

⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑳ Numéro de dépôt: **86440098.1**

⑤① Int. Cl.4: **B 22 D 11/04**

㉑ Date de dépôt: **06.11.86**

③① Priorité: **15.11.85 FR 8516954**

④③ Date de publication de la demande:
08.07.87 Bulletin 87/28

⑧④ Etats contractants désignés:
AT BE DE ES GB IT LU NL SE

⑦① Demandeur: **INSTITUT DE RECHERCHES DE LA**
SIDERURGIE FRANCAISE (IRSID)
Vole Romaine B.P. 64
F-57210 Maizières-les-Metz (FR)

⑦② Inventeur: **Larrecq, Michel**
87 bis, rue Georges Ducrocq
F-57070 Metz (FR)

Petegnief, Jacques
29, rue de Bouteller
F-57000 Metz (FR)

⑦④ Mandataire: **Ventavoll, Roger et al**
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE
FRANCAISE (IRSID) Station d'Essais Boite Postale 64
F-57210 Maizières-lès-Metz (FR)

⑤④ **Lingotière de coulée continue à tête chaude.**

⑤⑦ Les parois comportent à leur partie supérieure un insert (3) constitué par un mince dépôt d'un matériau réfractaire à faible conductivité thermique, ayant une bonne tenue aux chocs thermiques destiné à ralentir les échanges thermiques, au niveau du ménisque, entre le métal coulé et la lingotière. Le dépôt de matériau réfractaire est obtenu par projection au moyen d'un canon à détonation et est en alumine, zircone, nitrure de bore ou carbure de chrome.

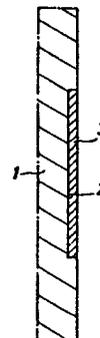


Fig. 1

Description

LINGOTIERE DE COULEE CONTINUE A TETE CHAUDE.

L'invention concerne une lingotière verticale ou sensiblement verticale pour la coulée continue des métaux en fusion tel que l'acier. Plus particulièrement, l'invention concerne une lingotière en cuivre ou alliage de cuivre, à tête chaude, c'est-à-dire dans laquelle les échanges thermiques, au niveau du ménisque, entre le métal coulé et la lingotière sont ralentis de manière à atténuer les rides d'oscillation sur le produit coulé.

On connaît, par exemple par les documents FR-A-2 528 738 et FR-A-2 540 409, une telle lingotière, dont les parois énergétiquement refroidies par circulation d'un liquide de refroidissement, comportent à leur partie supérieure un insert métallique d'acier inoxydable, dont la conductivité thermique est inférieure à celle du métal constituant les parois de la lingotière. De la sorte, le métal est moins refroidi au voisinage du ménisque, ce qui permet de diminuer la profondeur des rides d'oscillation et la longueur de la corne solidifiée qui accompagne leur formation. On sait que de telles rides constituent des points sensibles où naissent préférentiellement des criques de surface préjudiciables à la qualité du produit fini.

La mise en place de cet insert métallique, dont l'épaisseur moyenne peut être de quelques millimètres (l'épaisseur peut être uniforme, ou bien décroître du haut en bas de l'insert), se fait selon une technique coûteuse (en général placage par explosion) en raison de la nécessité d'obtenir un contact parfait entre l'insert métallique et la paroi de la lingotière. Cette nécessité résulte notamment du fait que toute résistance thermique de contact non nulle introduit une donnée prédéterminée et non reproductible dans la résistance thermique globale de la lingotière. D'autre part, ces lingotières comportent souvent un revêtement superficiel d'usure en nickel destiné à éviter la formation de criques en étoile dans le produit coulé : l'addition d'une résistance thermique de contact risque de conduire le nickel à une température proche de sa limite autour de 600°C (température du métal au voisinage de la paroi : environ 1540°C).

Le but de l'invention est de proposer un nouveau type d'insert pour lingotière à tête chaude, qui ne présente pas les inconvénients précités.

Selon l'invention, l'insert, de 10 à 20 cm de long environ, est constitué par un mince dépôt d'un matériau réfractaire à faible conductivité thermique ayant une bonne tenue aux chocs thermiques, et dont l'épaisseur, prise entre environ 200 et 500µm, est choisie de manière que, à la température de contact du métal avec ledit matériau déposé, ledit métal en cours de solidification présente une fraction solide comprise entre 25 et 35 % environ en poids.

Les inventeurs ont en effet constaté que si la fraction solide à la surface du métal coulé est supérieure à environ 35 %, on obtient, par refroidissement dans la zone du ménisque proche de la paroi de la lingotière, une corne épaisse et rigide qui ne

peut plus se déformer, ce qui entraîne la formation des rides d'oscillation.

Inversement, si la fraction solide est faible, le ménisque n'a plus de consistance ni rigidité; mais maintenir une fraction liquide inférieure à 25 % revient à inhiber une part importante du refroidissement en lingotière. Dans le domaine considéré, les matériaux réfractaires choisis résistent à des températures d'environ 1800°C. Leur conductivité thermique est de préférence inférieure à 10 W.m⁻¹K⁻¹, à comparer à des conductivités de l'ordre de 50, 100 et 300 W.m⁻¹K⁻¹ respectivement pour des inserts en inox, nickel et alliage cuivre-argent.

Les faibles épaisseurs envisagées sont avantageusement comprises entre 2 et 5/10^e de mm, à comparer aux quelques millimètres d'épaisseur des inserts métalliques.

Les matériaux réfractaires sont notamment l'alumine (température de fusion : 2040°C ; conductivité thermique s'échelonnant entre 2 W.m⁻¹K⁻¹ et des valeurs supérieures selon le traitement subi), la zircone (température de fusion : 2700°C ; conductivité thermique : 1 W.m⁻¹K⁻¹), le nitrure de bore, ou, de manière préférée, le carbure de chrome (température de fusion : 1800° ; conductivité thermique : 7,5 W.m⁻¹K⁻¹).

Le dépôt du matériau s'obtient par projection de manière pulvérulente à chaud, par exemple au moyen d'une torche à plasma ou de préférence d'un canon à détonation (selon la technique commercialisée par la société "Union Carbon Corporation"), suivi d'un polissage. Cette technique permet d'obtenir un accrochage excellent entre le support et le matériau d'apport, et un revêtement homogène exempt d'aspérité.

Le dépôt est pratiqué dans un évidement de la paroi de la lingotière, de profondeur égale à l'épaisseur de dépôt, pratiqué soit dans le cuivre de la paroi, soit dans le revêtement superficiel de nickel ou de chrome s'il en est prévu un.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va être faite d'un mode particulier de réalisation de l'invention. On se reportera aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente une coupe partielle de la paroi d'une lingotière conforme à l'invention,

- la figure 2 est une vue similaire lorsque la lingotière est pourvue d'un revêtement superficiel,

- la figure 3 est un graphique montrant la variation du flux surfacique de chaleur dissipée par la lingotière en fonction de la distance par rapport à la surface du ménisque (ordonnée 0),

- figure 4 est une représentation du profil des rides d'oscillations sur des brames de coulée continue dans une lingotière selon l'invention,

- figure 5 est une représentation similaire avec une lingotière sans insert.

Sur la figure 1, la paroi 1 en cuivre comporte un évidement 2 de 3/10^e mm d'épaisseur et d'une quinzaine de centimètres de hauteur couvrant la

région du ménisque compte tenu des oscillations d'une part et des éventuelles variations de niveau moyen. L'évidement 2 est comblé par un dépôt 3 de Cr_3C_2 obtenu par projection au canon à détonation, suivi d'un polissage.

Sur la figure 2, l'évidement 2' est pratiqué à partir du revêtement de chrome 4, de 0,3 mm d'épaisseur, couvrant la paroi 1' de la lingotière. Le matériau 3' affleure la surface interne de la lingotière.

Le graphique de la figure 3 permet de comparer les valeurs des densités locales de flux thermique Φ_c extrait par la lingotière équipée d'un insert selon l'invention, en carbure de chrome (courbe B), aux valeurs obtenues en utilisant une lingotière conventionnelle sans insert (courbe A). La droite C en traits interrompus située à $d \approx 70$ mm, correspond à la limite inférieure de l'insert, ce qui, dans ce cas particulier, et pour un insert de 150 mm de haut environ, indique que le ménisque se trouve sensiblement à mi-hauteur dudit insert. Les deux courbes A et B correspondent à la coulée continue de brames avec une vitesse d'extraction de 1,3 m/min.

Dans les conditions d'échange thermique retenues pour cet exemple, les inventeurs ont pu constater, par l'étude d'un modèle mathématique établi pour un refroidissement en lingotière sans insert, que la température de surface de l'acier au contact avec la lingotière est proche du solidus de la nuance d'acier (1493°C), ce qui indique une solidification importante de la corne du ménisque. Pour ramener la fraction solidifiée au contact avec la lingotière à environ 30 %, les inventeurs ont trouvé qu'il fallait diviser par quatre l'extraction calorifique assurée par les parois de cuivre au voisinage du ménisque.

On remarque sur la figure 3 que, conformément au but recherché, dans la zone de l'insert la densité de flux thermique extrait par la lingotière est sensiblement divisé par un facteur 4. En effet dans une lingotière classique, la densité de flux extrait au voisinage du ménisque est de l'ordre de 2 MW/m² (courbe A), et l'utilisation d'un insert mince en carbure de chrome ramène cette valeur au voisinage de 500 kW/m².

De plus, dès la sortie de l'insert (ligne en traits interrompus), l'extraction calorifique mesurée localement est proche des valeurs obtenues sur une lingotière conventionnelle, ce qui permet de constater que le refroidissement global en lingotière en dessous de l'insert est peu perturbé par la présence de celui-ci.

Les figures 4 et 5 permettent de comparer les profils longitudinaux de la surface d'une brame d'acier à bas carbone coulée à la vitesse de 1,3 m/min avec une fréquence d'oscillation de 117 coups par minute. La figure 4 correspond à un profil obtenu par solidification contre la paroi d'une lingotière équipée d'un insert selon l'invention, et la figure 5 correspond à un profil équivalent obtenu avec une lingotière conventionnelle sans insert.

Il apparaît clairement que l'utilisation d'un insert diminue notablement la profondeur des rides d'oscillation à la surface du produit, et améliore leur régularité. On a observé lors d'essais réalisés dans des conditions de coulée analogues, une diminution

systématique de 25 à 40 % de la profondeur des rides d'oscillation.

D'autres essais réalisés avec des brames d'acier moyen carbone (c'est-à-dire à teneur en carbone voisine de 0,1 %) coulées à une vitesse de 0,8 m/min avec une fréquence d'oscillation de 80 coups par minute, ont permis de mettre en évidence la différence de structure de solidification de la première peau d'une brame selon qu'elle est solidifiée dans une lingotière sans insert conforme à l'invention.

L'observation d'échantillons prélevés longitudinalement dans lesdites brames et attaqués par le réactif de Bechet-Beugeard, révèle que, dans le cas de la lingotière conventionnelle sans insert, les rides sont profondes et se prolongent par une hétérogénéité de solidification résultant de la formation de la corne solidifiée au niveau du ménisque. La profondeur de la corne solidifiée est lors d'environ 1,7 mm. Dans le cas de la lingotière avec insert selon l'invention, les rides apparaissent beaucoup moins marquées et la profondeur de pénétration de la corne solidifiée n'est que de 0,9 mm soit environ la moitié seulement de la valeur observée en l'absence d'insert.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et aux applications décrites ci-dessus à titre d'exemple. En particulier les dimensions de l'insert peuvent être adaptées aux lingotières et produits coulés. Les paramètres de coulée (vitesse d'extraction, fréquence des oscillations) peuvent être adaptés et la lingotière selon l'invention peut être utilisée aussi bien en coulée continue de brames que d'autres produits (blooms).

Revendications

1. Lingotière verticale ou sensiblement verticale de coulée continue des métaux en fusion tel que l'acier, en cuivre ou alliage de cuivre, dont les parois énergétiquement refroidies par contact avec un liquide de refroidissement en circulation, comportent à leur partie supérieure un insert, réalisé en un matériau de conductivité thermique inférieure à celle du cuivre ou de l'alliage de cuivre, destiné à ralentir les échanges thermiques, au niveau du ménisque, entre le métal coulé et la lingotière, caractérisée en ce que ledit insert, de 10 à 20 cm de long environ, est constitué par un dépôt d'un matériau réfractaire (3, 3') à faible conductivité thermique, ayant une bonne tenue aux chocs thermiques et dont l'épaisseur, prise entre environ 200 et 500 μm , est choisie de manière que, à la température de contact du métal avec ledit matériau déposé, ledit métal en cours de solidification présente une fraction solide comprise entre 25 et 35 % environ en poids.

2. Lingotière selon la revendication 1, caractérisée en ce que le matériau réfractaire (3, 3') a une température de fusion supérieure à 1800°C.

3. Lingotière selon la revendication 1 ou 2

caractérisée en ce que le matériau réfractaire (3, 3') a une conductivité thermique inférieure à $10 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$.

4. Lingotière selon la revendication 1, 2 ou 3 caractérisée en ce que le matériau réfractaire (3, 3') est choisi dans le groupe suivant : alumine, zircone, nitrure de bore, carbure de chrome. 5

5. Lingotière selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le dépôt de matériau réfractaire (3, 3') est obtenu par projection de matière pulvérulente à chaud. 10

6. Lingotière selon la revendication 5, caractérisée en ce que le dépôt est réalisé au moyen d'un canon de détonation. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

4

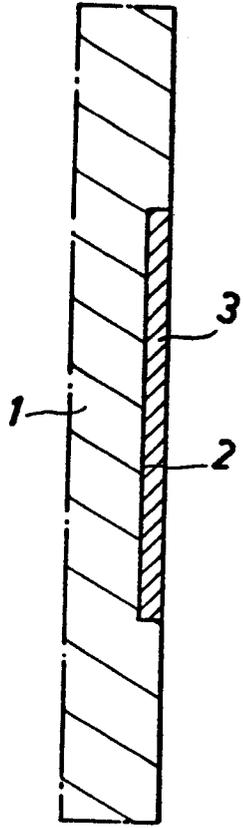


Fig. 1

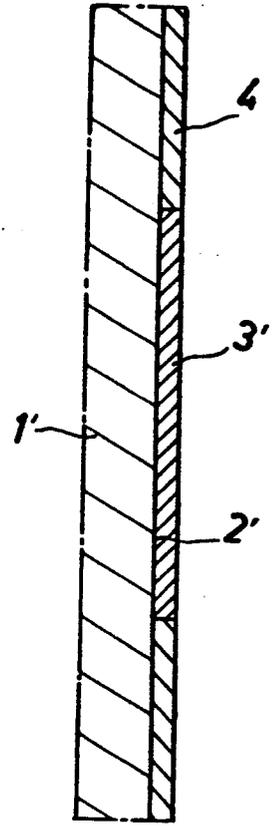


Fig. 2

0228335

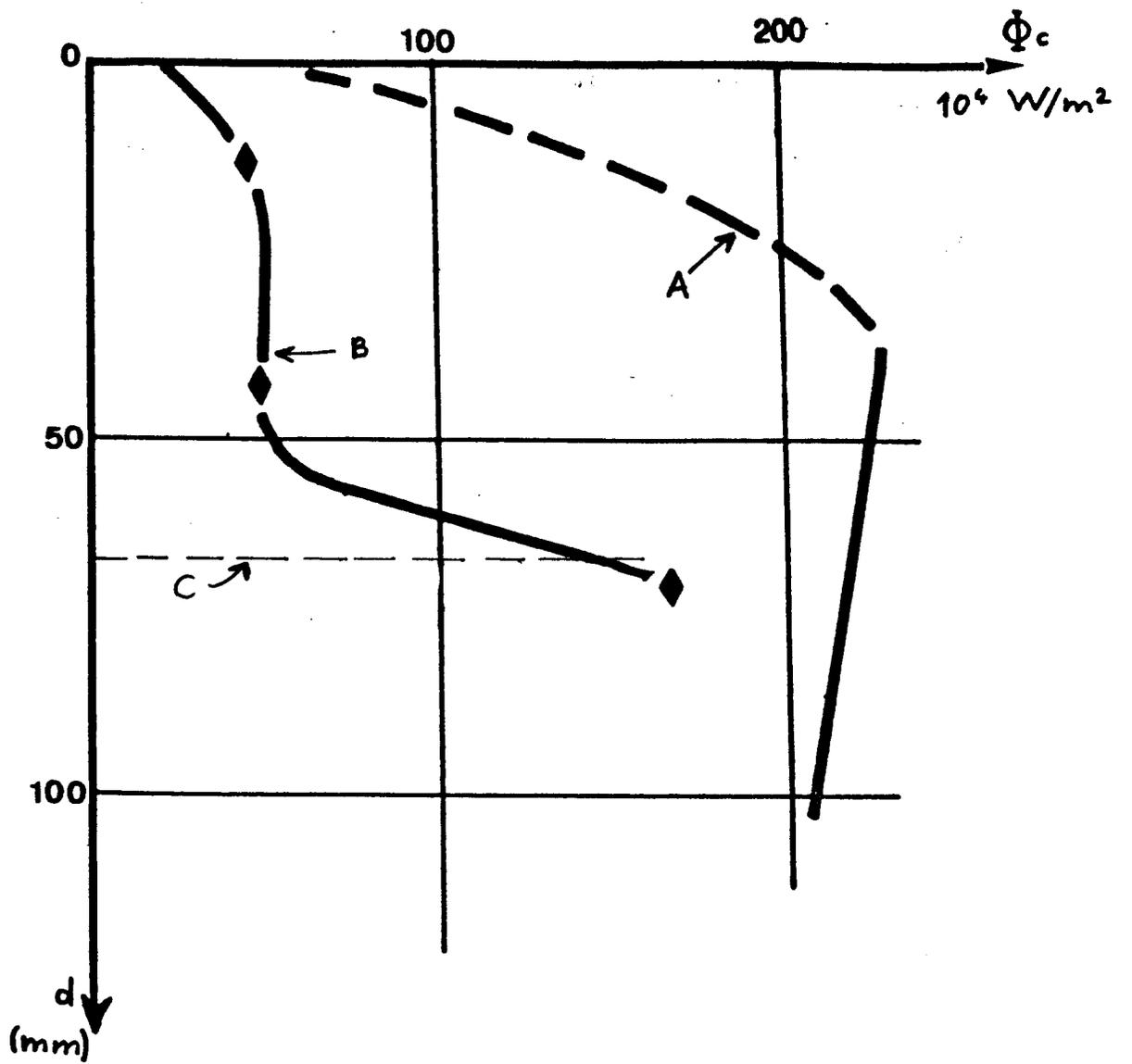


Fig. 3

0228335

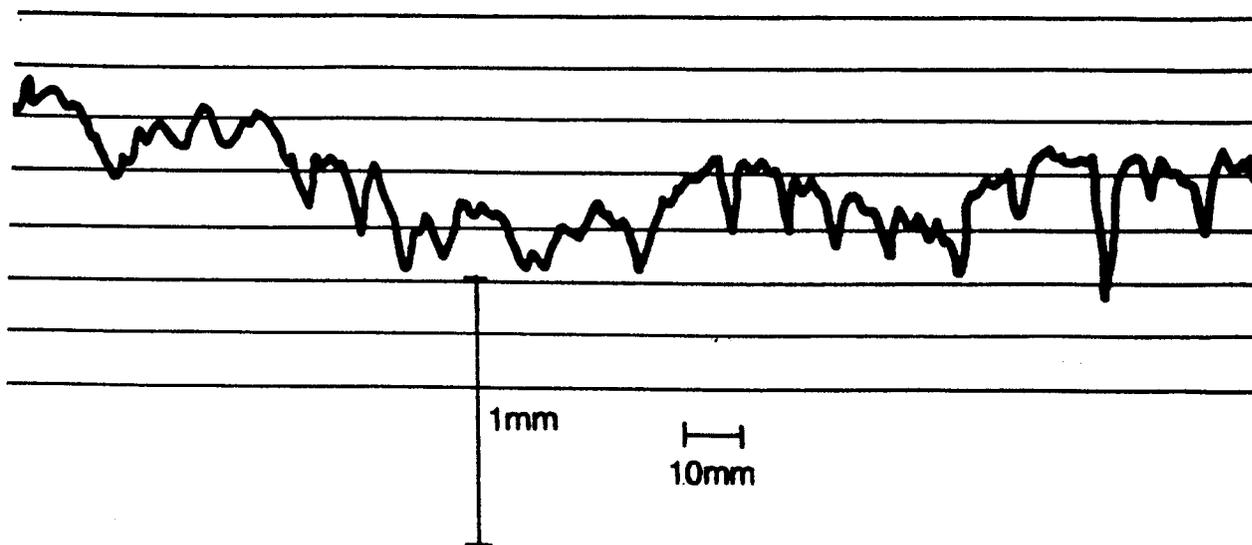


Fig. 4

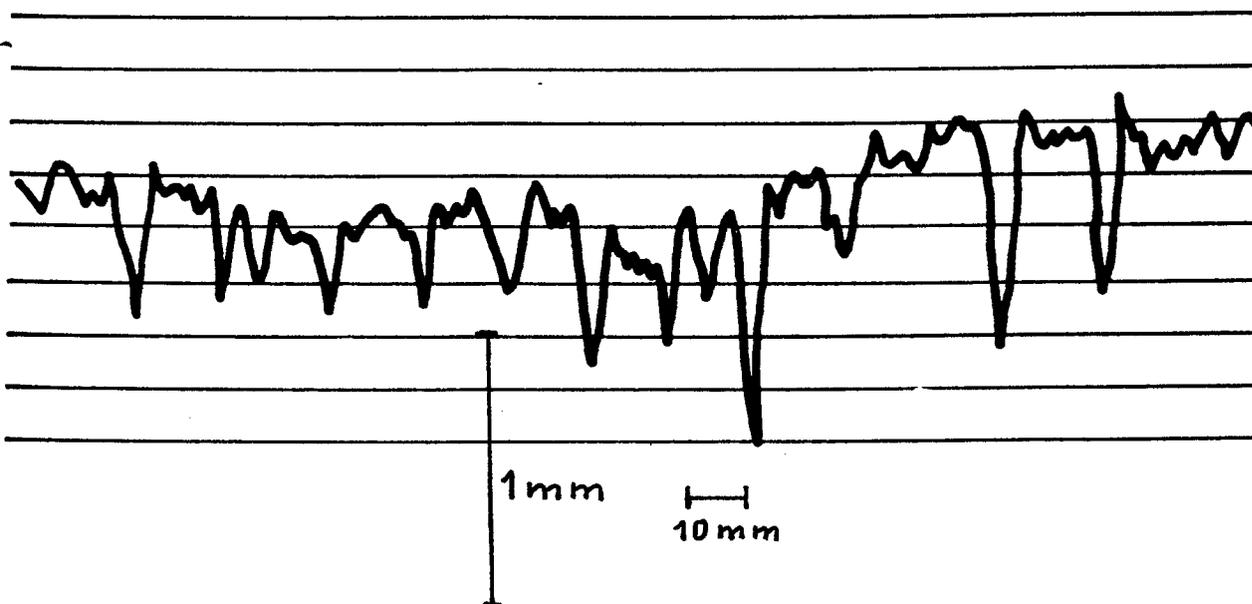


Fig. 5



EP 86 44 0098

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. 4)
X	PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 284 (M-348)[1721], 26 décembre 1984; & JP-A-59 153 550 (KAWASAKI SEITETSU K.K.) 01-09-1984 * Résumé *	1,5	B 22 D 11/04
X	--- PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 180 (M-318)[1617], 18 août 1984; & JP-A-59 73 152 (MISHIMA KOUSAN K.K.) 25-04-1984 * Résumé *	1-4	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
X	--- PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 180 (M-318)[1617], 18 août 1984; & JP-A-59 73 152 (MISHIMA KOUSAN K.K.) 25-04-1984 * Résumé *	1-4	
X	--- PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 276 (M-346)[1713], 18 décembre 1984; & JP-A-59 147 751 (SUMITOMO DENKI KOGYO K.K.) 24-08-1984 * Résumé *	1-4	B 22 D
X	--- FR-A-2 041 714 (TSENTRALNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT CHERNOI METALLURGII IMENI I.P. BARDINA) * Page 2, lignes 8-36; figures *	1-4	
--- -/-			
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-02-1987	Examinateur MAILLIARD A.M.
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			



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			Page 2
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. 4)
Y	---	5,6	
X	FR-A-1 517 577 (DUCOMMUN INC.) * Page 3, colonne de gauche, lignes 3-17; figures *	1-4	
Y	---	5,6	
Y	GB-A-2 157 600 (H. GRAVEMANN) * Page 1, lignes 85-93 * --- -----	5,6	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. 4)
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-02-1987	Examineur MAILLIARD A.M.
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			