



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

51 Int. Cl.³: B 22 D 21/02
B 22 D 11/10

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



12 FASCICULE DU BREVET A5

11

624 031

21 Numéro de la demande: 9166/78

73 Titulaire(s):
L'Air Liquide, Société Anonyme pour l'Etude et
l'Exploitation des Procédés Georges Claude, Paris
(FR)

22 Date de dépôt: 31.08.1978

30 Priorité(s): 22.09.1977 FR 77 28561

72 Inventeur(s):
Ghislain Gilbert, Bures-sur-Yvette (FR)
Jean Galey, Voisins Bretonneux (FR)
Gérard Bentz, Elancourt-Trappes (FR)

24 Brevet délivré le: 15.07.1981

45 Fascicule du brevet
publié le: 15.07.1981

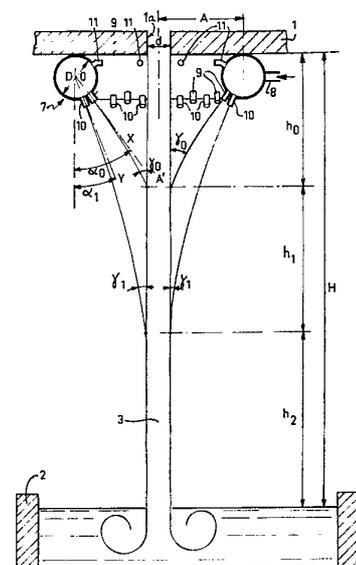
74 Mandataire:
Bovard & Cie., Bern

54 Procédé et dispositif de protection d'un jet de coulée verticale de métal fondu au moyen d'un gaz inerte liquéfié.

57 Un organe séparateur de phase (7), de forme annulaire, délivre la phase liquide, à travers deux rangées d'orifices (9, 10) qui converge vers les jet de métal en fusion (3).

La phase liquide est distribuée sous forme de deux nappes, la nappe supérieure rencontrant le jet (3) à une distance $h \leq 300$ mm à partir du fond du réservoir supérieur (1), chaque nappe formant avec le jet un angle $\gamma < 30^\circ$ et étant prévue pour protéger une hauteur partielle de jet $h \leq 600$ mm.

Le procédé s'applique à la protection de jets de coulée de grand diamètre et de hauteur importante, en particulier entre la poche et le répartiteur dans la coulée continue de brames.



RENDICATIONS

1. Procédé de protection d'un jet de métal fondu de section sensiblement circulaire et de diamètre moyen d , s'écoulant verticalement, sur une hauteur H , entre un réservoir supérieur et un réceptacle inférieur, au moyen d'un gaz inerte liquéfié, distribué par un dispositif comportant un organe séparateur de phase de forme annulaire entourant le jet et prévu pour délivrer, d'une part, la phase gazeuse formant une atmosphère qui enveloppe la partie supérieure du jet et, d'autre part, la phase liquide formant une nappe sensiblement conique convergeant vers le jet qu'elle rencontre sous un angle γ , caractérisé en ce que, pour $d > 40$ mm et $H > 900$ mm, la phase liquide est distribuée sous forme de deux nappes au moins, la nappe supérieure rencontrant le jet de métal à une distance $h_0 \leq 300$ mm à partir du fond du réservoir supérieur, chaque nappe formant, avec le jet, un angle $\gamma < 30^\circ$ et étant prévue pour protéger une hauteur partielle de jet $h \leq 600$ mm.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'angle γ est de l'ordre de 20° .

3. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comportant un organe séparateur de phase de forme annulaire entourant le jet et muni d'injecteurs délivrant, d'une part, la phase gazeuse qui constitue une atmosphère neutre enveloppant la partie supérieure du jet et, d'autre part, la phase liquide en formant une nappe sensiblement conique convergeant vers le jet qu'elle rencontre sous un angle γ , caractérisé en ce que, pour $d > 40$ mm et $H > 900$ mm, le séparateur présente au moins deux rangées d'injecteurs de phase liquide répartis régulièrement selon deux circonférences superposées et situées chacune dans un même plan horizontal, les injecteurs de la rangée supérieure formant un angle α_0 avec la verticale tel que la nappe issue de la rangée supérieure rencontre le jet de métal à une hauteur $h_0 \leq 300$ mm à partir du fond du réservoir supérieur, tandis que la rangée inférieure forme avec la verticale un angle α_1 , tel qu'elle rencontre le jet sous un angle $\gamma_1 < 30^\circ$.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'angle α_1 est tel que γ_1 est de l'ordre de 20° .

5. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il présente la forme d'un tore de rayon à l'axe $A = 120 + \frac{2d}{3}$ mm, le cercle générateur ayant un diamètre $D = \frac{A}{2}$ (mm).

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que la rangée supérieure d'injecteurs fait, avec la verticale, un angle $\alpha_0 = 45^\circ$, et $h_0 = 230$ mm.

7. Dispositif selon la revendication 6, comprenant trois rangées d'injecteurs, caractérisé en ce que chacune des rangées inférieures d'injecteurs fait, avec la verticale, un angle:

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{4 - 20\sqrt{3(h_0 + h_1)}}{8 - 80(h_0 + h_1)}$$

$$\alpha_2 = \arcsin \frac{4 - 20\sqrt{3(h_0 + h_1 + h_2)}}{8 - 80(h_0 + h_1 + h_2)}$$

avec $h_0 + h_1 + h_2 = H$

La présente invention concerne un procédé de protection d'un jet de métal fondu, de section sensiblement circulaire et de diamètre moyen d , s'écoulant verticalement sur une hauteur H , entre un réservoir supérieur et un réceptacle inférieur, au moyen d'un gaz inerte liquéfié distribué par un dispositif comportant un organe séparateur de phases de forme annulaire entourant le jet et prévu pour délivrer, d'une part, la phase gazeuse formant une atmosphère qui enveloppe la partie supérieure du jet et, d'autre part, la phase liquide formant une nappe sensiblement conique convergeant vers le jet qu'elle rencontre sous un angle γ .

Cette protection est assurée actuellement au moyen d'installations qui sont munies de séparateurs de phases du type décrit dans le brevet français N° 2177452. Ces séparateurs comportent, à leur partie inférieure, des orifices par lesquels sort la phase liquide qui s'écoule sous forme d'une nappe unique. L'expérience a montré que si ces séparateurs assurent une protection satisfaisante pour des jets de faibles diamètres (< 40 mm environ) s'écoulant sur une faible hauteur (< 900 mm environ), ce qui est le cas des jets de coulée de billettes ou de blooms entre le répartiteur et les lignes de coulée, cette protection cesse d'être suffisante dès que le jet atteint un diamètre supérieur à 40 mm environ et une hauteur supérieure à 900 mm environ, ce qui est le cas des jets entre la poche et le répartiteur dans la coulée continue de brames.

Des études faites sur la structure de la nappe liquide délivrée par les séparateurs actuels ont permis de constater qu'il se produit un effet de caléfaction au contact du métal liquide en mouvement rapide, de sorte que le gaz liquéfié ne s'écoule pas le long du jet de métal en formant une gaine protectrice, mais rebondit sur ledit jet et tend à se fragmenter en gouttes plus ou moins grosses. Ces études ont montré également qu'à un angle d'incidence i entre le gaz liquéfié et le métal, c'est-à-dire à l'angle que fait la nappe liquide lorsqu'elle rencontre le jet de métal, correspond un angle de réflexion $r < i$. Il en résulte que les conditions de projection du gaz liquéfié sur le jet de coulée doivent, pour éviter le rebondissement des gouttes et assurer une protection suffisante du métal, être déterminées en fonction du diamètre d et de la hauteur H dudit jet.

La présente invention a essentiellement pour but d'éviter les inconvénients des procédés actuellement connus pour protéger les jets de métal afin d'assurer une protection satisfaisante de ces jets même lorsque leur diamètre et leur hauteur atteignent des valeurs importantes et elle propose, à cet effet, un procédé selon lequel, pour $d > 40$ mm et $H > 900$ mm, la phase liquide est distribuée sous forme de deux nappes au moins, la nappe supérieure rencontrant le jet de métal à une distance $h_0 \leq 300$ mm à partir du fond du réservoir supérieur, chaque nappe formant avec le jet un angle $\gamma \leq 30^\circ$ et étant prévue pour protéger une hauteur partielle de jet $h \leq 600$ mm.

L'utilisation de plusieurs nappes liquides au lieu d'une seule et le fait que l'angle d'incidence de chaque nappe ne fait pas 30° permettent la formation d'une couche de gaz liquéfié qui s'écoule de façon continue sur la totalité de la hauteur du jet et forme, autour de celui-ci, une gaine liquide qui le protège contre l'action de l'air ambiant.

L'angle γ est, de préférence, sensiblement égal à 20° .

Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention comportant un organe séparateur de phases de forme annulaire entourant le jet et muni d'injecteurs délivrant, d'une part, la phase gazeuse qui constitue une atmosphère neutre enveloppant la partie supérieure du jet et, d'autre part, la phase liquide en formant une nappe sensiblement conique convergeant vers ledit jet qu'elle rencontre sous un angle γ , est caractérisé en ce que, pour $d > 40$ mm et $H > 900$ mm, le séparateur comporte au moins deux rangées d'injecteurs de phase liquide répartis régulièrement selon deux circonférences superposées et situées chacune dans un même plan horizontal, les injecteurs de la rangée supérieure formant un angle α_0 avec la verticale tel que la nappe issue de la rangée supérieure rencontre le jet de métal à une hauteur $h_0 \leq 300$ mm à partir du fond du réservoir supérieur, tandis que la rangée inférieure forme, avec la verticale, un angle α_1 tel qu'elle rencontre le jet sous un angle $\gamma_1 < 30^\circ$.

La présence de plusieurs rangées d'injecteurs ayant une orientation déterminée permet d'obtenir plusieurs nappes liquides qui rencontrent le jet de métal sous un angle évitant tout revondissement sous forme de gouttelettes, ces nappes assurant pratiquement, par conséquent, la formation d'une gaine protectrice homogène et continue.

Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Dans les dessins annexés donnés uniquement à titre d'exemple non limitatif:

la fig. 1 représente schématiquement et en coupe verticale un dispositif de protection selon la technique antérieure;

la fig. 2 représente schématiquement et en coupe verticale un dispositif de protection selon l'invention.

En se référant à la fig. 1, un réservoir supérieur, qui peut être par exemple une poche de coulée et dont le fond est représenté en 1, contient un métal en fusion qui s'écoule, par un orifice 1_a dudit fond, dans un réceptacle inférieur qui peut être par exemple une lingotière et dont la partie supérieure est représentée en 2. Le métal s'écoule sous forme d'un jet ou colonne verticale 3. La protection du jet ou colonne 3 est assurée par un dispositif comportant un séparateur de phases annulaire 4 qui entoure ledit jet ou analogue. Le séparateur 4 est muni d'une canalisation d'admission 5 qui reçoit un mélange biphasique de gaz neutre liquéfié, d'orifices inférieurs 6 et d'orifices supérieurs 6_a qui délivrent respectivement la phase liquide et la phase gazeuse dudit mélange. La phase gazeuse forme une atmosphère qui enveloppe la partie supérieure du jet, tandis que la phase liquide forme une nappe sensiblement conique qui rencontre le jet vertical 3 sous un angle d'incidence i qui est fonction de l'angle α que fait l'axe OX de chacun des orifices 6 avec la verticale.

On a constaté, au moyen de photographies et de films cinématographiques ultra-rapides, que, pour un angle d'incidence i important, la nappe de gaz liquéfié ne s'écoule pas le long du jet de métal en formant une gaine qui l'entoure. En effet, par suite de l'effet de caléfaction au contact du métal liquide, le gaz liquéfié rebondit sur le jet et se fragmente en gouttelettes plus ou moins grosses qui sont situées dans un cône de sommet A' et de demi-angle au sommet r qui peut être considéré comme l'angle de réflexion du gaz liquéfié arrivant sous l'angle d'incidence i . Il s'est avéré, à la suite d'expériences, que l'angle r est inférieur à l'angle i . En moyenne, r est égal à $\frac{1}{2}$ ou même $\frac{1}{3}$, du moins dans le cas de l'azote liquide.

On a constaté de plus que, par suite de l'absence d'une couche continue de gaz liquéfié sur le jet de métal, il y a entraînement, par effet de trompes, de bulles de l'air atmosphérique dans le métal du réceptacle 2, comme le montre la fig. 1.

L'expérience a montré par ailleurs que le gaz liquéfié, même arrivant sous un angle adéquat évitant toute dispersion en gouttelettes et formant, par conséquent, une gaine entourant le jet, ne protège efficacement ce dernier que sur une hauteur qui n'excède pas 600 mm, cela en raison de l'évaporation du gaz liquéfié qui se produit au bout d'un certain temps.

L'expérience a montré enfin que les dimensions transversales du jet, c'est-à-dire son diamètre moyen, constituaient un facteur important et que les séparateurs actuels conçus pour des jets de faibles diamètres (14 à 20 mm) devenaient inefficaces pour des jets ayant un diamètre moyen supérieur à 40 mm.

On a donc proposé, pour pallier ces différents inconvénients, de projeter la phase liquide sous forme de plusieurs nappes rencontrant le jet de métal à des niveaux différents sous un angle γ qui s'est avéré devoir être inférieur à 30°, pouvant être de préférence de l'ordre de 20°. On a également proposé que la nappe supérieure rencontre le jet à une hauteur inférieure ou égale à 300 mm à partir du fond du réservoir 1 et protège ledit jet à une hauteur qui ne dépasse pas 600 mm.

En se référant à la fig. 2 dans laquelle les mêmes chiffres de référence désignent les mêmes éléments que dans la fig. 1, on voit que le distributeur 7, en forme de tore disposé concentriquement au jet 3, comporte une canalisation 8 d'alimentation en mélange biphasique, des orifices répartis circonférentiellement et situés à sa partie inférieure qui délivrent la phase liquide, ces orifices étant disposés selon deux rangées superposées, l'une supérieure 9, l'autre inférieure 10, et des orifices 11 situés à sa partie supérieure qui délivrent la phase gazeuse.

Sur la fig. 2, on a désigné, en outre, par:

- d le diamètre moyen du jet 3;

- D le diamètre du cercle générateur du tore formant le séparateur 7;

- O le centre dudit cercle;

- A le rayon à l'axe du tore;

5 - α_0 l'angle que fait l'axe OX des injecteurs 9 avec la verticale;

- α_1 l'angle que fait l'axe OY des injecteurs 10 avec la verticale;

- γ_0 l'angle que fait la nappe issue des injecteurs 9 avec le jet 3;

- γ_1 l'angle que fait la nappe issue des injecteurs 10 avec le jet 3;

- H la hauteur totale du jet 3;

10 - h_0 la distance entre le fond du réservoir 1 et l'impact de la nappe issue des injecteurs 9;

- h_1 la distance entre les impacts des nappes issues des injecteurs 9 et 10;

15 - h_2 la distance entre l'impact de la nappe issue des injecteurs 10 et la surface du liquide dans le réceptacle 2.

Le diamètre D et le rayon A du tore sont déterminés en fonction du diamètre d du jet, tandis que le nombre des rangées d'injecteurs ainsi que les inclinaisons de ces injecteurs par rapport à la verticale sont fonction de la hauteur H.

Compte tenu des conditions énoncées plus haut concernant la hauteur souhaitable de protection du jet par l'atmosphère gazeuse et concernant l'angle d'incidence de la phase liquide sur le jet, on a été amené à établir les formules suivantes qui donnent respectivement le diamètre D et le rayon A du tore:

$$25 \quad A \text{ (mm)} = 120 + \frac{2d \text{ (mm)}}{3}$$

$$D \text{ (mm)} = \frac{180 + d \text{ (mm)}}{3}$$

30 On voit que ces tores ont un cercle générateur dont le diamètre est égal sensiblement à la moitié de leur rayon à l'axe.

Le nombre de rangées d'injecteurs est fonction essentiellement de la hauteur H. On sait par ailleurs que l'atmosphère gazeuse protège le jet sur une hauteur de 300 mm et que, d'autre part, une

35 rangée d'injecteurs ne peut protéger une hauteur de jet supérieure à 600 mm.

I) $H \leq 900$ mm.

On peut écrire:

$$H_{\max} = h_0 + h_1 = 300 + 600 = 900 \text{ mm.}$$

40 Une seule rangée d'injecteurs suffit.

II) $900 \leq H \leq 1500$.

On peut écrire:

$$H_{\max} = h_0 + h_1 + h_2 = 300 + 600 + 600 = 1500.$$

Deux rangées d'injecteurs sont nécessaires.

III) $1500 \leq H \leq 2100$.

On peut écrire:

$$H_{\max} = h_0 + h_1 + h_2 + h_3 = 300 + 600 + 600 + 600 = 2100.$$

Trois rangées d'injecteurs sont nécessaires. Les angles d'incidence et d'injecteurs sont déterminés comme suit:

50 α_0 : cet angle peut être tel que h_0 est inférieur ou égal à 300 mm.

Dans la pratique, on choisit α_0 égal à 45°, quel que soit le tore, ce qui entraîne pour h_0 une valeur de 230 mm environ.

α_1 : cet angle est déterminé à partir de h_0 et h_1 exprimées en mètres par la formule suivante:

$$55 \quad \alpha_1 = \text{arc. sin} \frac{4 - 20\sqrt{3}(h_0 + h_1)}{8 - 80(h_0 + h_1)}$$

α_2 : cet angle est déterminé de la même façon à partir de h_0, h_1, h_2 , exprimées en m et est donné par:

$$60 \quad \alpha_2 = \text{arc. sin} \frac{4 - 20\sqrt{3}(h_0 + h_1 + h_2)}{8 - 80(h_0 + h_1 + h_2)}$$

65 Exemple d'application

A titre d'exemple, on donnera ci-après les caractéristiques d'un séparateur de phase torique pour la protection d'un jet de métal de diamètre moyen $d = 60$ mm et de hauteur $H = 1,5$ m.

Ces caractéristiques obtenues, pour plusieurs d'entre elles, à partir des formules sus-mentionnées sont les suivantes:

$D = 86$ mm;

$A = 160$ mm;

Nombre de rangées d'injecteurs: deux;

$\alpha_0 = 45^\circ$; ($h_0 = 230$ mm);

$\alpha_1 = 28^\circ 35'$;

Nombre d'injecteurs par rangée: 36;

Diamètre d'un injecteur: 2 mm;

Longueur d'un injecteur: 15 mm.

Le calcul montre et l'expérience confirme que les angles d'inci-

dence des deux nappes de gaz sur le jet de métal ont des valeurs respectives $\gamma_0 = 23^\circ 12'$ et $\gamma = 11^\circ 50'$.

Le procédé et le dispositif décrits sont applicables à la protection de jet d'un diamètre moyen supérieur à 40 mm et pouvant aller jusqu'à 120 mm et une hauteur supérieure à 900 mm et pouvant excéder 2 m. Ils permettent la protection d'aciers coulés en chute ou en source entre la poche et la lingotière ou d'aciers coulés en continu, en particulier entre la poche et le répartiteur dans la coulée continue. Enfin, le procédé et le dispositif s'appliquent à la coulée de brames à l'aide d'une busette rotative, le distributeur annulaire pouvant alors être prévu pour être encastré à l'intérieur de la busette rotative.

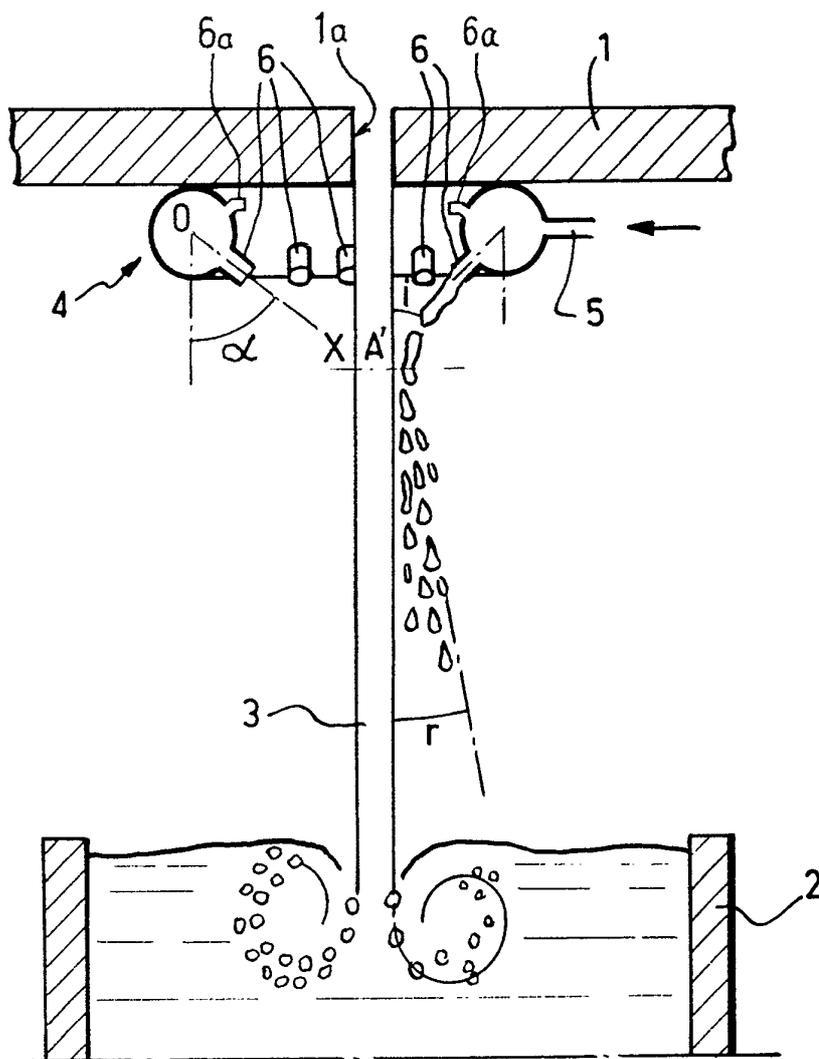


FIG.1

