



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(21) Numéro de dépôt : **91402670.3**

(51) Int. Cl.⁵ : **C22C 38/08**

(22) Date de dépôt : **07.10.91**

(30) Priorité : **18.10.90 FR 9012916**

(43) Date de publication de la demande :
22.04.92 Bulletin 92/17

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

(71) Demandeur : **SOLLAC**
Immeuble Elysées La Défense, 29 Le Parvis
F-92800 PUTEAUX (FR)

(72) Inventeur : **Maurickx, Thierry**
77 rue de Leffrinckoucke
F-59240 Dunkerque (FR)
Inventeur : **Verrier, Pascal**
72 Route Nationale Setques
F-62380 Lumbres (FR)
Inventeur : **Taillard, Roland**
12 allée de la Comédie
F-59650 Villeneuve d'Ascq (FR)

(74) Mandataire : **Lanceplaine, Jean-Claude et al**
CABINET LAVOIX 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Acier à soudabilité améliorée.**

(57) La présente invention concerne un acier à soudabilité améliorée présentant une bonne résistance à la fissuration pour de fortes énergies de soudage, une bonne résilience à froid et ne nécessitant pas de préchauffage avant soudage.

La composition pondérale de l'acier est la suivante :

- de 0,07 à 0,11% de carbone,
- de 1,40 à 1,70% de manganèse,
- de 0,20 à 0,55% de nickel,
- de 0 à 0,30% de cuivre,
- de 0 à 0,02% de niobium,
- de 0,005 à 0,020% de titane,
- de 0,002 à 0,006% d'azote,
- de 0 à 0,15% de silicium,

le reste étant du fer.

La présente invention concerne un acier de construction à soudabilité améliorée.

L'utilisation d'acier dans des environnements sévères tels que les aciers pour application navale utilisés sur des navires, des méthaniers ou des brise-glaces par exemple, circulant en mer du nord ou dans l'océan arctique, des plates-formes de forage pétrolier ou les aciers utilisés pour des réservoirs de stockage de gaz liquéfiés, impose le respect de cahiers des charges très restrictifs.

Outre leurs caractéristiques de traction, les nuances d'aciers pour constructions soudées doivent satisfaire un niveau élevé de résistance à la rupture fragile à basse température, cette température étant fonction des conditions de sollicitation et de la température de service de la structure.

Il est connu d'utiliser un acier référencé 355 EMZ dans la classification européenne et dont la composition pondérale est la suivante :

- 0,11 % de carbone,
- 1,45 % de manganèse,
- 0,45 % de nickel,
- 0,40 % de silicium,
- 0,03 % de niobium,
- 0,05 % d'azote, le reste étant du fer.

Les caractéristiques mécaniques garanties par un tel acier sur une tôle de 50mm d'épaisseur sont les suivantes :

limite d'élasticité	Re mini = 340 MPa
charge à la rupture	Rm mini = 460 MPa
allongement (5,65 $\sqrt{S}$) A	= 20%
résilience à -40°C	Kv = 50J (valeur minimale)
CTOD à - 10°C	= 0,25 mm

Le CTOD (Crack Tip Opening Displacement) correspond à un essai normalisé de rupture (Norme BS 5762).

La Fig. 1 représente la température de transition pour une énergie de résilience de 28 joules en fonction du temps de refroidissement de 700° à 300°C, pour un acier du type 355 EMZ.

On constate que pour avoir une énergie de rupture supérieure à 28 J à - 40°C, il est nécessaire de souder avec une vitesse de refroidissement de 700° à 300°C inférieur à 50s. Il faut donc souder lentement ce qui signifie qu'il est nécessaire de faire plusieurs passes avec une faible énergie de soudage.

La résistance à la fissuration à froid d'un tel acier peut être appréciée à partir de la courbe dureté-critère de refroidissement représentée à la Fig. 2.

On constate que dans le cas d'un soudage manuel par électrode, correspondant à un temps de refroidissement entre 700° et 300°C d'environ 10s, la dureté Vickers est supérieure à 350Hv5. Ceci s'explique par le fait que la structure présente de 80 à 100% de martensite.

Or, la martensite étant sensible à l'hydrogène, une telle soudure présente une faible résistance à la fissuration à froid.

Par conséquent, un tel acier connu, du type 355 EMZ présente une mauvaise résilience pour de fortes énergies de soudage, et nécessite un préchauffage avant soudage pour éviter la fissuration à froid.

La présente invention a pour objet un acier à soudabilité améliorée présentant une bonne résilience pour les fortes énergies de soudage et ne nécessitant pas de préchauffage avant soudage.

La présente invention a donc pour objet un acier à soudabilité améliorée, caractérisé en ce qu'il contient du silicium dans une proportion inférieure à 0,15% et du titane dans une proportion comprise entre 0,005 et 0,020%.

Selon une autre caractéristique, la composition pondérale de l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention est la suivante :

- de 0,07 à 0,11% de carbone,
- de 1,40 à 1,70% de manganèse,
- de 0,20 à 0,55% de nickel,
- de 0 à 0,30% de cuivre,
- de 0 à 0,02% de niobium,
- de 0,005 à 0,020% de titane,
- de 0,002 à 0,006% d'azote,
- de 0 à 0,15% de silicium,

le reste étant du fer.

De préférence, la composition pondérale de l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention est la suivante :

- 0,08% de carbone,
- 1,50% de manganèse,
- 0,45% de nickel,
- 0,20% de cuivre,
- 0,01% de titane,
- 0,004% d'azote,
- 0,09% de silicium,

le reste étant du fer.

Un tel acier peut être obtenu par exemple par :

- un réchauffage à basse température entre la température de transformation ferrite-austénite AC3 et 1100°C,
- un laminage entre 850° et 720°C,
- un refroidissement accéléré de 750° à 450°C entre 3 et 10° par seconde.

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

- la Fig. 1 représente l'évolution de la température de transition pour une énergie de rupture de 28 joules (TK 28J) en fonction de la vitesse de refroidissement de la soudure pour un acier usuel 355 EMZ et pour l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention,
- la Fig. 2 représente la courbe dureté-critère de refroidissement pour un acier usuel 355 EMZ et pour l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention.
- la Fig. 3 représente l'influence de la teneur en silicium, d'une part sur la température de transition à 28 Joules (TK 28J) et, d'autre part, sur la fraction volumique d'austénite retenue (γ_r),
- la Fig. 4 représente l'évolution de la fraction volumique d'austénite retenue (γ_r) en fonction du critère de refroidissement et de la teneur en silicium de l'acier.

La composition pondérale de l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention est :

- de 0,07 à 0,11% de carbone,
- de 1,40 à 1,70% de manganèse,
- de 0,20 à 0,55% de nickel,
- de 0 à 0,30% de cuivre,
- de 0 à 0,02% de niobium
- de 0,005 à 0,020% de titane,
- de 0,002 à 0,006% d'azote,
- de 0 à 0,15% de silicium,

le reste étant du fer.

De préférence, la composition pondérale de l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention comprend :

- 0,08% de carbone,
- 1,50% de manganèse,
- 0,45% de nickel,
- 0,20% de cuivre,
- 0,01% de titane,
- 0,004% d'azote,
- 0,09% de silicium

le reste étant du fer.

Lorsqu'on compare la courbe température de transition à 28J en fonction de la vitesse de refroidissement de la soudure de l'acier usuel 355 EMZ et de l'acier à soudabilité améliorée selon l'invention (Fig. 1), on constate que quelle que soit l'énergie de soudage, c'est à dire quelle que soit la vitesse de refroidissement de la soudure, la résilience de l'acier selon l'invention est toujours garantie jusqu'à -60°C.

Un tel acier a donc une bonne résilience même à forte énergie de soudage.

La courbe dureté-critère de refroidissement représentée Fig. 2 montre que l'acier à soudabilité améliorée présente une dureté inférieure à celle de l'acier usuel 355 EMZ.

En effet, la dureté Vickers pour un refroidissement de la zone affectée par la chaleur de 700° à 300°C en 10s n'est que de 280 HV5, contre au moins 350 HV5 pour l'acier usuel.

L'acier à soudabilité améliorée selon l'invention ne présente plus que très peu de martensite, moins de 20%.

La résilience est donc fortement améliorée à froid et un tel acier ne nécessite pas de préchauffage avant soudage.

L'acier à soudabilité améliorée selon l'invention permet de garantir les caractéristiques mécaniques sur une tôle de 50mm d'épaisseur suivantes :

5	limite d'élasticité	Re mini = 325 MPa
	charge à la rupture	Rm mini = 460 MPa
	allongement (5,65√S)	A = 22%
	Résilience à - 60°C	KV = 80 J
10	CTOD à - 50°C	= 0,10 mm

Un tel acier permet donc, soit de garantir les mêmes caractéristiques que l'acier usuel 355 EMZ mais souder avec de plus fortes énergies de soudage, soit en conservant la même énergie de soudage, de garantir les caractéristiques mécaniques de ténacité à une température de service plus faible laissant envisager alors des applications dans un environnement plus sévère.

Comme on le voit à la Fig. 3, la teneur en silicium a une influence sur la température de transition à 28 Joules (TK 28J), donc sur la ténacité de la zone affectée par la chaleur.

En effet, on constate que pour une teneur en silicium de 0,05% la température de transition à 28 Joules est de l'ordre de -70°C. Or, pour une teneur en silicium de 0,5%, cette température en deça de laquelle on garantit une énergie nécessaire à la rupture au moins égale à 28 Joules n'est plus que de -50°C.

On constate également sur les Figs. 3 et 4 que la fraction d'austénite retenue en zone affectée par la chaleur est fonction de la teneur en silicium de l'acier. Ce phénomène est à associer à une décomposition favorisée de l'austénite en ferrite et carbures pendant le refroidissement après soudage.

Ainsi, sur la Fig. 4, on voit que pour une teneur en silicium de 0,05% le taux d'austénite retenue lors de fortes énergies de soudage est d'environ 1% alors que pour ces mêmes énergies avec une teneur en silicium de 0,5%, il est de 5%.

Par conséquent, l'amélioration de la ténacité du joint soudé passe par la réduction de la fraction volumique d'austénite retenue qui est assurée par la diminution de la teneur en silicium de l'acier.

L'acier à soudabilité améliorée peut être obtenu par exemple par coulée en poche, coulée continue, élaboration en four, élaboration en aciérie à oxygène ou calmage aluminium.

La description ci-après concerne un exemple de procédé d'obtention de tôles de 50mm d'épaisseur avec un acier selon la présente invention.

L'acier à soudabilité améliorée selon l'invention est obtenu par coulée continue de type connue en prenant les précautions nécessaires pour lutter contre la ségrégation.

A la sortie de la coulée, l'acier subit un réchauffage à basse température entre la température de transformation ferrite-austénite AC3 et 1100°C, suivi par un laminage.

La température en fin de laminage se situe entre 850° et 720°C.

L'acier subit alors un refroidissement accéléré depuis la température de fin de laminage jusqu'à 450°C à une vitesse de 3 à 10°C par seconde.

L'acier à soudabilité améliorée utilisé pour établir les courbes représentées aux Figs. 1 et 2 est un acier dont la composition est celle donnée préférentiellement dans la description et obtenu selon le procédé suivant :

- réchauffage homogène à 950°C pendant 3 heures,
- laminage entre 760° et 740°C,
- refroidissement jusqu'à 550°C à une vitesse de 6°C par seconde.

Revendications

1. Acier à soudabilité améliorée caractérisé en ce qu'il contient du silicium dans une proportion inférieure à 0,15% et du titane dans une proportion comprise entre 0,005 et 0,020%.

2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante :

- de 0,07 à 0,11% de carbone,
- de 1,40 à 1,70% de manganèse,
- de 0,20 à 0,55% de nickel,
- de 0 à 0,30% de cuivre,
- de 0 à 0,02% de niobium,

- de 0,005 à 0,020% de titane,
- de 0,002 à 0,006% d'azote,
- de 0 à 0,15% de silicium,

le reste étant du fer.

5

3. Acier selon la revendication 2, caractérisé en ce que sa composition pondérale est de préférence la suivante :

- 0,08% de carbone,
- 1,50% de manganèse,
- 0,45% de nickel,
- 0,20% de cuivre,
- 0,01% de titane,
- 0,004% d'azote,
- 0,09% de silicium,

10

15

le reste étant de fer.

4. Procédé d'obtention d'un acier selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que :

- on réchauffe à basse température entre la température de transformation ferrite-auténite AC3 et 1100°C,
- on lamine entre 850° et 720°C,
- on pratique un refroidissement accéléré de 750° à 450°C à une vitesse de 3 à 10° par seconde.

20

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que :

- on réchauffe à 950°C pendant 3 heures,
- on lamine entre 760° et 740°C,
- on refroidit jusqu'à 550°C à une vitesse de 6° par seconde.

25

30

35

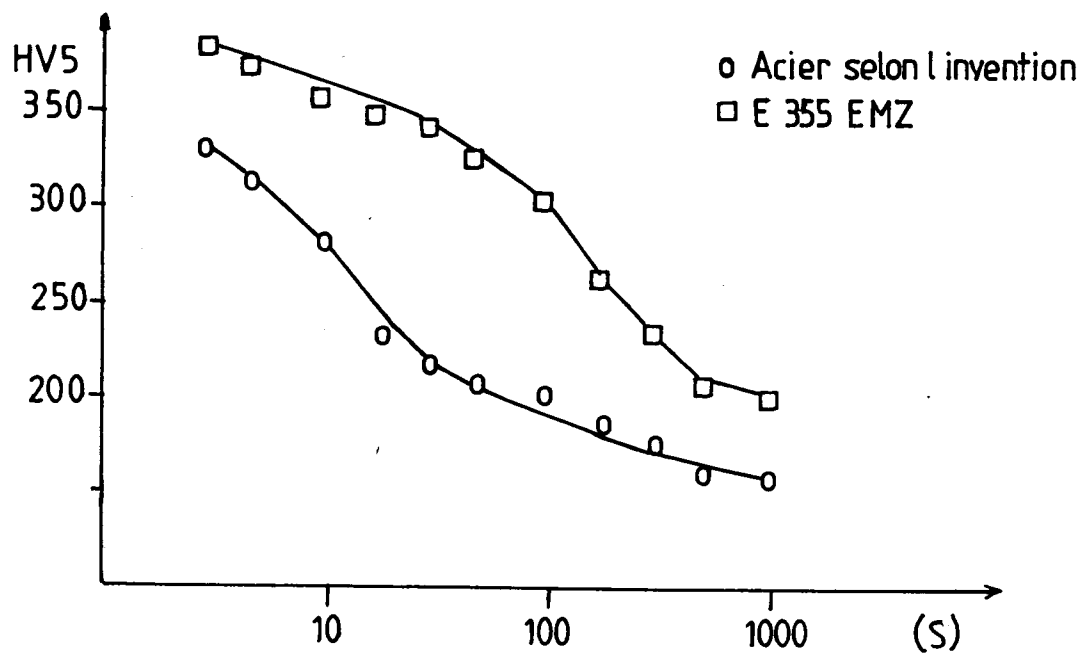
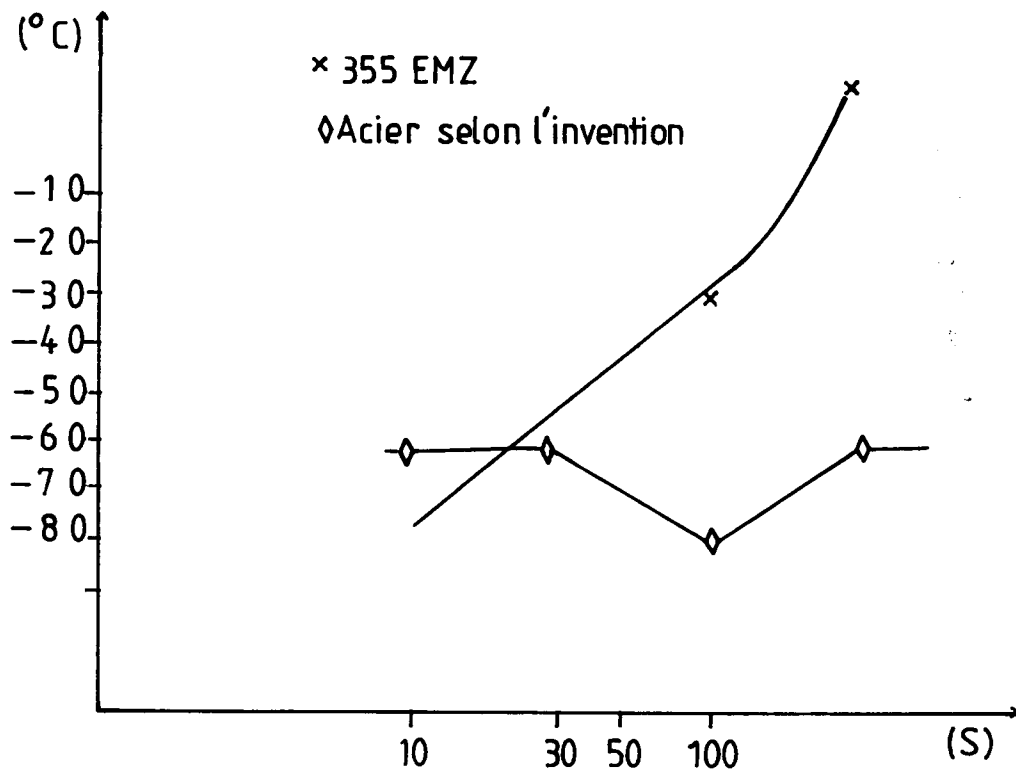
40

45

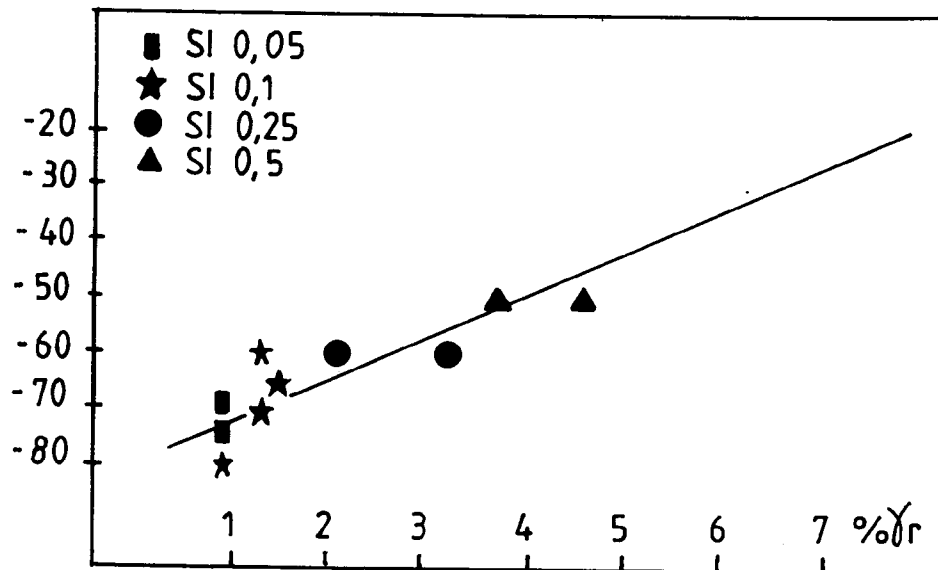
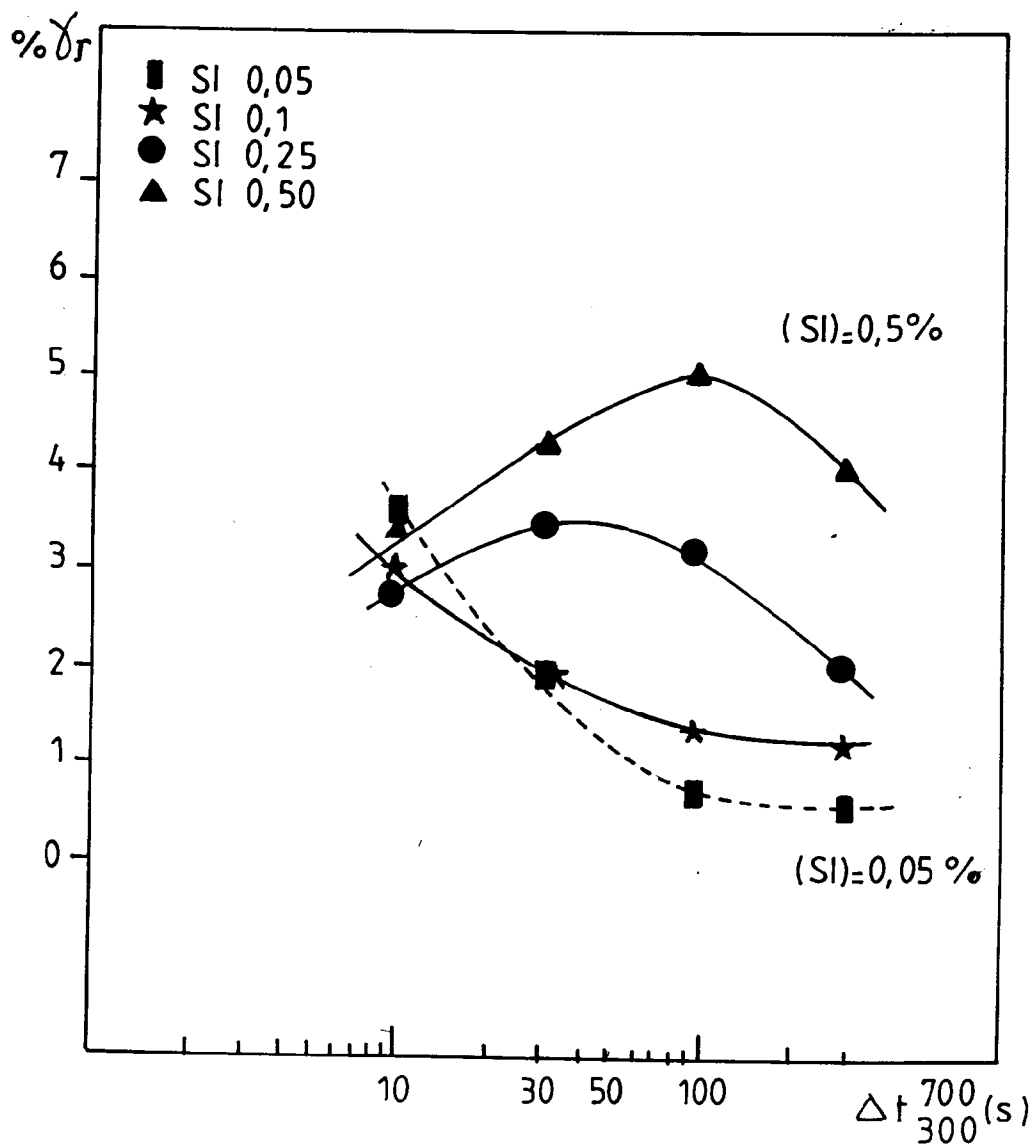
50

55

TK 28 J

FIG.1FIG.2

TK 28J(°C)

FIG.3FIG.4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 40 2670

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	FR-A-2 500 482 (NIPPON KOKAN K.K.) * Revendications 1-4 * & GB-A-2 099 016 ---	1-3	C 22 C 38/08
A	DE-A-2 436 419 (NIPPON STEEL CORP.) * Revendication 1; exemples; page 19, nos. 1-4; page 22, nos. 21-27, 210; page 25, nos. 31-35; page 28, nos. 41-44; page 31, nos. 51, 52, 54, 56-58; pages 34-35, nos. 61-615, 617, 618; page 38, nos. 71-74 * & GB-A-1 473 934 ---	1-3	
A	DE-A-2 517 164 (RHEINSTAHL-GIESSEREI AG) * Revendications 1-5 * ---	1-5	
A	DE-A-2 239 092 (RHEINSTAHL-GIESSEREI AG) * Revendications 1-5 * ---	1-5	
A	FR-A-2 212 434 (NIPPON STEEL CORP.) * Revendications 1-8 * ---	1-5	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 080 809 (NIPPON STEEL CORP.) * Revendications 1,2 * -----	1-3	C 22 C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 19-12-1991	Examineur LIPPENS M.H.
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 (P0402)