le jet de métal est éjecté de la busette selon une direction faisant un angle droit ou obtus avec la tangente de la trajectoire circulaire.

L'invention a également pour objet un dispositif de coulée continue de fil métallique fin comportant un réservoir contenant un métal liquide muni d'une busette, par laquelle s'écoule un jet dudit métal liquide, orientée en direction d'une couche de liquide refroidissant dans laquelle ledit jet est trempé et solidifié sous forme d'un fil, caractérisé en ce qu'il comprend une surface fixe cylindrique ou légèrement tronconique d'axe sensiblement vertical sur laquelle ruisselle ladite couche de liquide refroidissant, des moyens pour imprimer audit réservoir un mouvement de rotation autour de l'axe de ladite surface, et des

moyens pour recueillir ledit fil au fur et à mesure de sa formation, placés en dessous de ladite surface.

Comme on l'aura compris, l'invention consiste à réaliser la solidification du jet de métal liquide dans un film de liquide refroidissant ruisselant librement sur une surface cylindrique ou légèrement tronconique. Le fil ainsi solidifié descend progressivement le long de cette surface sous forme de spires, et, en dessous de la surface, est saisi par un dispositif permettant de l'évacuer.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, faisant référence à la figure unique annexée, montrant l'installation vue en coupe frontale et en perspective.

Dans l'installation de coulée de fil telle que représentée sur la figure unique, le milieu refroidissant dans lequel s'effectuent la trempe et la solidification du métal liquide M est constitué par une couche de liquide 1 ruisselant à une vitesse v sur la surface supérieure 2 plane et horizontale d'un support fixe 3. Ce support présente une forme générale quelconque, par exemple cylindrique comme représenté. Sa caractéristique essentielle est de posséder, dans sa partie centrale, un évidement 4 le traversant de part en part, et réalisé de manière que la surface 5 du support 3 délimitant cet évidement soit cylindrique, d'axe X-Y vertical. Le liquide 1 ruisselle depuis la surface supérieure 2 du support jusque sur la surface cylindrique 5 et forme ainsi une couche d'épaisseur e s'écoulant à une vitesse v' . La jonction entre la surface supérieure 2 du support et la surface cylindrique 5 de l'évidement s'effectue de préférence sans angle vif, afin de minimiser les perturbations apportées à l'écoulement du liquide 1 par la rupture de pente. Le liquide 1 est amené sur le support 3 par des moyens tels qu'une virole 6 creuse reliée à une alimentation en liquide non représentée. Cette virole possède un orifice 7 par lequel s'écoule le liquide. Cet orifice décrit un cercle sensiblement concentrique à l'évidement 4. Ses dimensions ainsi que le débit du liquide sont calculés de manière à former une couche de liquide 1 d'épaisseur régulière e de l'ordre de 1 cm, et avec un écoulement à vitesse v' relativement faible dans l'évidement 4 pour éviter que ne s'établissent des turbulences trop importantes à l'intérieur de la couche 1.

Au-dessus de l'évidement 4 est disposé un réservoir 8 contenant le métal liquide M. Ce réservoir présente une symétrie de révolution par rapport à l'axe XY, et peut par exemple avoir une forme générale cylindrique comme représenté. Il est revêtu intérieurement d'une couche de réfractaire peu réactif vis-à-vis du métal M, ou est lui-même entièrement en ce réfractaire. Il est équipé de moyens de chauffage, tels qu'une bobine d'induction 9, dont l'alimentation électrique n'est pas représentée. Ces moyens de chauffage permettent de maintenir au niveau désiré la température du métal liquide M qui a été préalable-

ment introduit dans le réservoir, ou même également d'assurer eux-mêmes la fusion de morceaux de ce métal. Le réservoir 8 comporte également des moyens 10 pour sa mise en rotation autour de l'axe X-Y à une vitesse angulaire ω , et des moyens 11 d'introduction d'un gaz neutre en son intérieur. Ce gaz permet de protéger le métal liquide M contre l'oxydation atmosphérique. Il permet également de mettre le réservoir sous pression de manière à favoriser l'éjection du métal liquide et à réguler son débit de sortie indépendamment de la quantité de métal qui subsiste à l'intérieur du réservoir 8. Cette sortie du métal liquide du réservoir 8 s'effectue par une busette 12 placée dans le fond 13 du réservoir. Cette busette 12 doit remplir les conditions suivantes :

- son diamètre terminal est égal ou très légèrement supérieur au diamètre désiré pour le fil 14, soit de l'ordre de 80 à 200 μm , afin de former un jet de métal liquide 15 cohérent possédant ce diamètre ;
- elle doit orienter le jet de métal liquide vers la couche de liquide refroidissant 1 ruisselant sur la surface cylindrique 5, et dans une direction opposée à la direction de déplacement de la busette ; par exemple, si, comme représenté sur la figure, la rotation du réservoir s'effectue dans le sens antihoraire, l'extrémité de la busette 12 doit être orientée vers l'arrière du plan de coupe ;
- son extrémité doit être située à une très faible distance (de l'ordre de 1 à quelques mm) de la surface de la couche de liquide refroidissant 1, pour assurer une bonne cohérence du jet de métal 15 au moment de sa pénétration dans le liquide.

Habituellement, dans les installations de coulée directe de fil le liquide refroidissant est mis en mouvement, alors que le réservoir est fixe, mais on fait en sorte que la vitesse V_f du jet de métal liquide, qui est aussi la vitesse du fil solidifié, et la vitesse V_l du liquide soient égales, ou que V_l soit légèrement supérieure à V_f , dans un rapport ne dépassant pas 1,3 à 1,5. Si V_f est supérieure à V_l , le jet et le fil ne sont pas entraînés par le liquide, et il se produit un effet d'accumulation qui aboutit à une épaisseur du fil irrégulière. Si, au contraire V_l est très supérieure à V_f l'effet d'entraînement du jet est trop important et conduit à sa rupture périodique, ce qui rend impossible l'obtention d'un fil continu de grande longueur. Dans l'installation selon l'invention, on peut négliger la vitesse de chute v' de la couche de liquide refroidissant 1 et admettre que celle-ci est fixe. Le rapport des vitesses à prendre en considération pour le réglage de l'installation est donc le rapport entre la vitesse du jet de métal 15 et du fil 14, et la vitesse linéaire V_b de l'extrémité de la busette 12, égale à ωR si R est la distance entre l'extrémité de la busette 12 et l'axe XY de rotation du réservoir 8. Ces vitesses sont, par exemple, de l'ordre de 5 à 15 m/s, comme sur les installations

classiques, et doivent être suffisantes pour garantir une vitesse de solidification élevée, surtout si on recherche la formation d'un fil amorphe. Leur rapport $\frac{V_b}{V_f}$ est aussi dans les limites de 1 à 1,5. La direction de pénétration du jet 15 dans le liquide refroidissant 1 doit également être optimisée, comme sur les installations classiques, où l'inclinaison du jet par rapport à la surface du liquide est très variable. Dans cette optimisation, on pourra être amené à tenir compte de la vitesse de chute v' de la couche de liquide refroidissant 1.

Pour constituer cette couche 1, tout liquide connu pour ses capacités refroidissantes peut être utilisé, par exemple l'eau, les solutions aqueuses salines, ou les gaz liquéfiés.

Sous l'effet de la force centrifuge et de la direction imposée initialement au jet de métal 15, le fil solidifié 14 vient se plaquer contre la surface cylindrique 5. Sous l'effet de son poids et de la poussée qu'exerce sur lui la couche descendante de liquide refroidissant 1, le fil descend progressivement le long de la surface 5 et forme ainsi des spires. En dessous du support 3, ces spires tombent les unes sur les autres et se déposent sur une bande transporteuse 16 mue par des moyens symbolisés par une poulie 17 et qui évacue les spires de fil au fur et à mesure de leur formation. L'installation peut également comprendre des moyens (non représentés) de collecte du fluide de refroidissement usé et de renvoi de ce liquide dans le circuit d'alimentation de l'installation.

Par rapport à la solution habituelle consistant à utiliser un réservoir fixe et une couche de liquide déposée sur une surface mobile, un avantage de l'invention est de provoquer une centrifugation du métal M à l'intérieur du réservoir. Cette centrifugation accentue la séparation entre le métal et les inclusions non-métalliques qu'il contient inévitablement, et qui en fin de compte remontent à la surface du métal M pour former une couche de laitier 18. On augmente ainsi la qualité du fil, tout en diminuant les risques de bouchage de la busette 12 par les inclusions. Un autre avantage de cette installation est que le réservoir de métal 8 n'est pas limité en taille dans le sens de la hauteur. Il est donc possible de traiter en une seule fois une quantité de métal aussi importante qu'on le désire, à condition de prévoir des moyens d'entraînement en rotation du réservoir d'une puissance adaptée. Enfin, le fil solidifié quitte de lui-même la zone de solidification sous forme de spires, et son évacuation et son bobinage ne nécessitent pas d'installation complexe. A cet effet, au lieu d'une bande transporteuse, on peut prévoir un plateau descendant progressivement, ou tout autre moyen permettant de capter l'extrémité du fil et de bobiner celui-ci sur un mandrin.

En variante, la surface 5 de l'évidement peut ne pas être rigoureusement cylindrique, mais légè-

ment tronconique. Une telle forme permet un meilleur guidage et une meilleure formation des spires, et permet de diminuer la vitesse v' de la couche de liquide 1, pour une vitesse v égale à la sortie de la virole. On se rapproche ainsi davantage des conditions de solidification du fil dans les installations de type classique. De plus, la distance entre la busette 12 et la surface de la couche de liquide 1 peut être réglée par simple translation verticale du réservoir 8. La conicité de la surface 5 ne doit cependant pas être importante au point de gêner la descente des spires de fil qui pourraient se retrouver bloquées à l'intérieur de l'évidement, ce qui obligerait d'interrompre la coulée.

De même, on peut prévoir d'alimenter le réservoir 8 de métal en continu, soit par du métal déjà liquide, soit par du métal solide divisé suffisamment finement pour que sa fusion complète intervienne avant qu'il ne parvienne à la busette 12. On peut ainsi reculer encore la limite de la quantité de fil que l'on peut couler en une seule opération. On peut aussi équiper le réservoir 8 de plusieurs busettes voisines pour couler des fils multi-brins, de manière analogue à ce qui est exposé dans le document JP 63273554. On peut enfin, de manière connue, éloigner l'extrémité de la busette 12 de la couche de liquide 1 de davantage que quelques mm, s'il est possible de maintenir artificiellement la cohérence du jet de métal 15. Ce peut être fait en créant à la surface du jet, de manière connue, une pellicule d'oxydes, grâce à l'oxydation limitée d'un des composants du métal par l'air ou par une atmosphère oxydante appropriée, comme exposé par exemple dans le document EP 360104.

L'invention s'applique à la coulée de fils métalliques de faible diamètre, par exemple en acier, et permet d'obtenir des fils de structure amorphe si les conditions de solidification sont suffisamment violentes et si la composition du métal coulé s'y prête.

40 Revendications

1) Procédé de coulée continue de fil métallique fin dans lequel un jet de métal liquide sortant de la busette d'un réservoir est trempé et solidifié dans une couche de liquide refroidissant, caractérisé en ce que ledit liquide ruisselle sur une surface fixe cylindrique ou légèrement tronconique d'axe sensiblement vertical, en ce qu'on imprime au réservoir un mouvement de rotation autour de l'axe de ladite surface de manière à faire se déplacer l'extrémité de la busette sur une trajectoire circulaire concentrique à ladite surface, et en ce que le jet de métal est éjecté de la busette selon une direction opposée à la direction de déplacement de la busette.

2) Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse linéaire de déplacement V_b de l'extrémité de la busette et la vitesse du jet de métal

sortant de la busette sont dans un rapport $\frac{V_b}{V_f}$ compris entre 1 et 1,5 environ.

3) Dispositif de coulée continue de fil métallique fin comportant un réservoir (8) contenant un métal liquide (M) muni d'une busette (12) par laquelle s'écoule un jet (15) dudit métal liquide (M) orienté en direction d'une couche de liquide refroidissant (1) dans laquelle ledit jet (15) est trempé et solidifié sous forme d'un fil (14), caractérisé en ce qu'il comprend une surface (5) fixe cylindrique ou légèrement tronconique d'axe (X-Y) sensiblement vertical sur laquelle ruisselle ladite couche (1) de liquide refroidissant, des moyens (10) pour imprimer audit réservoir (8) un mouvement de rotation autour de l'axe (XY) de ladite surface, et de moyens pour recueillir ledit fil (14) au fur et à mesure de sa formation, placés en dessous de ladite surface (5).

4) Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens pour recueillir le fil métallique (14) sont constitués par un plateau descendant progressivement.

5) Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens pour recueillir le fil métallique sont constitués par une bande transporteuse (16).

30

35

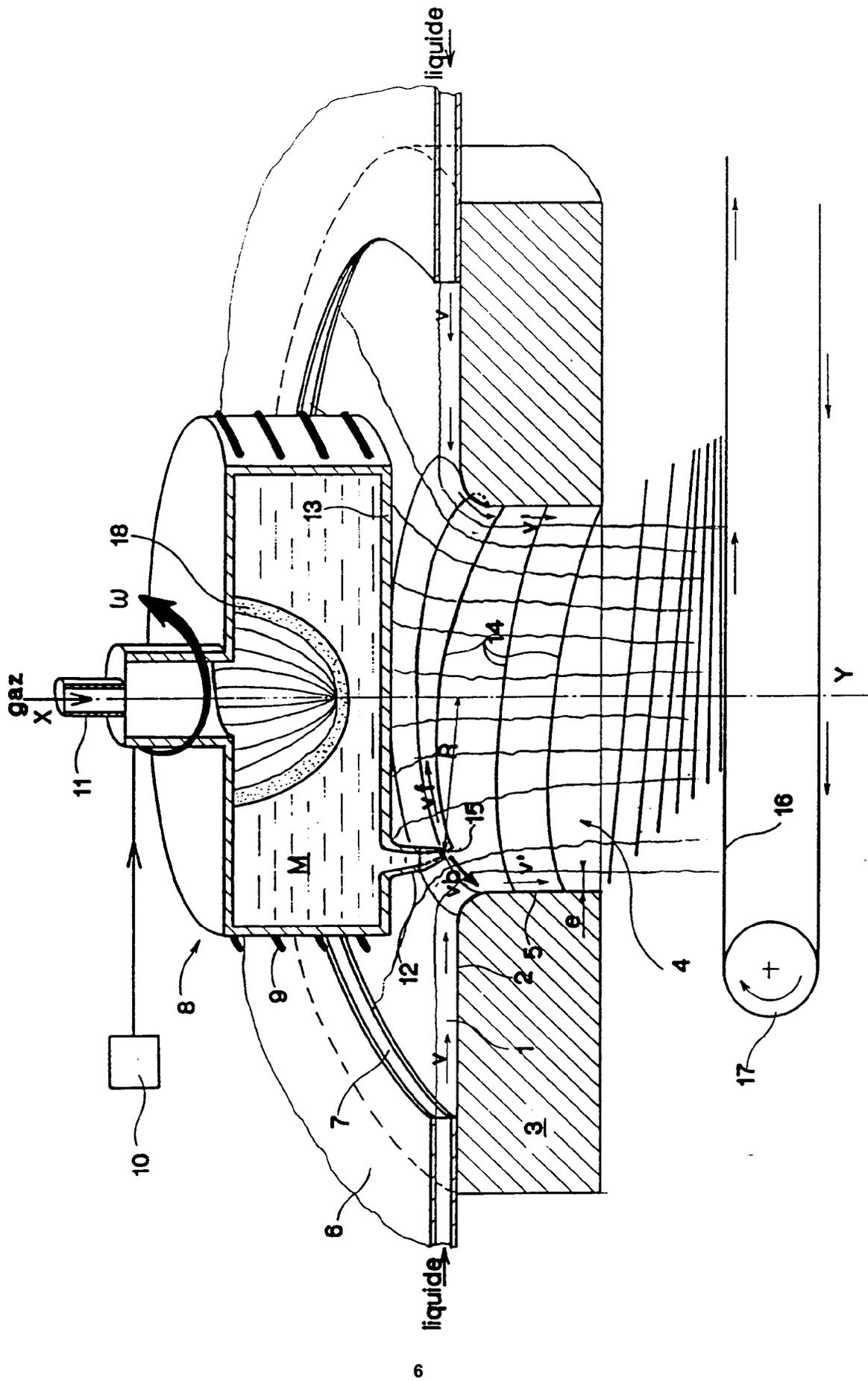
40

45

50

55

5





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 47 0007

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
D,A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 10, no. 122 (M-476)(2179) 7 Ma 1986 & JP-A-60 250 859 (SUMITOMO DENKI KOGYO K. K.) 11 Décembre 1985 * abrégé *	1,3	B22D11/00
D,A	--- EP-A-0 360 104 (MICHELIN&CIE) * revendication 1; figure 3 *	1,3	
D,A	--- EP-A-0 039 169 (UNITIKA LTD) * revendication 8; figure 3 *	1,3	
A	--- EP-A-0 227 837 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD) * revendication 3 *	5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			B22D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 15 JUIN 1992	Examineur HODIAMONT S.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)