

(12) DEMANDE DE BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) **A1**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2002/10/03

(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2003/04/17

(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2004/03/29

(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2002/003380

(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2003/031111

(30) **Priorité/Priority:** 2001/10/09 (01/12990) FR

(51) Cl.Int.<sup>7</sup>/Int.Cl.<sup>7</sup> B23K 26/32, B23K 15/00

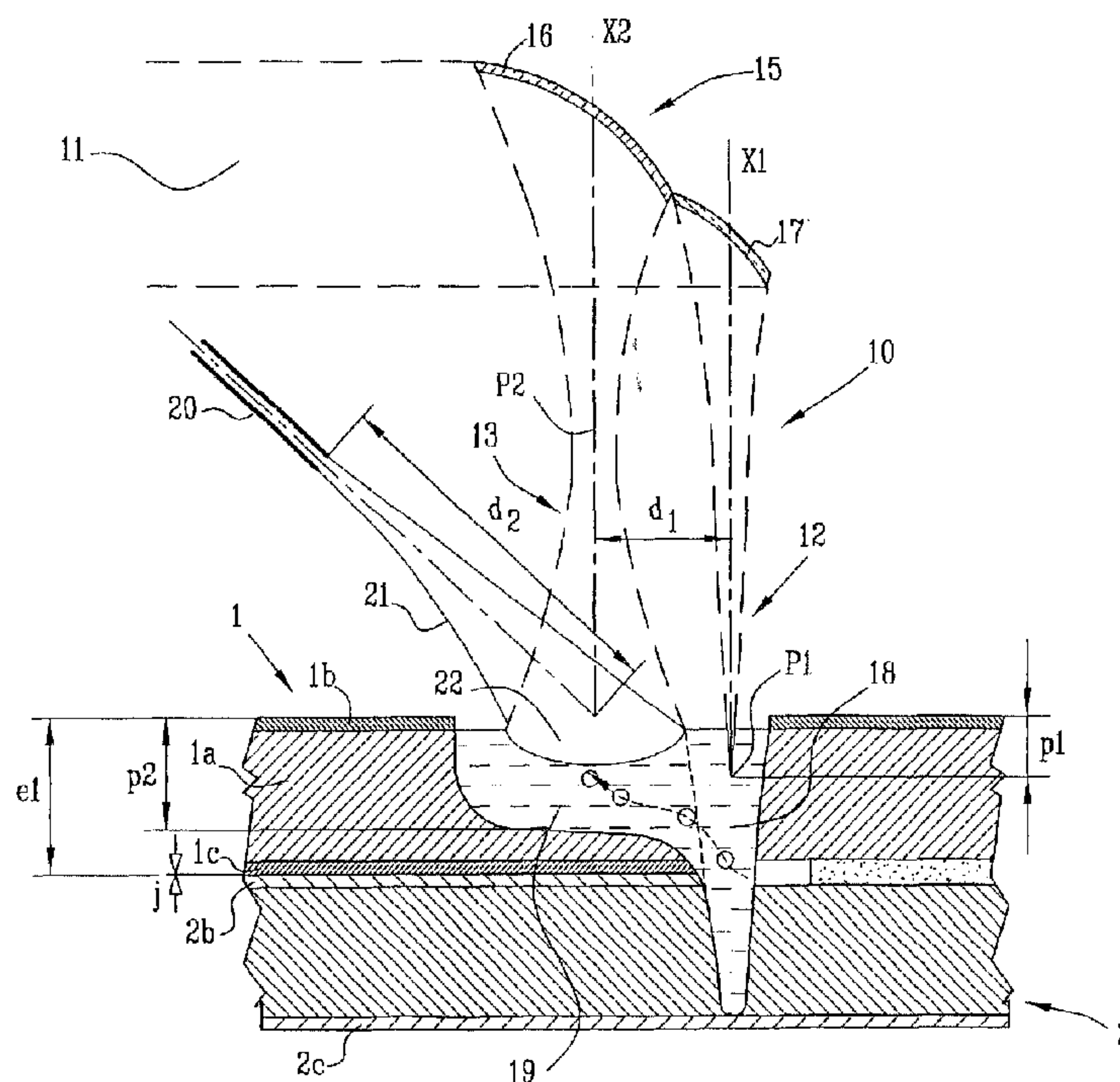
(71) Demandeur/Applicant:  
USINOR, FR

(72) Inventeurs/Inventors:  
ALIPS, PHILIPPE, FR;  
DUBRULLE, FRANCOIS, FR;  
VERGNIEZ, GABRIEL, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : PROCEDE ET DISPOSITIF DE SOUDAGE PAR RECOUVREMENT A L'AIDE D'UN FAISCEAU A HAUTE DENSITE D'ENERGIE DE DEUX TOLES REVETUES

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR OVERLAPPING WELDING OF TWO COATED METAL SHEETS WITH A BEAM OF HIGH ENERGY DENSITY



(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de soudage par recouvrement ô l'aide d'un faisceau ô haute densité d'énergie (11) de deux tôles (1, 2) revêtues, caractérisé en ce que l'on sépare le faisceau (11) en un premier sous faisceau (12) traversant les deux tôles (1, 2) revêtues et formant dans cette zone un premier bain de métal fondu (18) et en un second sous faisceau (13) non traversant et formant un second bain de métal fondu (19) dont la profondeur est inférieure ô l'épaisseur de la tôle revêtue supérieure (1) et chevauchant au moins une partie du premier bain de métal fondu (18) pour favoriser l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement et on dirige sur le second bain de métal fondu (19) un jet de gaz neutre ô haute vitesse d'éjection pour former ô la surface du second bain de métal fondu une cuvette (22).

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international**



**(43) Date de la publication internationale**  
**17 avril 2003 (17.04.2003)**

## PCT

**(10) Numéro de publication internationale**  
**WO 03/031111 A1**

**(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> :**  
**B23K 26/32, 15/00**

**(72) Inventeurs; et**

**(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : ALIPS, Philippe** [FR/FR]; 15, rue de la Commune, F-59380 Armbouts Cappel (FR). **DUBRULLE, François** [FR/FR]; 40, rue Belle-Rade, F-59240 DUNKERQUE (FR). **VERGNIEZ, Gabriel** [FR/FR]; 32, rue Principale, F-62500 BOISDINGHEM (FR).

**(21) Numéro de la demande internationale :** PCT/FR02/03380

**(22) Date de dépôt international : 3 octobre 2002 (03.10.2002)**

**(25) Langue de dépôt :** français

**(74) Mandataires : BLOT, Philippe** etc.; 2, place d'Estienne d'Orves, F-75441 Paris Cedex 09 (FR).

**(26) Langue de publication :** français

**(81) États désignés (*national*) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

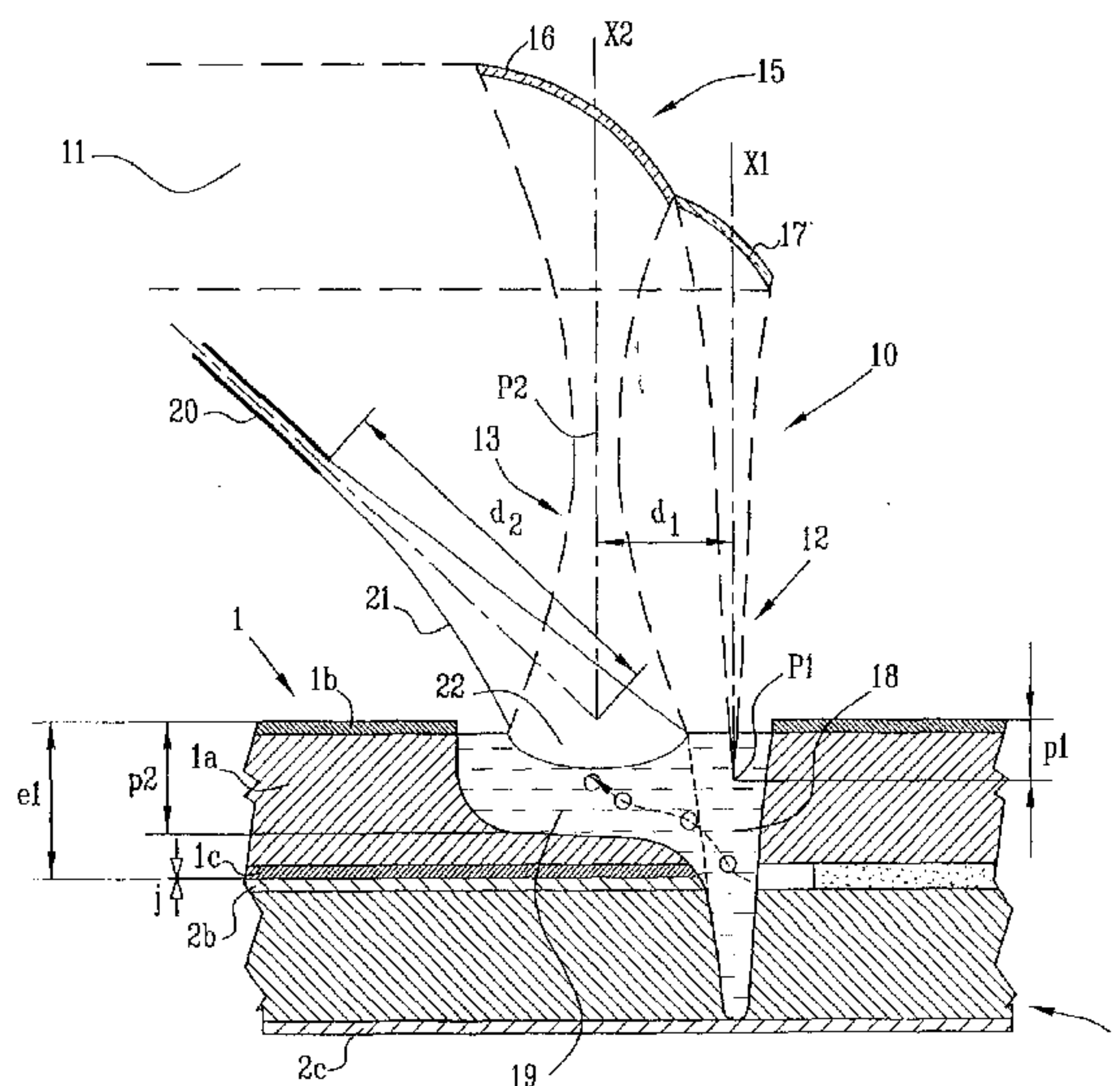
**(30) Données relatives à la priorité :**  
01/12990                      9 octobre 2001 (09.10.2001)      FR

**(71) Déposant** (pour tous les États désignés sauf US) : **USINOR** [FR/FR]; Immeuble La Pacific - La Défense 7, 11-13, cours Valmy, F-92800 Puteaux (FR).

*[Suite sur la page suivante]*

**(54) Title:** METHOD AND DEVICE FOR OVERLAPPING WELDING OF TWO COATED METAL SHEETS WITH A BEAM OF HIGH ENERGY DENSITY

**(54) Titre :** PROCEDE ET DISPOSITIF DE SOUDAGE PAR RECOUVREMENT A L'AIDE D'UN FAISCEAU A HAUTE DENSITE D'ENERGIE DE DEUX TOLES REVETUES



**(57) Abstract:** The invention concerns a method for overlapping welding of two coated metal sheets (1, 2) with a beam of high energy density (11), characterized in that it consists in splitting the beam (11) into a first sub-beam (12) passing through both coated metal sheets (1, 2) and forming in said zone a first molten metal bath (18) and into a non-through second sub-beam (13) forming a second molten metal bath (19) whereof the depth is less than the thickness of the upper coated metal sheet (1) and overlapping at least part of the first molten metal bath (18) for promoting evacuation of vapour from the coating material and directing on the second molten metal bath (19) a neutral gas jet with high ejection speed to form at the surface of the second molten metal bath a sink (22).

*[Suite sur la page suivante]*



**WO 03/031111 A1**

WO 03/031111 A1



**(84) États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale

— avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un procédé de soudage par recouvrement ô l'aide d'un faisceau ô haute densité d'énergie (11) de deux tôles (1, 2) revêtues, caractérisé en ce que l'on sépare le faisceau (11) en un premier sous faisceau (12) traversant les deux tôles (1, 2) revêtues et formant dans cette zone un premier bain de métal fondu (18) et en un second sous faisceau (13) non traversant et formant un second bain de métal fondu (19) dont la profondeur est inférieure ô l'épaisseur de la tôle revêtue supérieure (1) et chevauchant au moins une partie du premier bain de métal fondu (18) pour favoriser l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement et on dirige sur le second bain de métal fondu (19) un jet de gaz neutre ô haute vitesse d'éjection pour former ô la surface du second bain de métal fondu une cuvette (22).

**Procédé et dispositif de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie de deux tôles revêtues.**

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie de deux tôles revêtues d'un matériau ayant une température d'évaporation  
5 inférieure à la température de fusion du matériau constituant lesdites tôles.

Dans diverses industries, notamment pour fabriquer des éléments de carrosserie de véhicules automobiles ou encore des pièces pour les appareils électroménagers, on utilise des tôles dites revêtues qui comprennent une partie centrale métallique d'épaisseur par exemple comprise entre 0,5 et  
10 3mm et revêtue sur chacune de ses faces d'une couche d'un matériau de protection, comme par exemple d'alliages plus ou moins complexes de zinc ou d'aluminium d'épaisseur inférieure à 25µm.

D'une manière générale, l'invention s'applique aux tôles revêtues de tout matériau dont la température d'évaporation est inférieure à la température  
15 de fusion du matériau de base constituant les tôles.

Pour souder deux tôles nues c'est à dire ne comportant aucun revêtement, il est connu d'effectuer un recouvrement partiel des deux tôles et de déplacer le long de cette zone de recouvrement un faisceau à haute densité d'énergie de façon à réaliser un cordon de soudure continu et étanche.

20 Dans le cas de soudage de deux tôles revêtues, par exemple de deux tôles d'acier galvanisées ou électrozinguées, ce procédé de soudage par faisceau à haute densité d'énergie présente un inconvénient majeur.

En effet, le métal peut atteindre ponctuellement au niveau de la tache d'impact du faisceau à haute densité d'énergie, une température de  
25 quelques milliers de degrés C qui est donc très supérieure au point de vaporisation du matériau constituant le revêtement.

Ainsi, le matériau de revêtement situé entre les deux tôles dans la zone de recouvrement est rapidement à l'état de vapeur et dégaze violemment

par le seul chemin possible c'est à dire par le bain de métal fondu créé dans lesdites tôles par le faisceau à haute densité d'énergie.

Or, une couche de matériau de revêtement d'épaisseur de 10pm occupe un volume de quelques centimètres cubes une fois vaporisée et la  
5 pression qui règne au niveau de l'interface dans la zone de recouvrement des tôles revêtues peut atteindre quelques centaines de bars.

Etant donné que le point d'évaporation du matériau de revêtement est inférieur au point de fusion du matériau de base constituant les deux tôles, de la vapeur de ce matériau de revêtement emprisonné entre ces deux tôles  
10 perce la paroi du bain de métal fondu si bien que les expulsions sont nombreuses et une grande partie du bain de métal fondu est expulsée sous la forme de violentes projections.

Ce manque de métal liquide conduit donc à la formation de porosités au niveau de la zone d'assemblage.

15 Par ailleurs, des bulles de gaz peuvent être également piégées lors de la solidification, ce qui entraîne la formation de défauts volumiques.

De ce fait, le cordon de soudure présente des porosités posant des problèmes pour l'étanchéité au niveau de la zone de recouvrement des tôles revêtues, ou pour la tenue mécanique des liaisons.

20 Plusieurs solutions ont été proposées pour éliminer les inconvénients dus aux dégagements incontrôlés des vapeurs du matériau de revêtement conduisant à un cordon de soudure de mauvaise qualité.

Une des solutions connues consiste à réaliser, avant le soudage, un jeu entre les deux tôles à souder pour favoriser l'évacuation des vapeurs du  
25 matériau de revêtement.

Mais, cette solution connue nécessite une opération supplémentaire pour la réalisation du jeu et la reproductibilité de ce jeu par des dispositifs appropriés n'est pas garantie. De plus, le jeu ainsi créé joue un rôle néfaste sur la tenue en fatigue des assemblages.

30 Une solution connue consiste à utiliser en combinaison un faisceau à haute densité d'énergie et une source de chaleur.

La source de chaleur qui précède le faisceau à haute densité d'énergie amène des modifications qui assurent les conditions de soudage avec des paramètres classiques. Ainsi, il est connu d'associer un faisceau à haute densité d'énergie avec une torche MIG. Mais l'inconvénient de ces techniques hybrides réside dans une augmentation du coût important et une réduction de la flexibilité du procédé.

Une autre solution connue consiste aussi à réaliser des microcanaux au niveau de l'interface des deux tôles sur l'un des revêtements afin de faciliter l'évacuation du revêtement vaporisé lors du soudage. Ces micro-canaux peuvent être constitués par des ondulations de la tôle ou encore par un micro usinage préalable réalisé au moyen d'un faisceau laser.

Mais la formation d'ondulations sur l'une des tôles par un préemboutissage ne permet pas une liaison continue et ne garantit donc pas l'étanchéité du cordon de soudure et le préusinage à l'aide d'un faisceau laser est coûteux et difficile à réaliser.

L'invention a pour but d'éviter les inconvénients précédemment mentionnés en proposant un procédé et un dispositif de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie de deux tôles revêtues qui permettent de supprimer les expulsions de vapeur du matériau de revêtement et la formation de porosités au niveau de la soudure, tout en permettant une tolérance de jeu avant soudage au droit du joint, et sans contrainte excessive de positionnement de ces tôles revêtues.

L'invention a donc pour objet un procédé de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie de deux tôles revêtues d'un matériau ayant une température d'évaporation inférieure à la température de fusion du matériau des tôles, caractérisé en ce que :

- on effectue un recouvrement au moins partiel des deux tôles revêtues,
- on met en contact les faces des deux tôles sur la zone de recouvrement,

- on sépare le faisceau à haute densité d'énergie, d'une part, en un premier sous-faisceau traversant les deux tôles revêtues dans la zone de recouvrement et formant dans cette zone un premier bain de métal fondu et, d'autre part, en un second sous-faisceau non traversant et formant un second bain de métal fondu dont la profondeur est inférieure à l'épaisseur de la tôle revêtue supérieure et chevauchant au moins une partie du premier bain de métal fondu pour favoriser l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement,

- on dirige sur le second bain de métal fondu un jet de gaz neutre à haute vitesse d'éjection pour former à la surface dudit second bain de métal fondu une cuvette accélérant l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement, et

- on forme le long de la zone de recouvrement un cordon de soudure continu et étanche par déplacement des deux sous-faisceaux et du jet de gaz neutre ou des deux tôles revêtues.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention

- le point focal du premier sous-faisceau est situé à une distance de plus ou moins 2mm de la face supérieure de la tôle revêtue supérieure,

- le point focal du premier sous-faisceau est situé dans la tôle revêtue supérieure à une profondeur comprise entre la face supérieure de cette tôle revêtue et environ le tiers de ladite tôle,

- le point focal du second sous-faisceau est situé au-dessus ou en-dessous de la face supérieure de la tôle supérieure,

- la surface du second bain de métal fondu est supérieure à la surface du premier bain de métal fondu,

- la surface de la cuvette est inférieure à la surface du second bain de métal fondu,

- on module la densité de puissance de chaque sous-faisceau en fonction de l'épaisseur des deux tôles revêtues dans la zone de recouvrement et de l'épaisseur de la tôle revêtue supérieure.

L'invention a également pour objet un dispositif de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie de deux tôles revêtues d'un matériau ayant une température d'évaporation inférieure à la température de fusion du matériau des tôles, caractérisé en ce qu'il comprend

- 5           - des moyens de séparation du faisceau à haute densité d'énergie, d'une part, en un premier sous-faisceau traversant les deux tôles revêtues dans la zone de recouvrement et formant dans cette zone un premier bain de métal fondu et, d'autre part, en un second sous-faisceau non traversant et formant un second bain de métal fondu dont la profondeur est inférieure à  
10 l'épaisseur de la tôle revêtue supérieure et chevauchant au moins une partie du premier bain de métal fondu pour favoriser l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement,
- une buse de soufflage sur le second bain de métal fondu d'un jet de gaz neutre à haute vitesse d'éjection pour former à la surface dudit second  
15 bain de métal fondu une cuvette accélérant l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement, et
- des moyens de déplacement en continu des deux sous-faisceaux et de la buse ou des deux tôles revêtues;

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- 20           - les moyens de séparation du faisceau à haute densité d'énergie comprennent un miroir de focalisation à deux dioptries de focales différentes, l'un desdits dioptries étant mobile pour régler la position des axes optiques des deux sous-faisceaux l'un par rapport à l'autre,
- la distance séparant les axes optiques des deux sous faisceaux est  
25 comprise entre 3 et 5mm,
- le point de contact de l'axe du jet de gaz neutre sur la face supérieure de la tôle revêtue supérieure correspond sensiblement au point d'impact de l'axe optique du second sous-faisceau sur ladite face supérieure,
- le faisceau à haute densité d'énergie est un faisceau laser,

- la distance séparant l'extrémité libre de la buse et le point de contact du jet de gaz neutre sur la face supérieure de la tôle revêtue supérieure est comprise entre 30 et 50mm,

- le débit de gaz neutre est compris entre 12 et 35 l/mn,

5           - la buse forme avec la face supérieure de la tôle revêtue supérieure un angle compris entre 30 et 60°.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels

10           - la Fig. 1 est une vue schématique en perspective de deux tôles revêtues destinées à être soudées par un dispositif de soudage conforme à l'invention,

- la Fig. 2 est une vue schématique en coupe transversale du dispositif de soudage conforme à l'invention,

15           - la Fig. 3 est une vue schématique de dessus montrant les bains de métal fondu formés à la surface des tôles revêtues par le dispositif de soudage conforme à l'invention.

Le dispositif de soudage représenté schématiquement sur les figures 1 et 2 et désigné dans son ensemble par la référence 10 est destiné au  
20 soudage par recouvrement partiel ou total de deux tôles 1 et 2 revêtues d'un matériau ayant une température d'évaporation inférieure à la température de fusion du matériau des tôles.

De manière classique, la tôle 1 comporte une partie centrale 1 a métallique et sur chacune de ses faces principales une couche 1 b et 1 c d'un  
25 revêtement de zinc ou d'aluminium par exemple.

De même, la tôle 2 comporte une partie centrale 2a métallique munie sur chacune de ses faces principales d'une couche 2b et 2c d'un revêtement d'alliages plus ou moins complexes de zinc ou d'aluminium par exemple.

30           Selon une variante, les tôles 1 et 2 peuvent comporter une couche de revêtement sur une seule face.

A titre d'exemple, chaque tôle revêtue 1 et 2 a une épaisseur totale comprise entre 0,5 et 3mm et chaque couche de revêtement 1 b, 1 c et 2b, 2c a une épaisseur inférieure à 25µm.

Sur les figures, l'épaisseur des tôles 1 et 2 a été volontairement  
5 exagérée afin de faciliter la compréhension de la description.

Afin de réaliser un assemblage destiné par exemple à former des éléments de carrosserie de véhicules automobiles ou encore des pièces pour l'électroménager, les tôles 1 et 2 sont partiellement superposées, comme représentées à la Fig. 1, sur une zone de recouvrement A de façon à amener  
10 en contact au moins une partie du revêtement 1 c de la tôle 1 avec une partie du revêtement 2b de la tôle 2 et cela sur toute la longueur desdites tôles 1 et 2. Le jeu j entre les tôles peut être compris entre 0 et 0,3mm.

Avec un procédé de soudage classique, ce matériau de revêtement présent initialement à l'interface des tôles 1 et 2 est rapidement à l'état de  
15 vapeur lors du soudage des tôles 1 et 2 par un faisceau à haute densité d'énergie et la vapeur dégaze violemment dans le bain fondu créé par le faisceau à haute densité d'énergie si bien que les expulsions de vapeur sont nombreuses ce qui crée des porosités dans le cordon de soudure et une liaison de qualité médiocre.

20 Le dispositif de soudage de l'invention permet de souder des tôles revêtues à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie 11, comme par exemple un faisceau laser de type CO2 ou YAG, en évitant les éjections du bain métallique fondu.

Pour cela et ainsi que représenté à la Fig. 2, le faisceau à haute  
25 densité d'énergie 11 qui sera par la suite dénommé faisceau laser est divisé en un premier sous-faisceau 12 traversant et en un second faisceau 13 non traversant, les deux sous-faisceaux 12 et 13 ayant une densité de puissance différente au niveau supérieur de la tôle 1.

Le dispositif 10 comporte donc des moyens de séparation du  
30 faisceau laser 11 qui sont constitués par exemple d'une tête bifocale 15

équipée d'un miroir de focalisation à deux dioptries, respectivement 16 et 17, de focales différentes.

L'un des dioptries et notamment le dioptre 17 est mobile par rapport au dioptre 16 pour positionner l'axe optique X1 du premier sous-faisceau 12 par rapport à l'axe optique X2 du second sous-faisceau 13 sur la face supérieure de la tôle supérieure 1.

La puissance de chaque sous-faisceau 12 et 13 est modulée en fonction de l'épaisseur des deux tôles revêtues 1 et 2 dans la zone de recouvrement A et également en fonction de l'épaisseur de la tôle revêtue 1 supérieure.

Le point focal P1 du premier sous-faisceau 12 est, dans l'exemple de réalisation représenté à la Fig. 2, situé dans la tôle revêtue 1 supérieure à une profondeur p1 sensiblement égale à un tiers de l'épaisseur e1 de ladite tôle 1.

Selon une variante, le point focal P1 du premier sous-faisceau 12 peut également être situé, à une distance de plus ou moins 2mm de la face supérieure de la tôle revêtue 1 supérieure.

Le premier sous-faisceau 12 est destiné à relier les tôles revêtues 1 et 2 par un cordon de soudure 5 continu et étanche (Fig. 3) et à cet effet, ce premier sous-faisceau 12 est un faisceau traversant qui forme sur toute la hauteur des tôles revêtues 1 et 2 un bain de métal fondu 18 ayant, en coupe longitudinale, la forme d'un cône (Fig. 2) et, en coupe transversale, une forme elliptique (Fig. 3).

Le second sous-faisceau 13 est un faisceau non traversant et son point focal P2 est situé au-dessus ou au-dessous de la face supérieure de la tôle revêtue 1 supérieure. Ce second sous-faisceau 13 est déterminé pour former un bain de métal fondu 19 ayant transversalement la forme d'une ellipse dissymétrique (Fig. 3) et dont la profondeur p2 est inférieure à l'épaisseur e1 de la tôle revêtue 1 supérieure (Fig. 2).

Ainsi que représenté à la Fig. 3, la surface de second bain de métal fondu 19 est supérieure à la surface du premier bain de métal fondu 18 et ce

second bain de métal fondu 19 recouvre au moins une partie du premier bain de métal fondu 18.

Dans l'exemple de réalisation représenté sur les figures, le second bain de métal fondu 19 recouvre complètement le premier bain de métal fondu  
5 18.

Lors du soudage des deux tôles revêtues 1 et 2, il se forme au niveau de l'interface de ces deux tôles de la vapeur du matériau de revêtement étant donné que ce matériau a une température d'évaporation inférieure à la température de fusion du matériau de la partie centrale 1 a et 2a desdites tôles  
10 et cette vapeur remonte à la surface des bains de métal fondu 18 et 19.

Du fait de l'augmentation de la surface des bains de métal fondu par le second bain de métal fondu 19, la surface de dégazage pour la vapeur du matériau de revêtement est ainsi augmentée sans augmenter la quantité de ce matériau de revêtement vaporisé.

15 La distance d1 séparant les axes optiques X1 et X2 des deux sous-faisceaux 12 et 13 est comprise entre 3 et 5 mm.

Afin d'accélérer l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement par le bain de métal fondu 19, le dispositif comprend une buse 20 de soufflage sur le second bain de métal fondu 19 d'un jet dur 21 de gaz neutre, comme par  
20 exemple de l'argon, de l'hélium, de l'azote ou un mélange de ces gaz.

Ce jet 21 de gaz neutre a une vitesse d'éjection importante et forme à la surface de ce second bain de métal fondu 19 une cuvette 22 dont la surface est inférieure à la surface du second bain de métal fondu 19 (Fig. 3).

Ainsi que représenté à la Fig. 2, le point de contact de l'axe X3 du jet dur 21 de gaz neutre sur la face supérieure de la tôle revêtue 1 supérieure correspond sensiblement au point d'impact de l'axe optique X2 du second sous-faisceau 13.  
25

Par ailleurs, la distance d2 séparant l'extrémité libre de la buse 20 et le point de contact de l'axe X3 du jet dur 21 de gaz neutre sur la face  
30 supérieure de la tôle revêtue 1 supérieure est comprise entre 30 et 50mm.

Le débit de gaz neutre dans la buse 20 est compris entre 12 et 35 l/mn et cette buse 20 forme un angle compris entre 30 et 60°.

Le dispositif de soudage 10 comprend également des moyens, non représentés, de déplacement selon la flèche  $f$  des moyens de séparation du faisceau laser 11 ainsi que de la buse 20 le long de la zone de recouvrement A pour réaliser le cordon de soudure 5 continu et étanche assurant l'assemblage des deux tôles revêtues 1 et 2.

Selon une variante, les moyens de séparation du faisceau laser 11 et la buse 20 sont fixes et les deux tôles revêtues 1 et 2 se déplacent selon la flèche  $F$ .

La vitesse de soudage est comprise entre 1 et 5m/mn

Le jet 21 de gaz neutre permet d'agir sur la géométrie du second bain de métal fondu 19 pour diminuer localement son épaisseur en réduisant la profondeur de dégazage, sans perturber le soudage des deux tôles revêtues 1 et 2. Ce jet 21 a également pour effet d'exercer une contre pression sur le bain de métal fondu.

De manière classique un gaz neutre de protection ou de couverture est soufflé au niveau de la zone de soudage.

Le procédé et le dispositif selon l'invention permettent un meilleur dégazage du bain de métal fondu et de supprimer les expulsions de vapeur du matériau de revêtement. De ce fait, les porosités au niveau du cordon de soudure sont considérablement réduites si bien que la tenue à la fatigue de l'assemblage soudé est améliorée.

La tolérance de positionnement des deux tôles revêtues est très large et le procédé est utilisable sur des trajectoires complexes et ne nécessite pas de modifications au niveau de la conception des pièces assemblées, et donc sur les opérations en amont et en aval à l'opération de soudage et s'adapte sur tout équipement laser sans grande modification de l'installation.

Enfin, le procédé et le dispositif selon l'invention sont plus tolérants vis à vis des compositions chimiques plus chargées en éléments gammagènes

(telles que celles des aciers à haute résistance) qui nécessitent des vitesses de refroidissement plus faibles du bain fondu.

Dans l'ensemble de la description qui précède, les termes "premier bain" et "second bain" ont été utilisés dans le but de faciliter la compréhension.

- 5 En réalité, ces bains de métal fondu n'ont pas de séparation physique et ils forment un seul et même bain.

### **REVENDEICATIONS**

1. Procédé de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie (11) de deux tôles revêtues (1, 2) d'un matériau ayant une température d'évaporation inférieure à la température de fusion du matériau des tôles, caractérisé en ce que

- on effectue un recouvrement au moins partiel des deux tôles revêtues (1, 2),

- on met en contact les faces des deux tôles (1, 2) sur la zone de recouvrement,

- on sépare le faisceau à haute densité d'énergie (11), d'une part, en un premier sous-faisceau (12) traversant les deux tôles revêtues (1, 2) dans la zone de recouvrement et formant dans cette zone un premier bain (18) de métal fondu et, d'autre part, en un second sous-faisceau (13) non traversant et formant un second bain de métal fondu (19) dont la profondeur est inférieure à l'épaisseur de la tôle revêtue (1) supérieure et chevauchant au moins une partie du premier bain de métal fondu (18) pour favoriser l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement,

- on dirige sur le second bain de métal fondu (19) un jet (21) de gaz neutre à haute vitesse d'éjection pour former à la surface du second bain de métal fondu (19) une cuvette (22) accélérant l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement, et

- on forme le long de la zone de recouvrement un cordon de soudure (5) continu et étanche par déplacement des deux sous-faisceaux (12, 13) et du jet (21) de gaz neutre ou des deux tôles revêtues (1, 2).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le point focal du premier sous-faisceau (12) est situé à une distance de plus ou moins 2mm de la face supérieure de la tôle revêtue (1) supérieure.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le point focal du premier sous-faisceau (12) est situé dans la tôle revêtue (1) supérieure à une profondeur comprise entre la face supérieure de cette tôle revêtue (1) et environ le tiers de l'épaisseur de ladite tôle (1).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le point focal du second sous-faisceau (13) est situé au-dessus ou au-dessous de la face supérieure de la tôle revêtue (1) supérieure.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la surface du second bain de métal fondu (19) est supérieure à la surface du premier bain de métal fondu (18).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la surface de la cuvette (22) est inférieure à la surface du second bain de métal fondu (19).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on module la densité de puissance de chaque sous-faisceau (12, 13) en fonction de l'épaisseur des deux tôles revêtues (1, 2) dans la zone de recouvrement et de l'épaisseur de la tôle revêtue (1) supérieure.

8. Dispositif de soudage par recouvrement à l'aide d'un faisceau à haute densité d'énergie (11) de deux tôles (1, 2) revêtues d'un matériau ayant une température d'évaporation inférieure à la température de fusion du matériau des tôles (1, 2), caractérisé en ce qu'il comprend

- des moyens (15) de séparation du faisceau à haute densité d'énergie (11), d'une part, en un premier sous-faisceau (12) traversant les deux tôles revêtues (1, 2) dans la zone de recouvrement et formant dans cette zone un premier bain de métal fondu (18) et, d'autre part, en un second sous-faisceau (13) non traversant et formant un second bain de métal fondu (19) dont la profondeur est inférieure à l'épaisseur de la tôle revêtue (1) supérieure et chevauchant au moins une partie du premier bain de métal fondu (18) pour favoriser l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement,

- une buse (20) de soufflage sur le second bain de métal fondu (19) d'un jet (21) de gaz neutre à haute vitesse d'éjection pour former à la surface du second bain de métal fondu (19) une cuvette (22) accélérant l'évacuation de la vapeur du matériau de revêtement, et

- des moyens de déplacement en continu des deux sous-faisceaux (12, 13) et de la buse (20) ou des deux tôles revêtues (1, 2).

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens (15) de séparation du faisceau à haute densité d'énergie (11) comprennent un miroir de focalisation à deux dioptries (16, 17) de focales différentes, l'un desdits dioptries (16, 17) étant mobile pour régler la position des axes optiques des deux sous-faisceaux (12, 13) l'un par rapport à l'autre.

10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce que la distance séparant les axes optiques des deux sous-faisceaux (12, 13) est comprise entre 3 et 5 mm.

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que le point de contact de l'axe du jet (21) de gaz neutre sur la face supérieure de la tôle revêtue (1) supérieure correspond sensiblement au point d'impact de l'axe optique du second sous-faisceau (13) sur ladite face supérieure.

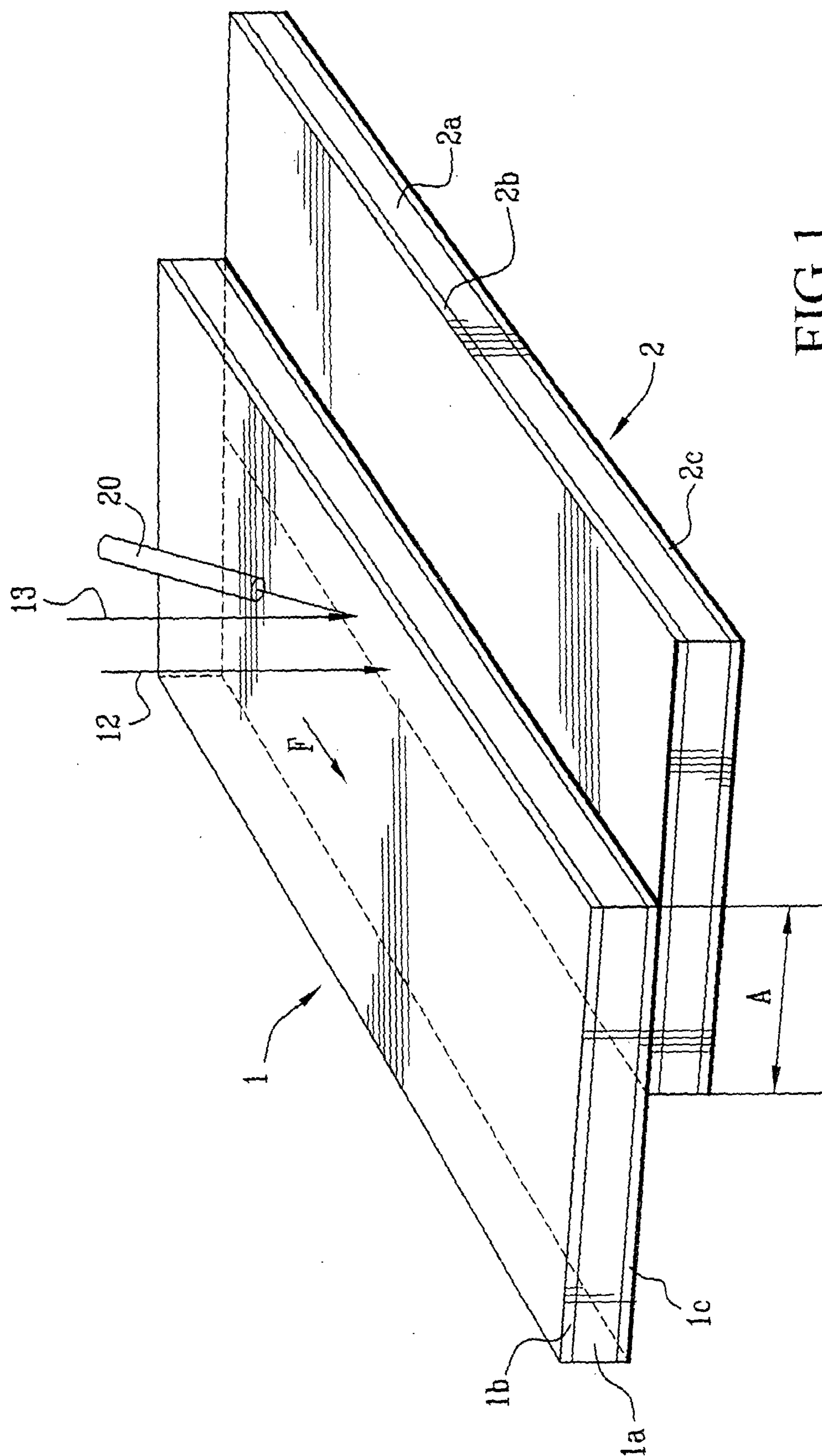
12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que le faisceau à haute densité d'énergie est un faisceau laser.

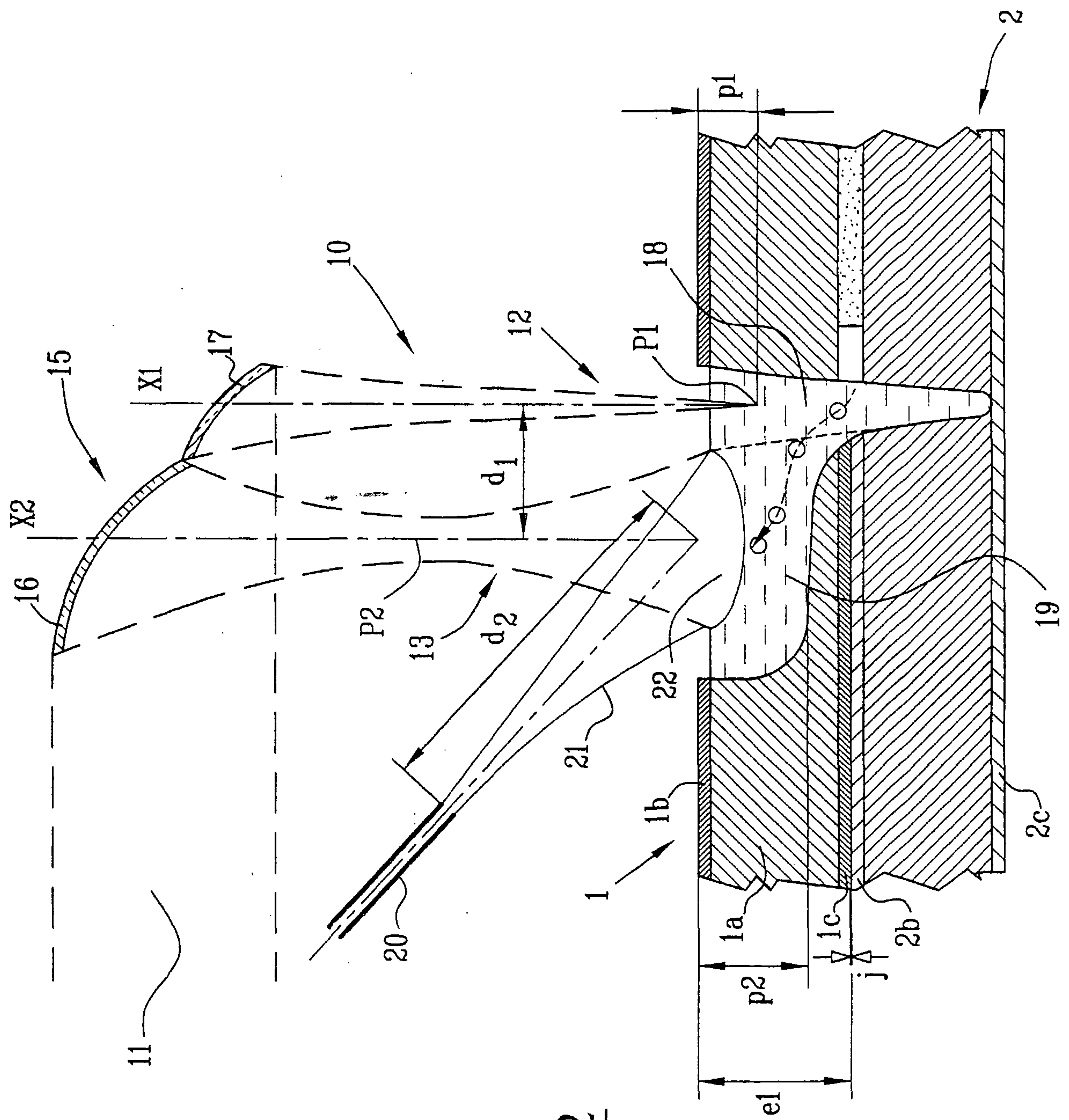
13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que la distance séparant l'extrémité libre de la buse (20) et le point de contact de l'axe du jet (21) de gaz neutre sur la face supérieure de la tôle revêtue supérieure (1) est comprise entre 30 et 50mm.

14. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que le débit de gaz neutre est compris entre 12 et 35 l/mn.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que la buse (20) forme avec la face supérieure de la tôle revêtue (1) supérieure un angle compris entre 30 et 60°.

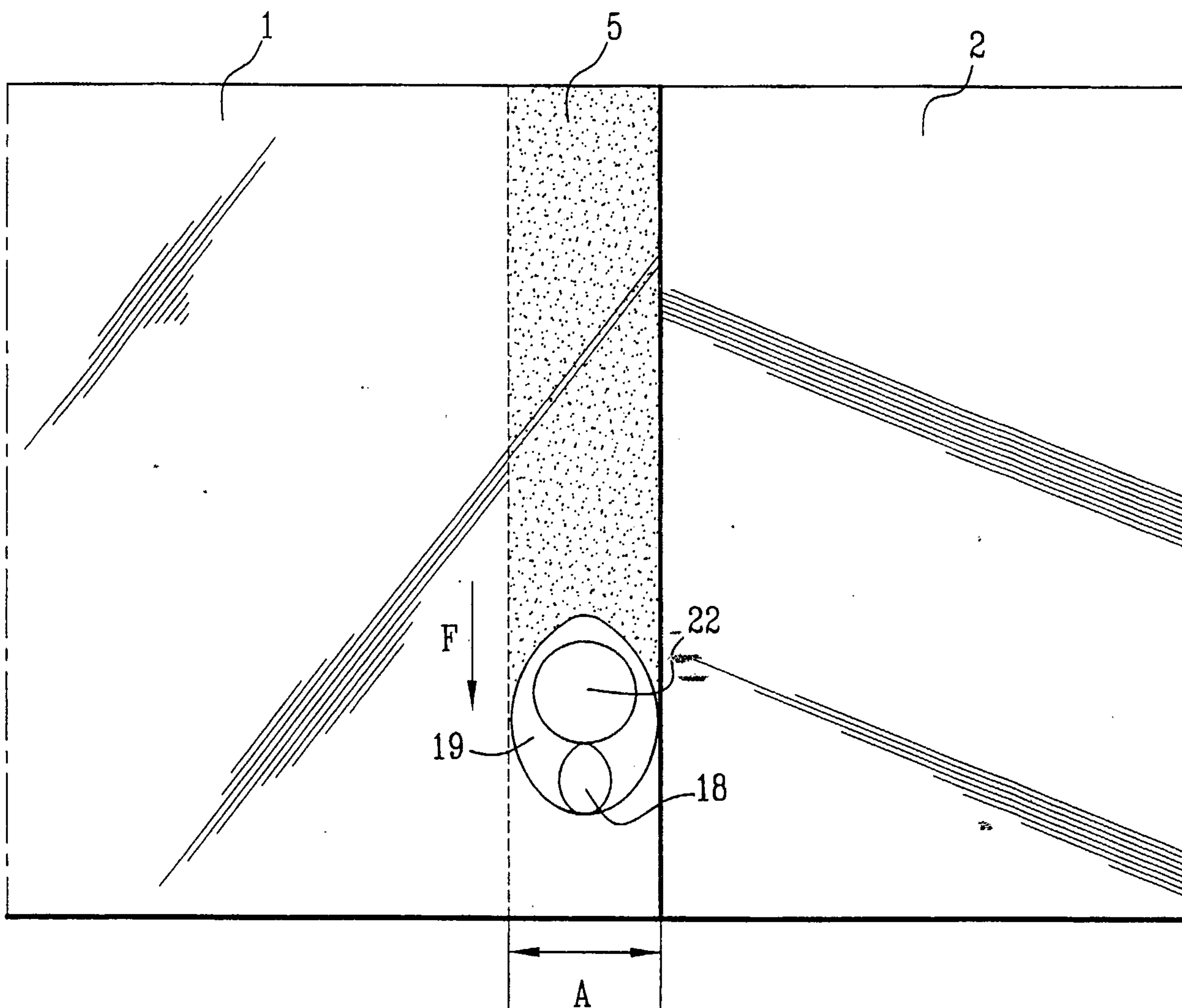
1/3





**FIG. 2**

3/3

FIG.3

