



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 457 581 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.09.2004 Bulletin 2004/38

(51) Int Cl.7: **C23C 2/20**

(21) Numéro de dépôt: **04447055.7**

(22) Date de dépôt: **05.03.2004**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL HR LT LV MK

(72) Inventeurs:
• **Klinkenberg, Philippe**
4360 Oreya (BE)
• **Winand, Stéphane**
6800 Libramont (BE)
• **Crahay, Jean**
4970 Francorchamps (BE)

(30) Priorité: **12.03.2003 BE 200300153**

(71) Demandeur: **CENTRE DE RECHERCHES
METALLURGIQUES asbl - CENTRUM VOOR
RESEARCH IN DE METALLURGIE vzw
B-1200 BRUXELLES (BE)**

(74) Mandataire: **Van Malderen, Joelle et al**
Office Van Malderen,
Boulevard de la Sauvenière, 85/043
4000 Liège (BE)

(54) **Contrôle de l'épaisseur d'une couche liquide à la surface d'un objet allongé émergeant d'un bain**

(57) La présente invention se rapporte à un procédé de contrôle de l'épaisseur (6, 9) d'une couche liquide entraînée à la surface d'un objet allongé (1), de préférence une bande ou un fil métallique, émergeant d'un

bain (2) vers le haut, caractérisé en ce qu'il comprend à la sortie du bain une opération d'essorage au moyen de lames de liquide sous pression (8, 8').

L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

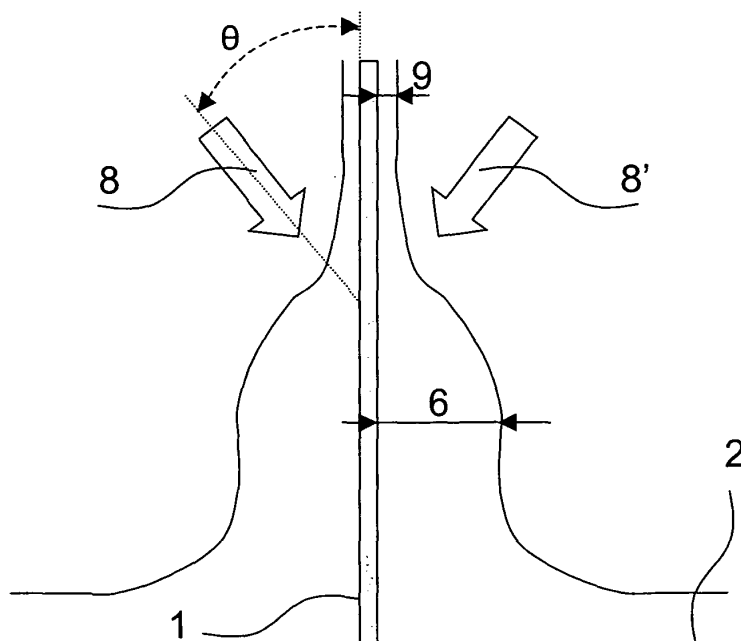


FIG. 2.a

EP 1 457 581 A1

Description

Objet de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte à un procédé de contrôle de l'épaisseur d'une couche liquide à la surface d'un objet allongé émergeant d'un bain. Le procédé concerne plus particulièrement un produit métallurgique long (fil) ou plat (bande) en défilement continu dans le bain. Des exemples de domaines d'application de l'invention se rapportent à l'essorage dans le procédé de revêtement au trempé, de préférence la galvanisation ou encore dans le procédé de refroidissement accéléré en recuit continu.

[0002] L'invention concerne également une installation pour la mise en oeuvre du procédé.

Arrière-plan technologique et état de la technique

Le revêtement au trempé

[0003] On connaît la technique dite de "revêtement au trempé", qui constitue une méthode à la fois simple et efficace pour déposer un revêtement à la surface d'un objet. Selon cette technique, après une éventuelle préparation de la surface, on immerge l'objet à revêtir dans un bain comprenant le produit que l'on veut déposer sur ledit objet. L'objet est ensuite extrait du bain avec enlèvement de l'excès de liquide et le revêtement est rendu solide, par exemple par séchage, solidification, polymérisation, etc.

[0004] L'une des applications les plus répandues de cette technique est le revêtement de pièces en acier au moyen d'un métal qui lui servira ensuite de protection contre la corrosion.

[0005] Lorsque l'objet métallique à revêtir est un objet allongé, comme un fil ou une bande continue, que nous désignerons ci-après simplement par le terme "objet", le revêtement au trempé s'opère comme suit :

- l'objet à revêtir est passé dans un four à haute température (typiquement de 500 à 900°C pour une bande d'acier) et sous une atmosphère contrôlée de façon à aviver sa surface ;
- l'objet est ensuite immergé dans le bain de revêtement qui est en général à base de zinc, d'aluminium ou d'un de leurs alliages ;
- après être passé sous un rouleau de fond, l'objet ressort du bain, une couche de métal liquide adhérent à sa surface ;
- l'épaisseur de cette couche de métal liquide est alors contrôlée dans l'opération dite "d'essorage" qui va limiter l'épaisseur du dépôt à la valeur qui est visée ;
- enfin, l'objet revêtu est refroidi, ce qui a pour effet de permettre la solidification du revêtement.

L'opération d'essorage

[0006] Cette opération est l'une des plus importantes dans le procédé de revêtement au trempé. D'une part, l'essorage doit être homogène sur toute la "section", c'est-à-dire la largeur pour une bande et la circonférence pour un fil, et sur toute la longueur du produit à revêtir. En même temps, cette opération doit limiter strictement le dépôt à la valeur visée, que l'on exprime d'habitude soit en terme d'épaisseur déposée - typiquement de 3 à 20 μm -, soit en poids de la couche déposée par unité de surface-typiquement en gr/m^2 .

[0007] On cherche sans cesse à améliorer les performances de l'essorage, pour répondre à de nouvelles exigences techniques qui sont essentiellement :

- être capable d'atteindre des épaisseurs de plus en plus faibles pour limiter les coûts de revient liés au produit de revêtement, ainsi que les coûts de recyclage ;
- essorer à des vitesses toujours supérieures ; dans nombre de lignes de revêtement au trempé, l'opération d'essorage constitue le principal obstacle à une augmentation de vitesse et donc de capacité.

[0008] Les techniques d'essorage ont donc beaucoup évolué pour tenter de remplir des spécifications toujours plus pointues (voir par exemple, M. Dubois, *Présent and future of hot-dip galvanization process*, Galvatech' 2001, p.451-460).

[0009] L'essorage a tout d'abord été effectué par des moyens mécaniques en pressant un membre racleur contre la surface de la bande émergeant du bain de revêtement.

[0010] Ensuite, des lames de gaz ont été introduites. Elles comprennent des jets de gaz respectivement linéaires dans le cas des bandes et circulaires dans le cas de fils. Ces jets de gaz sont issus de fentes et sont dirigés le plus souvent perpendiculairement à la surface à traiter. Les lames de gaz agissent comme des "racleurs pneumatiques" et présentent l'avantage de fonctionner sans contact mécanique et donc sans risque de griffer l'objet traité. De telles lames ont été appelées "essoreurs à gaz" ou encore "couteaux d'essorage". L'essorage à lames de gaz est actuellement le plus répandu dans les installations continues de revêtement au trempé. Le gaz mis en oeuvre est soit de l'air, soit un gaz neutre tel que l'azote dans les applications les plus délicates comme le traitement des bandes d'acier destinées à la fabrication de pièces visibles pour la carrosserie d'automobiles.

[0011] Des méthodes électromagnétiques ont également été développées. Comme les lames de gaz, elles fonctionnent sans contact. Toutefois, elles donnent souvent lieu à un échauffement de la bande traitée qui est dû aux courants qui y sont induits par les systèmes électromagnétiques (M. Malmendier et al., *Development of galvannealing for the domestic appliance, construction*

and other markets, European Coal and Steel Community Project Report, 1998 ; EP-A-0 525 387 de NKK Corp.).

[0012] La figure 1.a montre schématiquement le dispositif général d'essorage d'une bande d'acier. Une bande à revêtir 1 émerge verticalement d'un bain de liquide 2. Elle passe en face de fentes d'essorage 3 et 3' qui créent respectivement des lames de gaz 4 et 4' qui sont projetées des deux côtés de la bande respectivement en 5 et 5'. Sous l'action des lames de gaz, l'épaisseur de liquide adhérent est réduite d'une première épaisseur 6 à une deuxième épaisseur 7. Pour des raisons de clarté de la figure, l'échelle des épaisseurs totales de bande et de liquide entraîné a été volontairement exagérée.

[0013] L'essorage par lame de gaz, largement utilisé, a également été analysé en profondeur dans plusieurs études (J.A. Thornton and H.F. Graff, *An analytical description of the jet finishing process for hot-dip metallic coatings on strips*, Metal. Trans. B, Vol. 7B(1976), p. 607-618 ; Y. Takeishi et al., *Gas wiping mechanism in hot-dip coating process*, 1995 (en japonais) ; M. Dubois et al., *The gas-jet wiping limit: the splashing phenomenon*, Galvatech' 95 Conf. Proc., p.667-673).

[0014] De manière synthétique, ces travaux permettent de faire les constatations suivantes.

[0015] L'épaisseur emportée par la bande émergeant du liquide dépend essentiellement de la nature du bain, plus particulièrement de la viscosité du liquide, et de la vitesse de la bande. Plusieurs modèles ont été construits pour rendre compte de ce phénomène. Si la formulation diffère d'un modèle à l'autre, le phénomène rapporté par tous les modèles est le même : l'épaisseur de liquide portée par la bande au sortir du bain augmente avec la vitesse de la bande (voir figure 1.b).

[0016] Le phénomène physique qui explique l'essorage au niveau "microscopique" est le gradient de pression qui existe entre le point d'impact du jet de gaz, où la pression est maximale, et les zones voisines, où la pression est plus faible. Ce gradient de pression réduit fortement l'épaisseur du liquide adhérent au substrat. Typiquement, l'épaisseur entraînée par la bande est de l'ordre de plusieurs centaines de μm alors que l'épaisseur finale que l'essorage va laisser est inférieure ou égale à une dizaine de μm .

[0017] L'efficacité des essoreurs à gaz est fonction d'une part des paramètres de la lame de gaz (pression et forme qui vont conditionner le gradient de pression au point d'impact) et d'autre part de la distance entre les fentes d'essorage et la bande à traiter : plus cette distance est réduite et plus l'essorage est efficace. Typiquement, cette distance est d'environ 10mm dans les lignes industrielles. La dépendance de l'épaisseur finale de recouvrement vis-à-vis de la distance est très marquée :

en première estimation, on peut considérer que l'épaisseur restant après essorage est inversement

proportionnelle à la distance fentes - bande. Cette dépendance a comme conséquence que l'homogénéité en épaisseur du revêtement ne peut être réalisée que si la distance entre les fentes d'essorage et la bande reste stable. Pour réaliser cette condition, plusieurs techniques ont été envisagées :

rouleaux de stabilisation, coussins de gaz situés en dessous ou au-dessus des essoreurs (demandes de brevet japonaises JP-A-2002 275614 de NKK Corp. et JP-A-63 128160 de Sumimoto Métal Corp.), systèmes magnétiques ou électromagnétiques (demande japonaise JP-A-6 108220 de Nisshin Steel Corp.). Des jets de bain liquide situés sous la surface du bain ou au sortir du bain de revêtement ont également été proposés (demandes japonaises JP-A-3 031464 de Kawasaki Steel Corp. et JP-A-6 212380 de Nippon Steel Corp. -"Zn Flow").

[0018] Enfin, une limite importante à l'essorage est le phénomène d'éclaboussure (*splashing*) : celui-ci risque de s'installer lorsqu'on augmente l'efficacité de l'essorage et il se manifeste par un décollement d'une partie du liquide qui éclabousse le matériel d'essorage et perturbe gravement les opérations (M.Dubois, *The gas-jet wiping limit; the splashing phenomenon*, *ibid.*).

[0019] Étant donné la demande pour un essorage de plus en plus efficace, suite entre autres à l'accélération des lignes de revêtement au trempé, des essais ont été effectués de manière à réaliser un pré-essorage qui enlève une partie du liquide attaché à la surface avant l'essorage par lames de gaz qui n'aurait plus alors qu'à réaliser une différence moins grande entre les épaisseurs avant et après essorage. Cette opération de pré-essorage a été tentée par différentes techniques : frein magnétique ou électromagnétique (demandes japonaises JP-A-2 254147 de Sumimoto Metal Inc. et JP-A-5 331610 de Nippon Steel Corp.), rouleau de pré-essorage (demande JP-A-62 205256 de Sumimoto Métal Ltd.) ou projection d'un jet de métal liquide au sortir du bain de revêtement perpendiculairement à la surface de la bande traitée (demande JP-A-63 109150 de Kawasaki Steel Corp.). Ces tentatives ont cependant obtenu un succès limité, dans la mesure où ces méthodes améliorent l'essorage mais souffrent dans certains cas de manque de stabilité. Elles ont été testées à plusieurs reprises par la Demanderesse et on a constaté que le pré-essorage s'oppose au ruissellement libre du liquide venant des lames d'essorage vers le bain de revêtement. Il en résulte des courants entre le système de pré-essorage et le système d'essorage proprement dit, ainsi que des variations finales significatives de l'épaisseur du revêtement.

[0020] Une autre proposition pour améliorer les performances en réduisant le risque d'éclaboussure consiste à ajouter une injection de gaz sous les lames d'es-

sorage, pour stabiliser le ruissellement du liquide vers le bain (demande JP-A-6 346211 de Nippon Steel Corp.).

L'essorage dans le refroidissement accéléré en recuit continu

[0021] Dans le procédé de recuit continu, les bandes d'acier qui viennent d'être laminées à froid sont déroulées et portées à haute température (plus de 700°C) de façon à obtenir la recristallisation qui restaurera leur ductilité pour la mise à forme ultérieure (par exemple, emboutissage de pièces de carrosserie). Lors de ce recuit continu et après le passage dans le four à haute température, une vitesse de refroidissement élevée est parfois recherchée. Elle permet en effet d'obtenir un effet de trempe et par là d'augmenter les propriétés de résistance des tôles (par exemple, pièces de sécurité des automobiles). Plusieurs constructeurs de lignes de recuit continu ont imaginé de refroidir les bandes d'acier dans un bain d'eau dont la température est contrôlée ("Howaq-Twice", "NKK Quench"). Au sortir du bain, la bande doit également être essorée avant d'être séchée et de subir la fin du traitement. Étant donné que les lignes de recuit fonctionnent à très grande vitesse (de 100 à 600m/min) et que l'on souhaite n'avoir qu'un minimum d'eau à sécher, le problème de l'essorage se pose ici de la même manière qu'en revêtement continu.

Buts de l'invention

[0022] La présente invention vise à fournir un procédé d'essorage permettant de s'affranchir des inconvénients connus dans l'état de la technique, notamment ceux qui sont liés à l'essorage par lames de gaz ou encore aux diverses techniques de pré-essorage.

[0023] En particulier, la présente invention a pour but de contrôler efficacement l'épaisseur du liquide de revêtement adhérent au produit à revêtir, dans le procédé de revêtement au trempé.

[0024] Un but complémentaire de l'invention consiste à réaliser un dépôt de liquide adhérent au produit à revêtir, qui ait une épaisseur juste nécessaire ou prédéterminée.

Principaux éléments caractéristiques de l'invention

[0025] Un premier objet de la présente invention concerne un procédé de contrôle de l'épaisseur d'une couche liquide entraînée à la surface d'un objet allongé, de préférence une bande ou un fil métallique, émergeant d'un bain vers le haut, de préférence sensiblement verticalement, caractérisé en ce qu'il comprend à la sortie du bain une opération d'essorage au moyen de lames de liquide sous pression.

[0026] Selon l'invention, lesdites lames de liquide sont projetées au travers d'une fente et dirigées vers le bas, suivant une direction faisant avec la surface de l'ob-

jet un angle θ inférieur à 60° et de préférence compris entre 25 à 45°.

[0027] Avantagusement, l'épaisseur des lames de liquide est supérieure ou égale à 0,3 fois celle du liquide entraîné par la surface de l'objet en l'absence d'essorage.

[0028] L'invention livre pleinement ses avantages si l'objet allongé est une bande et si la vitesse du liquide dans les lames v_{lam} est supérieure à une valeur seuil qui est fonction de la vitesse de la bande V_{strip} et des épaisseurs respectives de liquide t_{drag} emporté par la bande lorsqu'il n'y a pas d'essorage et t_{lam} dans les lames d'essorage.

[0029] De manière préférentielle, on impose la condition suivante pour la vitesse du liquide dans les lames :

$$v_{lam} \cdot \cos(\theta) > k \cdot v_{strip} \cdot (1 + 3(t_{drag}/t_{lam})),$$

où k est un coefficient dit d'efficacité compris entre 0,25 et 2.

[0030] Les caractéristiques de l'invention sont compatibles avec une disposition des lames de liquide des deux côtés de la bande qui soit symétrique.

[0031] Selon le mode de réalisation adopté, les lames de liquide peuvent être planes, incurvées et de concavité tournée vers le haut, la courbure étant de préférence de l'ordre de 0,01 à 0,05 mètre de flèche par mètre de largeur ou encore segmentées et présentent une pluralité de sections éventuellement inclinées par rapport à l'horizontale.

[0032] Encore selon un mode de réalisation préféré, la vitesse du liquide dans les lames est non-uniforme le long de la largeur de la bande.

[0033] Avantagusement, la vitesse est plus élevée sur les bords de la bande qu'au centre de celle-ci et est distribuée selon une loi de type :

$$v_{lam, x} = v_o + k_1 \cdot x + k_2 \cdot x^2,$$

$v_{lam, x}$ étant la vitesse du liquide dans la lame à une distance x de l'axe médian de la bande, v_o la vitesse du liquide dans la lame dans l'axe médian de la bande, et k_1 et k_2 des coefficients de proportionnalité liés à la construction particulière de la fente à travers laquelle la lame est projetée.

[0034] On choisira avantagusement encore des lames d'essorage de type hydraulique "cohérent", c'est-à-dire qu'elles gardent leur densité de quantité de mouvement même après avoir quitté les fentes.

[0035] Par ailleurs, l'homme de métier comprendra aisément l'intérêt d'utiliser un liquide des lames d'essorage de même composition que celui du bain dont émerge la bande, ledit liquide étant par exemple prélevé dans le bain et projeté sur la bande au moyen de pompes.

[0036] Toujours selon l'invention, une opération d'égénéralisation de l'épaisseur du liquide adhérent à la ban-

de après essorage par lames liquides peut être réalisé par des lames de gaz issues de fentes d'injection de gaz fonctionnant à une pression comprise entre 0,01 à 0,07 MPa et situées au-dessus des lames de liquide.

[0037] De manière complémentaire et avantageuse, une injection de gaz créant un environnement protecteur est effectuée près des lames liquides d'essorage.

[0038] Dans la pratique, la couche liquide entraînée à la surface de l'objet allongé est de préférence une couche de revêtement constituée d'un métal fondu déposé sur une bande métallique dans un procédé métallurgique de revêtement au trempé. Dans ce cas, la bande métallique est constituée par exemple d'acier, d'aluminium, de zinc, de cuivre ou de l'un de leurs alliages. Avantageusement, l'épaisseur de la bande métallique est comprise entre 0,15 et 5 mm. Dans ce genre de procédé, il est habituel d'utiliser en guise de métal fondu de revêtement du zinc, de l'aluminium, de l'étain ou un alliage d'au moins deux de ces métaux.

[0039] L'invention concerne au premier chef l'application à un procédé de revêtement au trempé qui est un procédé continu avec une vitesse de défilement de la bande comprise de préférence entre 2 et 10 m/s.

[0040] Grâce à l'invention, on peut obtenir une épaisseur de la couche métallique de revêtement après essorage comprise entre 3 et 20 μm .

[0041] Un autre procédé ayant trait à la métallurgie et pouvant tirer parti de l'invention est le procédé de refroidissement accéléré dans une ligne de recuit continu. Dans ce cas de figure, la couche de liquide entraînée à la surface de l'objet allongé est une couche d'eau recouvrant la surface d'une bande métallique à la sortie d'un bain d'eau de température contrôlée. On peut prévoir avantageusement ici que l'opération d'essorage à la sortie du bain d'eau précède une opération de séchage de l'eau résiduelle se trouvant sur la bande.

[0042] Un autre objet de la présente invention concerne une installation pour la mise en oeuvre du procédé de contrôle de l'épaisseur d'une couche liquide entraînée à la surface d'un objet allongé, tel que décrit ci-dessus.

Breve description des figures

[0043] La figure 1.a, mentionnée ci-dessus, représente schématiquement un dispositif général d'essorage d'une bande d'acier par lames de gaz, selon l'état de la technique.

[0044] La figure 1.b, mentionnée ci-dessus, représente graphiquement une modélisation de l'évolution, selon des résultats expérimentaux, de l'épaisseur de film d'eau entraîné sur une face d'une bande d'acier émergeant d'un bain d'eau, lorsque la vitesse de la bande augmente (procédé de recuit continu).

[0045] La figure 2.a représente schématiquement un dispositif d'essorage d'une bande d'acier par lames de liquide, selon la présente invention.

[0046] La figure 2.b représente graphiquement et de

manière schématisée l'effet de la vitesse du liquide dans les lames sur l'efficacité de l'essorage, selon l'invention.

[0047] Les figures 2.c à 2.e représentent schématiquement trois configurations différentes d'essorage selon l'invention, relevées au cours des tests réalisés.

[0048] Les figures 3.a à 3.d représentent schématiquement des sections possibles de la lame d'essorage selon l'invention.

Description d'une forme d'exécution préférée de l'invention

[0049] La présente invention a pour objet de résoudre le problème consistant à contrôler de manière efficace une épaisseur d'un premier liquide adhérent à une bande ou un fil, de préférence métallique, au sortir d'un bain de revêtement au trempé par exemple, en utilisant un essorage par voie purement liquide.

[0050] Pour ce faire, on projette de part et d'autre de la bande (ou à la périphérie du fil) une lame d'un deuxième liquide, à grande vitesse sous une direction sensiblement proche de la direction verticale : cette lame de liquide entraîne alors une bonne partie du liquide adhérent à la bande pour ne laisser que la quantité nécessaire.

[0051] Selon l'invention, on vise donc à doter la lame de fluide d'une quantité de mouvement importante de sorte à ce que cette dernière soit capable d'entraîner avec elle le liquide adhérent à la bande au sortir du bain et de ne laisser sur la bande qu'une quantité contrôlée de liquide adhérent.

[0052] Tout comme lors de l'essorage par lame de gaz, on opère sans contact mécanique donc sans risque de griffer la surface de l'objet essoré. L'utilisation de liquide pour l'essorage présente en outre l'avantage intrinsèque d'avoir une densité plus élevée donc une quantité de mouvement plus importante ce qui assure un essorage plus efficace et une stabilité plus élevée.

Direction, épaisseur et vitesse des lames de liquide d'essorage

[0053] Selon une forme d'exécution préférée de l'invention, les lames de liquide d'essorage sont dirigées de haut en bas, la bande émergeant du bain vers le haut. Elles forment avec la bande (ou le fil) un angle faible. En d'autres termes, elles sont relativement proches de la direction verticale. Comme représenté à la figure 2.a, l'angle θ entre la direction essentiellement verticale suivie par la bande qui émerge du bain et chacune des lames d'essorage liquide est inférieur à 60° et de préférence situé entre 25° et 45° .

[0054] L'épaisseur du liquide t_{lam} , dans les lames d'essorage, est au moins égale à 0,3 fois l'épaisseur de liquide t_{drag} , emporté par la bande à la sortie du bain sur chacune de ses faces, lorsqu'il n'y a pas d'essorage. Comme expliqué plus haut, cette dernière épaisseur est principalement fonction de la viscosité du liquide de re-

vêtement et de la vitesse de la bande.

[0055] La vitesse du liquide v_{lam} dans les lames d'essorage est supérieure à un seuil qui est fonction de la vitesse de la bande v_{strip} et des épaisseurs de liquide t_{drag} emportées par la bande, lorsqu'il n'y a pas d'essorage et t_{lam} dans les lames d'essorage. Ce seuil peut être exprimé par l'inégalité :

$$v_{lam} \cdot \cos(\theta) > k \cdot v_{strip} (1 + 3 (t_{drag} / t_{lam})),$$

où k est un coefficient d'efficacité compris entre 0,25 et 2.

[0056] Ces caractéristiques sont illustrées par les figures 2.a à 2.e.

[0057] La figure 2.a présente un schéma de disposition d'essorage par lames de liquide. Une bande 1 émerge verticalement d'un bain 2 et est essorée par des lames symétriques 8 et 8' respectivement, par rapport à la bande. Les lames font un angle θ avec la verticale. Leur action a pour effet de réduire l'épaisseur adhérente d'une valeur initiale 6 à une valeur finale 9.

[0058] La figure 2.b représente graphiquement l'effet schématique de la vitesse du liquide dans les lames sur l'efficacité de l'essorage, évaluée par le rapport entre l'épaisseur en sortie après essorage, tout et de celle qui serait entraînée s'il n'y avait pas d'essorage, t_{drag} .

[0059] Les figures 2.c, 2.d et 2.e présentent trois situations d'essorage différentes qui ont été relevées dans des tests. Dans les trois cas, la bande 1 qui vient d'émerger d'un bain de liquide est essorée par une lame de liquide 8. Seule une face est représentée sur les figures, étant entendu que le comportement est symétrique sur les deux faces. Dans le cas de la figure 2.c, la lame d'essorage est perpendiculaire à la bande et n'a pratiquement pas d'effet. Dans le cas de la figure 2.d, la lame d'essorage est inclinée et dirigée de haut en bas mais le produit $v_{lam} \cdot \cos \theta$ n'est pas suffisant (voir formule ci-dessus) et l'effet d'essorage est faible. Dans le cas de la figure 2.e, qui est celui visé préférentiellement par la présente demande, la lame d'essorage est inclinée, dirigée de haut en bas et le produit $v_{lam} \cdot \cos \theta$ est suffisamment élevé : l'effet d'essorage est marqué.

Forme de la lame d'essorage, distribution des vitesses

[0060] La lame d'essorage projetée sur chaque face n'est pas nécessairement plane et continue. Elle peut avantageusement être incurvée et pour des raisons techniques être constituée de segments discontinus.

[0061] Les figures 3.a, 3.b, 3.c et 3.d présentent chaque fois une section transversale particulière de la lame d'essorage, dans le contexte où une bande 1 émerge verticalement d'un bain liquide 2. La section de la lame est représentée sur les figures 3.a-d par le profil de son impact 10 sur la bande. On suppose toujours qu'il y a symétrie entre les faces et que l'autre lame a la même section

[0062] Sur la figure 3.a, la lame d'essorage est plane.

[0063] Sur la figure 3.b, la lame d'essorage est incurvée et continue : on profite de cette forme pour repousser l'excès de liquide vers les bords, également appelés "rives", et de là l'éliminer de la surface de la bande. La courbure (c'est-à-dire la concavité) est dirigée vers le haut et sa valeur est comprise entre 0 et 0,1 mètre de flèche par mètre de largeur et de préférence proche de 0,05 mètre de flèche par mètre de largeur.

[0064] Dans le cas d'une surface de lame courbe, la vitesse n'est pas distribuée de manière homogène mais est plus élevée sur les bords de la bande que dans l'axe médian. Une formulation approchée de la distribution des vitesses est donnée par :

$$v_{lam,x} = v_o + k1 \cdot x + k2 \cdot x^2,$$

où :

- $v_{lam,x}$ est la vitesse du liquide dans la lame à la distance x de l'axe médian,
- v_o est sa vitesse dans l'axe médian,
- $k1$ et $k2$ sont des coefficients liés à la construction particulière de la fente à travers laquelle la lame est projetée ; $k1$ et $k2$ sont tels que, en chaque point x , la vitesse $v_{lam,x}$ obéit à la relation de valeur minimale décrite plus haut.

[0065] Une telle distribution de vitesse peut être réalisée de deux manières distinctes ou encore par la combinaison de ces deux techniques :

- soit la fente par laquelle la lame est projetée a une ouverture variable. Dans ce cas, c'est principalement le coefficient $k1$ qui sera effectif si la largeur de fente augmente de façon linéaire de l'axe vers les rives ;
- soit la fente est alimentée par ses deux extrémités et à travers un conduit de section réduite de manière à créer des pertes de charge qui impliqueront des vitesses supérieures aux extrémités de la lame. Dans ce cas c'est le coefficient $k2$ qui sera principalement effectif.

[0066] Sur la figure 3.c, la lame d'essorage est segmentée selon trois segments rectilignes dont deux situés aux extrémités sont inclinés. Dans ce cas également, la vitesse locale dans la lame dépend de la position sur la largeur selon la même loi que ci-dessus.

[0067] Sur la figure 3.d enfin, la lame est divisée en une série de segments droits et inclinés. Cette disposition permet d'utiliser des gicleurs de conception classique qui au départ d'un orifice circulaire sont capables de générer une lame quasi plane (catalogue, Lechler GmbH, D-72544 Metzingen, Germany). Dans ce cas également, la vitesse locale dans la lame dépend de la position sur la largeur selon la même loi que ci-dessus.

Aspect hydrauliques

[0068] De façon préférentielle, les lames d'essorage sont de type "cohérent", c'est-à-dire qu'elles gardent leur forme et leur densité de quantité de mouvement et donc leur efficacité d'essorage, même après avoir quitté les fentes par lesquelles elles sont projetées. Cette cohérence leur est donnée de manière connue par la forme des fentes.

[0069] Les lames de liquides sont avantageusement de même composition que le bain dont la bande (le fil) émerge. En particulier, le liquide qui formera les lames est aspiré dans le bain par des pompes puis envoyé sous pression vers les fentes d'où seront projetées les lames.

Egalisation et couverture gazeuse

[0070] Une fente d'injection de gaz dirigée vers la bande peut être prévue au-dessus des lignes d'impact des lames de liquide. Elle fonctionnera de préférence à une pression de l'ordre de 0,01 à 0,07 MPa. Elle permet d'égaliser l'épaisseur adhérente après essorage liquide et contribue ainsi à une très haute homogénéité en particulier lorsque la lame de liquide est segmentée.

[0071] Une couverture gazeuse peut être créée aux environs des lames par injection de gaz et utilisation d'un écran pour maintenir cette atmosphère proche des lames. Cette disposition est spécialement intéressante dans le cas d'un liquide oxydable dans l'air, comme par exemple le zinc liquide utilisé pour les revêtements.

Revendications

1. Procédé de contrôle de l'épaisseur (6, 9) d'une couche liquide entraînée à la surface d'un objet allongé (1), de préférence une bande ou un fil métallique, émergeant d'un bain (2) vers le haut, de préférence sensiblement verticalement, **caractérisé en ce qu'il** comprend à la sortie du bain une opération d'essorage au moyen de lames de liquide sous pression (8, 8').
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdites lames de liquide sont projetées au travers d'une fente (3, 3') et dirigées vers le bas, suivant une direction faisant avec la surface de l'objet un angle θ inférieure à 60° et de préférence compris entre 25° à 45° .
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'épaisseur des lames de liquide (8, 8') est supérieure ou égale à 0,3 fois celle (6) du liquide entraîné par la surface de l'objet en l'absence d'essorage.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé**

en ce que l'objet allongé (1) est une bande et la vitesse du liquide dans les lames v_{lam} est supérieure à une valeur seuil qui est fonction de la vitesse de la bande v_{strip} et des épaisseurs respectives de liquide t_{drag} emporté par la bande lorsqu'il n'y a pas d'essorage et t_{lam} dans les lames d'essorage.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** l'on impose la condition suivante pour la vitesse du liquide dans les lames :

$$v_{lam} \cdot \cos(\theta) > k \cdot v_{strip} \cdot (1 + 3(t_{drag}/t_{lam})),$$

où k est un coefficient dit d'efficacité compris entre 0,25 et 2.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** la disposition des lames de liquide (8, 8') des deux côtés (5, 5') de la bande (1) est symétrique.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** les lames de liquide (10) sont planes.
8. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** les lames de liquide (10) sont incurvées et de concavité tournée vers le haut, la courbure étant de préférence de l'ordre de 0,01 à 0,05 mètre de flèche par mètre de largeur.
9. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** les lames de liquide (10) sont segmentées et présentent une pluralité de sections éventuellement inclinées par rapport à l'horizontale.
10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que** la vitesse du liquide dans les lames est non-uniforme le long de la largeur de la bande.
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** la vitesse est plus élevée sur les bords de la bande qu'au centre de celle-ci et est distribuée selon une loi de type :

$$v_{lam,x} = v_0 + k_1 \cdot x + k_2 \cdot x^2,$$

$v_{lam,x}$ étant la vitesse du liquide dans la lame à une distance x de l'axe médian de la bande, v_0 la vitesse du liquide dans la lame dans l'axe médian de la bande, et k_1 et k_2 des coefficients de proportionnalité liés à la construction particulière de la fente à travers laquelle la lame est projetée.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 11, **caractérisé en ce que** les lames d'essorage sont de type hydraulique "cohérent", c'est-à-dire

qu'elles gardent leur densité de quantité de mouvement même après avoir quitté les fentes.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le liquide des lames d'essorage est de même composition que celui du bain dont émerge la bande. 5
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le liquide des lames d'essorage est prélevé dans ledit bain et projeté sur la bande au moyen de pompes. 10
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** opération d'égénération de l'épaisseur du liquide adhérent à la bande après essorage par lames liquides est réalisée par des lames de gaz issues de fentes d'injection de gaz fonctionnant à une pression comprise entre 0,01 à 0,07 MPa et situées au-dessus des lames de liquide. 20
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** injection complémentaire de gaz créant un environnement protecteur est effectuée près des lames liquides d'essorage. 25
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la couche liquide entraînée à la surface de l'objet allongé est une couche de revêtement constituée d'un métal fondu déposé sur une bande métallique dans un procédé de revêtement au trempé. 30
18. Procédé selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** la bande métallique est constituée d'acier, d'aluminium, de zinc, de cuivre ou de l'un de leurs alliages. 35
19. Procédé selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la bande métallique est comprise entre 0,15 et 5 mm. 40
20. Procédé selon l'une quelconque des revendication 17 à 19, **caractérisé en ce que** le métal fondu de revêtement comprend du zinc, de l'aluminium, de l'étain ou un alliage d'au moins deux de ces métaux. 45
21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, **caractérisé en ce que** le procédé de revêtement au trempé est un procédé continu avec une vitesse de défilement de la bande comprise de préférence entre 2 et 10 m/s. 50
22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 21, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de la couche métallique de revêtement obtenue après

essorage est comprise entre 3 et 20 μm .

23. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce que** la couche de liquide entraînée à la surface de l'objet allongé est une couche d'eau liquide recouvrant la surface d'une bande métallique à la sortie d'un bain d'eau de température contrôlée dans le cadre d'un procédé de refroidissement accéléré dans une ligne de recuit continu. 55
24. Procédé selon la revendication 23, **caractérisé en ce que** l'opération d'essorage à la sortie du bain d'eau précède une opération de séchage de l'eau résiduelle se trouvant sur la bande.
25. Installation pour la mise en oeuvre du procédé de contrôle de l'épaisseur (6, 9) d'une couche liquide entraînée à la surface d'un objet allongé (1), selon l'une quelconque des revendications 1 à 24.

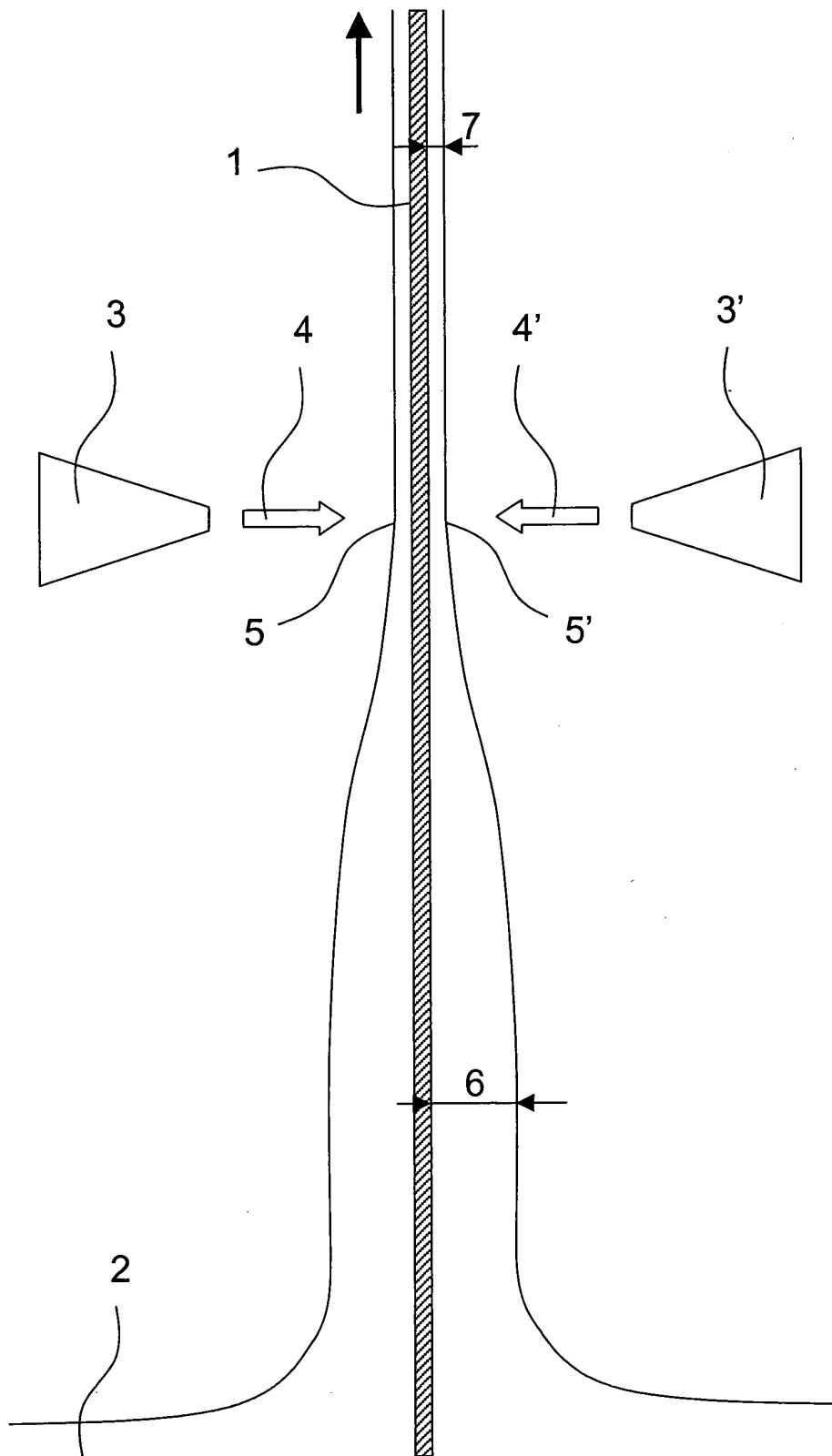


Fig. 1a

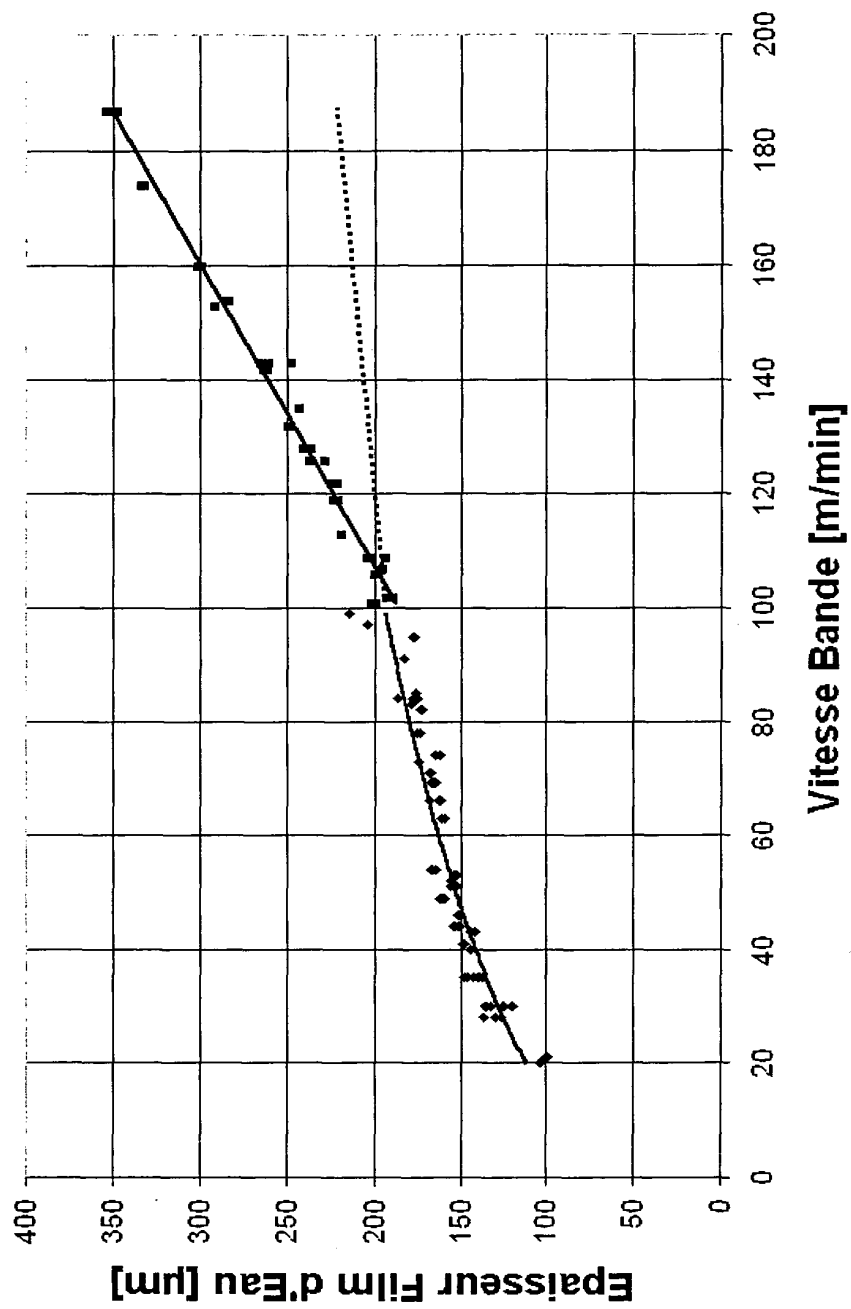


Fig. 1b

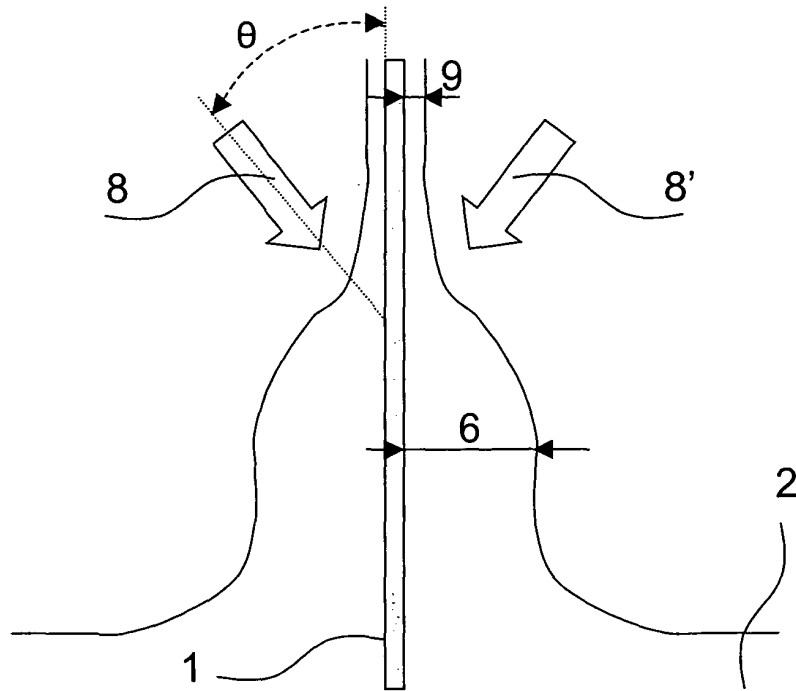


FIG. 2.a

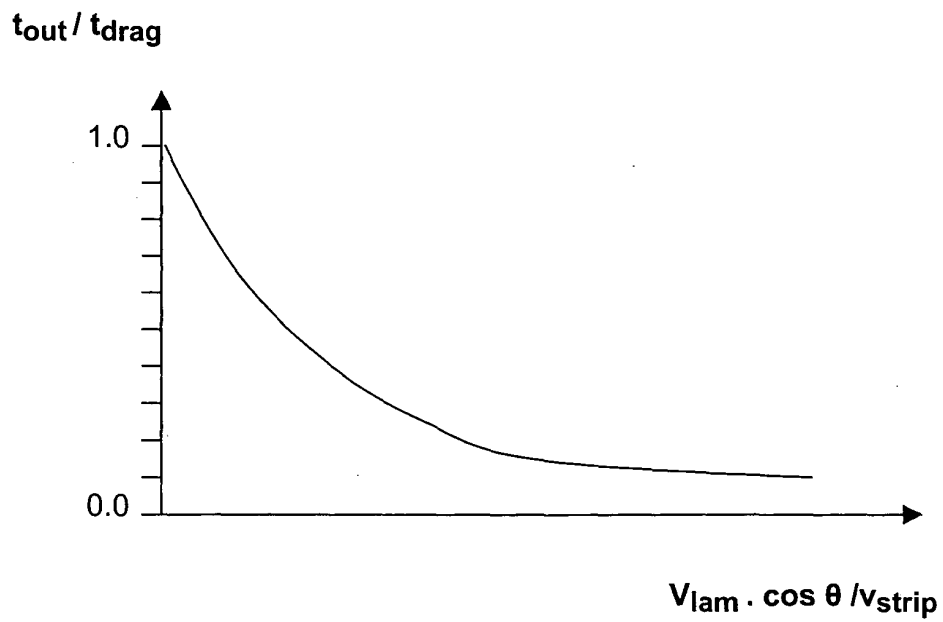


FIG. 2.b

FIG. 2.c

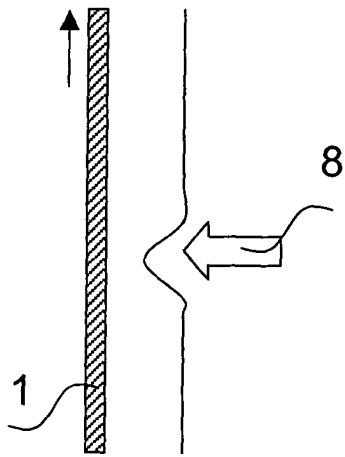


FIG. 2.d

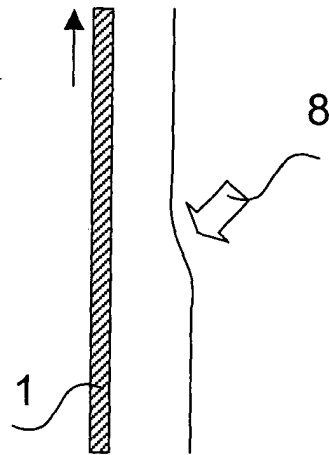


FIG. 2.e

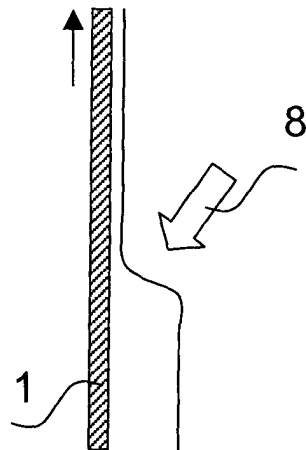


FIG. 3.a

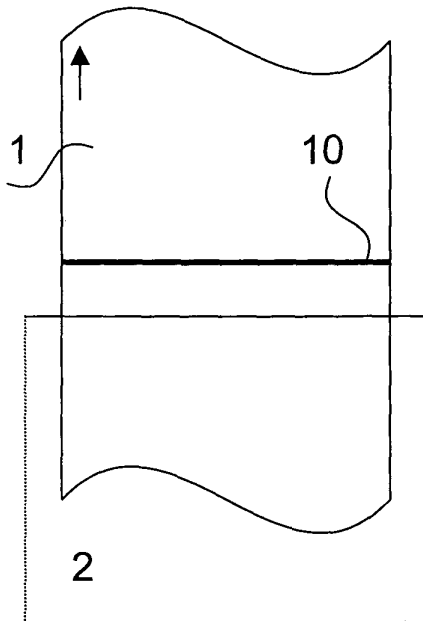


FIG. 3.b

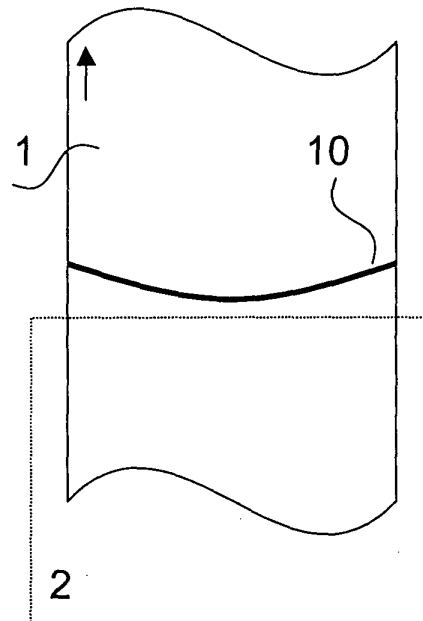


Fig. 3.c

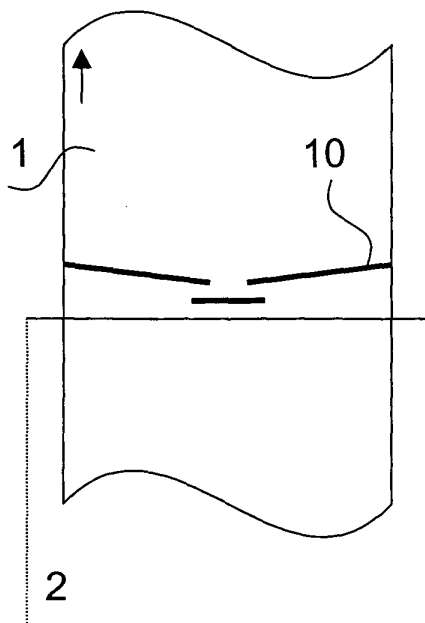
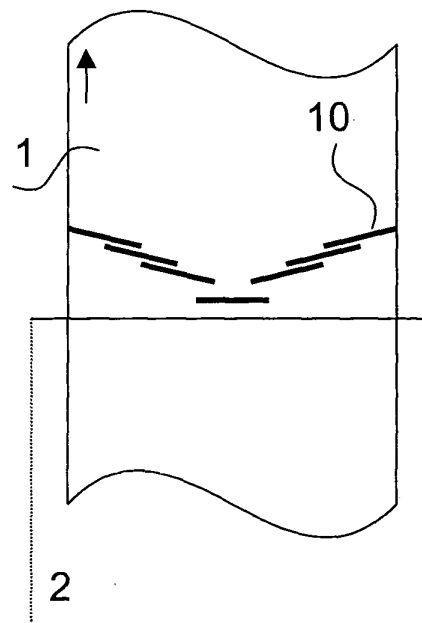


Fig. 3.d





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 04 44 7055

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.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 012, no. 353 (C-530), 21 septembre 1988 (1988-09-21) & JP 63 109150 A (KAWASAKI STEEL CORP), 13 mai 1988 (1988-05-13) * abrégé *	1,6,7, 13-15, 17,18,20	C23C2/20
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no. 136 (C-347), 20 mai 1986 (1986-05-20) & JP 60 258458 A (MITSUBISHI JUKOGYO KK), 20 décembre 1985 (1985-12-20) * abrégé *	1,2,6,7, 13,15, 17,18,20	
X	GB 588 281 A (WARREN WORTHINGTON) 19 mai 1947 (1947-05-19) * page 4, ligne 96 - page 6, ligne 29; revendications 1,12; figures 1-3 *	1,2,4,6, 7,17,18, 20	
X	US 2 536 186 A (JOHN D. KELLER) 2 janvier 1951 (1951-01-02) * revendications 1,2; figures 1-12 *	1,15,17, 18,20	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
X	GB 352 911 A (GEORGES BOUTEFEU) 16 juillet 1931 (1931-07-16) * page 1, ligne 54 - ligne 91; figure 1 *	1,2,6,7, 17,18,20	C23C
X	US 4 282 273 A (WERNER BÜCKER) 4 août 1981 (1981-08-04) * revendications 1-9; figure 1 *	1,6,7, 17,18,20	
X	GB 2 009 250 A (BRITISH STEEL CORPORATION) 13 juin 1979 (1979-06-13) * page 2, ligne 34 - ligne 44; revendications 1-5; figures 1,2 *	1,16-18, 20	
		-/--	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 2 juillet 2004	Examineur Elsen, D
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 04 44 7055

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.7)
X	GB 2 028 875 A (BRITISH STEEL CORPORATION) 12 mars 1980 (1980-03-12) * revendications 1-22; figures 1,2 *	1,16-18, 20	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 061 (C-009), 8 mai 1980 (1980-05-08) & JP 55 028363 A (NIPPON STEEL CORP), 28 février 1980 (1980-02-28) * abrégé *	1,16-18, 20	
X	US 3 112 226 A (ROBERT ST. JEAN) 26 novembre 1963 (1963-11-26) * colonne 3, ligne 8 - ligne 36; figure 2 *	1,17,18, 20	
X	US 3 727 895 A (HERMAN WILLIAM JOHN WONDERGEM) 17 avril 1973 (1973-04-17) * figures 1,2 *	1,9,17, 18,20	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 231 (C-0840), 12 juin 1991 (1991-06-12) & JP 03 072061 A (KIYOUSAN DENSEN KK), 27 mars 1991 (1991-03-27) * abrégé *	1,2,17, 18,20	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
X	US 3 782 326 A (NEVILLE CHARLES FAGGOTTER) 1 janvier 1974 (1974-01-01) * abrégé; figures 1-6 *	1,6,8,9, 17,18,20	
X	US 3 995 587 A (MARCEL V. CARRARA) 7 décembre 1976 (1976-12-07) * colonne 3, ligne 38 - ligne 46; figure 1 *	1,17,18, 20	
----- -/--			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 2 juillet 2004	Examineur Elsen, D
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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		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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 04 44 7055

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.7)
X	EP 0 395 759 A (NISSHIN STEEL) 7 novembre 1990 (1990-11-07) * page 6, alinéa 3; figures 1-11 * * abrégé *	1,6,7,9, 17,18,20	
A	US 3 853 306 A (GEORGE PADJEN) 10 décembre 1974 (1974-12-10) * abrégé; figures 1-3 *	6-9,17, 18,20	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 004, no. 174 (C-033), 2 décembre 1980 (1980-12-02) & JP 55 113868 A (KOKOKU KOUSENSAKU KK), 2 septembre 1980 (1980-09-02) * abrégé *	1,23-25	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.7)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 2 juillet 2004	Examineur Elsen, D
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 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 04 44 7055

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-07-2004

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 63109150 A	13-05-1988	AUCUN	
JP 60258458 A	20-12-1985	AUCUN	
GB 588281 A	19-05-1947	AUCUN	
US 2536186 A	02-01-1951	AUCUN	
GB 352911 A	16-07-1931	AUCUN	
US 4282273 A	04-08-1981	DE 2815485 A1 AT 359799 B AT 128379 A EP 0004545 A1	18-10-1979 25-11-1980 15-04-1980 17-10-1979
GB 2009250 A	13-06-1979	AUCUN	
GB 2028875 A	12-03-1980	BE 876429 A1 DE 2920439 A1 FR 2426741 A1	17-09-1979 29-11-1979 21-12-1979
JP 55028363 A	28-02-1980	JP 1130031 C JP 57024067 B	17-01-1983 21-05-1982
US 3112226 A	26-11-1963	AUCUN	
US 3727895 A	17-04-1973	BE 752597 A1 DE 2031816 A1 GB 1293197 A JP 49037899 B ZA 7004341 A	01-12-1970 04-02-1971 18-10-1972 14-10-1974 29-12-1971
JP 03072061 A	27-03-1991	JP 2579820 B2	12-02-1997
US 3782326 A	01-01-1974	AR 199992 A1 AT 312388 B BE 780806 A1 CA 970961 A1 CS 168582 B2 DD 97442 A5 DE 2212785 A1 ES 400837 A1 FR 2130324 A5 GB 1387503 A IT 957561 B JP 55018780 B	15-10-1974 15-11-1973 18-09-1972 15-07-1975 29-06-1976 05-05-1973 21-12-1972 01-02-1975 03-11-1972 19-03-1975 20-10-1973 21-05-1980

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 04 44 7055

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

02-07-2004

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3782326	A		LU 64975 A1	17-09-1973
			NL 7203481 A	19-09-1972
			PL 84497 B1	30-04-1976
			ZA 7201818 A	28-11-1973
US 3995587	A	07-12-1976	US 3924036 A	02-12-1975
			AT 338983 B	26-09-1977
			AT 466974 A	15-01-1977
			AU 6980674 A	11-12-1975
			CA 1028820 A1	04-04-1978
			CH 600967 A5	30-06-1978
			CH 580452 A5	15-10-1976
			DE 2424230 A1	16-01-1975
			ES 427738 A1	01-08-1976
			ES 434437 A1	16-12-1976
			FR 2234943 A1	24-01-1975
			GB 1471693 A	27-04-1977
			IT 1015475 B	10-05-1977
			JP 986470 C	07-02-1980
			JP 50070236 A	11-06-1975
			JP 54017297 B	28-06-1979
			MX 4510 E	02-06-1982
			NL 7408658 A	31-12-1974
			PH 11802 A	05-07-1978
			SE 7408526 A	30-12-1974
			ZA 7403434 A	28-05-1975
EP 0395759	A	07-11-1990	CA 1328166 C	05-04-1994
			WO 9003451 A1	05-04-1990
			EP 0395759 A1	07-11-1990
			KR 9311761 B1	20-12-1993
			US 5119848 A	09-06-1992
			DE 3856289 D1	11-02-1999
			DE 3856289 T2	27-05-1999
US 3853306	A	10-12-1974	US 3743535 A	03-07-1973
JP 55113868	A	02-09-1980	JP 1127489 C	14-12-1982
			JP 57017074 B	08-04-1982

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82