(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
9 février 2006 (09.02.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/013242 A1

(51) Classification internationale des brevets : C22C 38/02, 38/04, 38/22, C21D 9/50

(21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR2005/001543

(22) Date de dépôt international : 21 juin 2005 (21.06.2005)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0407512 5 juillet 2004 (05.07.2004) 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).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant *(pour US seulement)* : **KAPLAN, Dominique** [FR/FR]; 16, rue Pauline Kreuscher, F-78600 Maisons Lafitte (FR).

(74) Mandataire : **PLAISANT, Sophie**; Usinor DIR PI, Immeuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 - La Défence Cedex (FR).

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

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :
— *avec rapport de recherche internationale*

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.

(54) **Title:** OBJECT COMPRISING A STEEL PART OF A METAL CONSTRUCTION CONSISTING OF AN AREA WELDED BY A HIGH POWER DENSITY BEAM AND EXHIBITING AN EXCELLENT TOUGHNESS IN A MOLTEN AREA, METHOD FOR PRODUCING SAID OBJECT

(54) **Titre :** OBJET COMPRENANT UNE PARTIE EN ACIER DE CONSTRUCTION METALLIQUE, CETTE PARTIE COMPORTANT UNE ZONE SOUDEE A L'AIDE D'UN FAISCEAU A HAUTE DENSITE D'ENERGIE ET PRESENTANT UNE EXCELLENTE TENACITE DANS LA ZONE FONDUE ; METODE DE FABRICATION DE CET OBJET

(57) **Abstract:** The invention relates to an object comprising at least one steel part whose composition consists of the following contents expressed by weight: 0.005-0.27 % carbon, 0.5-1.6 % manganese, 0.1-0.4 % silicon, less than 2.5 % chromium content, less than 1 % molybdenum content, optionally one or several elements selected form nickel, copper, aluminium, niobium, vanadium, titanium, boron, zirconium and nitrogen, the rest being iron and impurities of production, wherein said steel part comprises at least one area welded by a high power density beam and is characterised in that the microstructure of the welded area is constituted of 60-75 % self-tempered martensite, preferentially 60-70 % self-tempered martensite, and, in addition, of 40-30 % lower bainite.

(57) **Abrégé :** L'invention décrit un objet comprenant au moins une partie en acier dont la composition comprend, les teneurs étant exprimées en poids, du carbone en teneur comprise entre 0,005 et 0,27 %, du manganèse entre 0,5 et 1,6 %, du silicium entre 0,1 et 0,4 %, du chrome en teneur inférieure à 2,5 %, du Mo en teneur inférieure à 1 %, éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le nickel, le cuivre, l'aluminium, le niobium, le vanadium, le titane, le bore, le zirconium, l'azote, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, ladite partie en acier comportant au moins une zone soudée par faisceau à haute densité d'énergie, caractérisé en ce que ladite zone soudée présente une microstructure constituée de 60 à 75 % de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 25 % de bainite inférieure, et préférentiellement 60 à 70 % de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 30 % de bainite inférieure.

WO 2006/013242 A1

ASSEMBLAGES SOUDES A HAUTE DENSITE D'ENERGIE D'ACIERS DE CONSTRUCTION METALLIQUE PRESENTANT UNE EXCELLENTE TENACITE DANS LA ZONE FONDUE, ET METHODE DE FABRICATION DE CES ASSEMBLAGES SOUDES

La présente invention concerne les constructions métalliques en acier soudées par faisceau à haute densité d'énergie, et plus particulièrement celles où un niveau de ténacité minimal est requis dans la zone fondue afin de se prémunir du risque de rupture brutale.

L'assemblage par faisceau à haute densité d'énergie, tel que le LASER ou le faisceau d'électrons, de tôles d'acier laminées à chaud et de plaques s'est particulièrement développé au cours de ces vingt dernières années en raison de certaines caractéristiques spécifiques : on mentionnera par exemple les très faibles déformations des assemblages, la grande précision de positionnement du faisceau et la possibilité de ne fondre que la quantité de matière strictement nécessaire, l'aspect des cordons ne nécessitant pas de parachèvement, et la possibilité de s'affranchir de traitements de détente.

Parmi les domaines d'applications de ces procédés, on citera notamment la construction navale, les matériels de travaux publics, l'automobile, les tubes pour le transport de gaz naturel, de pétrole brut. Pour certaines applications, en particulier celles dont les épaisseurs, les limites d'élasticité mises en jeu ou les contraintes de service sont les plus importantes, on exige des garanties de ténacité de façon à se prémunir du risque de rupture brutale. Cette éventualité est d'autant plus à prendre en compte que l'assemblage par faisceau à haute densité d'énergie peut générer des défauts tels que micro-porosités ou retassures susceptibles d'amorcer une rupture fragile. Il convient donc que les zones soudées présentent la ténacité la plus élevée possible pour se prémunir de tout risque.

Différentes méthodes ont été proposées afin d'obtenir une ténacité élevée dans la zone fondue : Se fondant sur la constatation que des structures tenaces de ferrite aciculaire sont obtenues par germination sur des inclusions non-métalliques, on a cherché à introduire ce type de particules dans la zone fondue, par exemple au moyen d'un dépôt préalable, comme l'indique le document JP n°2000288754. Cette méthode présente cependant différents inconvénients : la dispersion des oxydes au sein de la zone fondue

peut ne pas être uniforme, ce qui conduit à une dispersion des propriétés mécaniques au sein de cette zone. De plus, l'augmentation de la fraction inclusionnaire se traduit par une baisse du niveau ductile.

Dans le même but, on a également cherché à contrôler le rapport entre les teneurs en aluminium et en oxygène de façon à favoriser la formation d'inclusions de nature favorable à la germination de ferrite aciculaire. Partant d'acier calmé aluminium, cette méthode nécessite cependant une augmentation de la teneur en oxygène dans la zone fondue, ce qui conduit aux inconvénients ci-dessus. De plus, en soudage LASER, les conditions cinétiques de la formation de ces structures de ferrite aciculaire souhaitées ne sont pas nécessairement compatibles avec les impératifs de productivité et donc de vitesse de refroidissement après soudage.

On a également proposé d'accroître la ténacité des zones fondues par une addition de nickel (élément gammagène abaissant la température de transformation γ-α), ou d'alliage de nickel, de façon à ce que la teneur pondérale de la zone fondue en cet élément soit comprise entre 0,5 et quelques pour cents. Le document US n°4527040 décrit par exemple l'apport d'un alliage de nickel sous forme d'insert de 0,1mm d'épaisseur avant assemblage par LASER. Cette méthode accroît cependant les difficultés de positionnement du faisceau par rapport au plan de joint et les risques d'apparition de défauts, éventuellement de corrosion.

Il existe donc un besoin de disposer d'assemblages d'aciers soudés avec des procédés à haute densité d'énergie, qui présentent toute garantie de ténacité en zone fondue, sans dispersion excessive des caractéristiques mécaniques, et de disposer d'une méthode de fabrication économique de ces assemblages ne comportant pas les inconvénients évoqués ci-dessus.

La présente invention a pour but de mettre à disposition de tels assemblages soudés et une méthode pour obtenir de tels assemblages à partir d'aciers de construction métallique.

A cet effet, un premier objet de l'invention est constitué par un objet comprenant au moins une partie en acier dont la composition comprend, les teneurs étant exprimées en poids, du carbone en teneur comprise entre 0,005 et 0,27%, du manganèse entre 0,5 et 1,6%, du silicium entre 0,1 et 0,4%, du chrome en teneur inférieure à 2,5%, du Mo en teneur inférieure à 1%, éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le nickel, le cuivre, l'aluminium, le niobium, le vanadium, le titane, le bore, le zirconium, l'azote, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration. La

partie en acier comporte au moins une zone fondue par faisceau à haute densité d'énergie avec une microstructure constituée de 60 à 75% de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 25% de bainite inférieure, et préférentiellement 60 à 70% de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 30% de bainite inférieure.

Avantageusement, l'objet est un tube en acier comprenant au moins un tronçon présentant une zone soudée dans le sens longitudinal ou transverse.

Avantageusement encore, l'objet est constitué d'au moins deux tôles laminées ou forgées à chaud d'acier de composition identique ou différente, d'épaisseur identique ou différente, soudées entre elles.

Préférentiellement, le faisceau à haute densité d'énergie est un faisceau LASER.

Préférentiellement encore, le faisceau à haute densité d'énergie est un faisceau d'électrons.

L'invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un des objets précédents, comprenant les étapes consistant à :

- approvisionner un objet comprenant au moins une partie en acier dont la composition comprend les teneurs étant exprimées en poids, du carbone en teneur comprise entre 0,005 et 0,27%, du manganèse entre 0,5 et 1,6%, du silicium entre 0,1 et 0,4%, du chrome en teneur inférieure à 2,5%, du Mo en teneur inférieure à 1%, éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le nickel, le cuivre, l'aluminium, le niobium, le vanadium, le titane, le bore, le zirconium, l'azote, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,
- souder par un procédé à haute densité d'énergie la partie en acier avec une pièce d'acier de composition identique ou différente, faisant déjà partie ou non de l'objet,
- la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, étant choisis de telle sorte que l'on obtienne une zone fondue avec une microstructure constituée de 60 à 75% de martensite auto-revenue et , en complément, de 40 à 25% de bainite inférieure, préférentiellement 60 à 70% de martensite auto-revenue et , en complément, de 40 à 30% de bainite inférieure.

- Selon une caractéristique du procédé, la teneur en azote de la zone fondue est inférieure ou égale à 0,020%, la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de

refroidissement, sont choisis de telle sorte que la zone fondue refroidisse selon un paramètre Δt_{500}^{800} tel que :

$\Delta t_B \exp^{-0,75 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)}$

et préférentiellement : $\Delta t_B \exp^{-0,7 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)}$

Δt_{500}^{800} exprimé en secondes désignant le temps s'écoulant entre la température de 800°C et la température de 500°C lors du refroidissement après soudage de ladite zone soudée,

avec : $\Delta t_B = \exp^{(6.2 \text{ CE II} + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6 \text{ CE I} - 4,8)}$

$CE_I = C+Mn/6+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/3,6+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,5N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-3N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,5N) si B≥0,0004%,

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B et N désignant respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre, chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de ladite zone fondue.

Selon une autre caractéristique du procédé, le soudage est effectué par faisceau LASER d'une manière homogène et autogène, la teneur en azote de l'acier est inférieure ou égale à 0,020%, et la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, sont choisis de telle sorte que la zone fondue refroidisse selon un paramètre Δt_{500}^{800} tel que :

$\Delta t_B \exp^{-0,75 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)}$

et préférentiellement : $\Delta t_B \exp^{-0,7 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)}$

Δt_{500}^{800}, exprimé en secondes, désignant le temps s'écoulant entre 800 et 500°C lors du refroidissement après soudage de la zone fondue,

avec : $\Delta t_B = \exp^{(6.2 \text{ CE II} + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6 \text{ CE I} - 4,8)}$

$CE_I = C+Mn/6+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/3,6+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,5N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-3N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,5N) si B≥0,0004%,

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B, N désignant respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre, chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de l'acier soudé.

Selon une autre caractéristique du procédé, le soudage est effectué par faisceau d'électrons d'une manière autogène et homogène, la teneur en azote de l'acier est inférieure ou égale à 0,022%, la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, sont choisis de telle sorte que la zone fondue par le faisceau d'électrons refroidisse selon un paramètre Δt_{500}^{800} tel que :

$\Delta t_B \exp^{-0,75 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)}$

et préférentiellement : $\Delta t_B \exp^{-0,7 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \text{ Ln } (\Delta tB/\Delta t M)}$

Δt_{500}^{800}, exprimé en secondes, désignant le temps s'écoulant entre 800 et 500°C lors du refroidissement après soudage de ladite zone fondue,

avec : $\Delta t_B = \exp^{(6.2 \text{ CE II} + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6 \text{ CE I} - 4,8)}$

$CE_I = C+Mn/6,67+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/4+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,35N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-2,7N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,05N) si B≥0,0004%,

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B, N désignant respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre chrome, bore, et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de l'acier soudé.

Selon un mode particulier de réalisation de l'invention, on soude la partie en acier avec une pièce d'acier de composition identique ou différente, d'épaisseur identique ou différente, faisant partie ou non dudit objet, en utilisant un produit d'apport métallique

L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise, mais non limitative, en se rapportant aux figures annexées dans lesquelles :

- La figure 1 illustre la comparaison de la dureté de la Zone Affectée par la Chaleur avec celle de la zone fondue en soudage LASER et en soudage par faisceau d'électrons d'aciers de construction métallique.
- La figure 2 présente la comparaison de la température de transition Charpy V au niveau 28 Joules (TK_{28J}) de la Zone Affectée par la chaleur avec celle de la zone fondue en soudage LASER et par faisceau d'électrons d'aciers de construction métallique.

- La figure 3 illustre une évolution typique de la température de transition ductile-fragile et de la dureté en Zone Affectée par la Chaleur d'un acier de construction métallique, en fonction de la vitesse de refroidissement.
- Les figures 4 et 5 illustrent l'influence de la quantité de martensite autorevenue sur la ténacité en zone fondue en soudage LASER et en soudage par faisceau d'électrons respectivement.
- La figure 6 indique la modification de la teneur en azote dans la zone fondue par rapport à celle du métal de base lors du soudage par faisceau d'électrons.

Dans les assemblages obtenus par soudage LASER ou par faisceau d'électrons, la partie soudée est constituée de deux zones distinctes :

- La zone fondue, qui correspond à une zone passée par l'état liquide lors du soudage, c'est à dire celle où la température a été supérieure à celle du liquidus du matériau soudé.
- La Zone Affectée par la Chaleur (ou « ZAC »), qui peut englober au sens large toutes les zones ayant subi une transformation allotropique lors du soudage. Par la suite, on réservera ici ce terme de ZAC aux parties de l'assemblage demeurant à l'état solide portées aux plus hautes températures lors du soudage qui sont le siège d'un grossissement plus important du grain austénitique. Ces zones, très souvent les plus critiques du point de vue de la ténacité, correspondent à des températures maximales supérieures à 1200-1300°C.

En se plaçant dans le cas d'un soudage autogène (c'est à dire sans matériau d'apport) et homogène (soudure effectuée entre deux parties ayant une composition chimique identique), on a mis en évidence pour une large gamme de compositions d'aciers de construction métallique, de teneur en carbone allant de 0,005% C à 0,27%C en poids, en manganèse allant de 0,5 à 1,6%, en Si allant de 0,1 à 0,4%, en Cr jusqu'à 2,5%, en Mo jusqu'à 1% que les propriétés mécaniques de la zone fondue et de la ZAC sont très voisines : Ainsi, la figure 1 indique que la dureté en soudage LASER et en soudage par faisceau d'électrons, sont très similaires dans ces deux zones.

Cette similarité s'applique également aux propriétés de ténacité, comme le montre la figure 2, qui compare la température de transition Charpy V au niveau 28 Joules de la Zone Affectée par la chaleur avec celle de la zone fondue pour les deux types de soudage utilisant des faisceaux à haute densité d'énergie. Les microstructures de ces deux zones sont elles aussi très semblables.

En d'autres termes, sous réserve que leur composition soit similaire, la zone fondue à haute densité d'énergie peut être assimilable à une ZAC de grande largeur du point de vue des propriétés mécaniques. Ceci indique que les moyens d'amélioration de la ténacité en zone fondue LASER peuvent se baser sur l'expérience acquise antérieurement dans le domaine des ZAC.

A ce titre, la figure 3 présente un exemple typique de l'évolution de la dureté et de la température de transition ductile-fragile de la ZAC d'un acier de construction métallique à 0,04%C, 1,3%Mn en fonction de la vitesse de refroidissement après soudage. Cette vitesse est ici caractérisée par Δt_{500}^{800}, paramètre qui désigne le temps qui s'écoule entre le passage à la température de 800°C et à la température de 500°C lors du refroidissement en soudage. Il existe une plage de vitesse de refroidissement (située pour cette composition d'acier vers $\Delta t_{500}^{800} \approx$1-2s), pour laquelle la ténacité est optimale. Pour des vitesses de refroidissement beaucoup plus rapides, on assiste à la formation de martensite non revenue (« fresh martensite »), dont les propriétés sont inférieures. A l'opposé, une diminution de la vitesse de refroidissement aboutit à la formation de bainite supérieure ou de structures ferritiques grossières, également moins tenaces. Les microstructures correspondant à l'optimum de ténacité sont constituées pour partie de martensite auto-revenue, le revenu étant dû au cycle de soudage lui-même, et pour partie de bainite inférieure. La structure auto-revenue est caractérisée par la présence de fins carbures précipités dans les lattes de martensite. Ces structures optimales du point de vue de la ténacité se situent vers la fin du domaine d'apparition martensitique, c'est à dire correspondent au début de la diminution de la dureté à partir d'un « plateau » sensiblement horizontal correspondant à la dureté de la martensite, lorsque Δt_{500}^{800} augmente.

Selon l'invention, on a mis en évidence, comme le montre la figure 4, qu'une proportion de martensite autorevenue comprise entre 60 et 75 %, associée en complément à une proportion de bainite inférieure comprise entre 40 et 25%, conduit à obtenir une excellente ténacité en zone fondue LASER. Lorsque la proportion de martensite est plus spécialement comprise entre 60 et 70% associée en complément à une proportion de bainite inférieure comprise entre 40 et 30%, la température de transition est inférieure à – 100°C, ce qui traduit un niveau de ténacité particulièrement élevé.

Une conclusion similaire peut être tirée de la figure 5, relative à des essais de soudage par faisceau d'électrons sur des aciers de construction métallique

dont la teneur en carbone est comprise entre 0,1 et 0,17%. Une proportion de 60 à 75% de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 25% de bainite inférieure, est donc particulièrement favorable pour l'obtention de zones fondues d'excellente ténacité en soudage à haute densité d'énergie.

A composition d'acier donnée, parmi les différentes variables d'assemblage en soudage à haute densité d'énergie (puissance et vitesse de soudage, éventuel pré ou post-chauffage ou moyens de refroidissement), on choisira celles qui conduisent à une proportion de 60 à 75% de martensite en zone fondue, et préférentiellement de 60 à 70% , associée à un complément adéquat de bainite inférieure. Les relations entre la vitesse de refroidissement en soudage et la fraction de martensite vont être explicitées maintenant, en tenant compte de la similitude entre la ZAC et la zone fondue dans l'assemblage à haute densité d'énergie :

Dans le domaine des zones affectées par la chaleur, il est connu d'après la publication de « Metal Construction », avril 1987, pp. 217-223, que la proportion de martensite peut être évaluée par les expressions suivantes :

Fraction martensitique $f_M = \frac{\log \frac{\Delta t_B}{\Delta t_5^8}}{\log \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}$,

ou, de manière équivalente :

$\Delta t_{500}^{800} = \Delta t_B \exp^{-f_M \, Ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

avec :

Δt_{500}^{800} = Temps s'écoulant entre 800 et 500°C lors du refroidissement de la zone soudée après soudage,

Δt_M= Temps de refroidissement critique conduisant à 100% de martensite,

Δt_B= Temps de refroidissement critique conduisant à 100% de bainite.

log et Ln désignant respectivement les logarithmes décimaux et Népériens

Cette expression s'applique lorsque : $\Delta t_M \leq \Delta t_{500}^{800} \leq \Delta t_B$

Les temps critiques de refroidissement sont reliés à la composition chimique par les expressions suivantes :

$\Delta t_B = \exp^{(6.2\,CE\,II + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6\,CE\,I - 4,8)}$

avec :

$CE_I = C+Mn/6+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/3,6+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,5N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-3N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,5N) si B≥0,0004%,

ces expressions supposant que f(B)≥0, c'est à dire que N≤0,020%.

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B et N désignent respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre, chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de l'acier.

Or, comme on l'a montré précédemment, la similarité de la ZAC et de la zone fondue en soudage homogène et autogène à haute densité d'énergie indique que les formulations précédentes valables pour la ZAC sont également applicables à la zone fondue.

Selon l'invention, dans la zone fondue, une teneur en martensite comprise entre 60 et 75%, préférentiellement entre 60 et 70%, associée à un complément en bainite inférieure conduit à obtenir une excellente ténacité. Ceci est obtenu si le paramètre de refroidissement obéit à l'expression suivante :

$$\Delta t_B \exp^{-0,75 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$$

et de préférence :

$$\Delta t_B \exp^{-0,7 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$$

Selon le procédé à haute densité d'énergie utilisé, deux cas sont à distinguer :

- Dans le cas de soudage LASER homogène et autogène, la composition de la zone fondue est pratiquement identique à celle du métal de base. Les expressions mentionnées ci-dessus, relatives à la composition élémentaire de la zone fondue, s'appliquent également à la composition du métal de base, c'est à dire à la composition de l'acier à partir duquel on réalise l'assemblage.
- Dans le cas de soudage par faisceau d'électrons homogène et autogène, on a observé une modification de la composition de la zone fondue par rapport au métal de base : La teneur en azote est abaissée en moyenne d'environ 10%, comme l'indique la figure 6, par la suite de la faible pression partielle au-dessus du métal liquide. D'autre part, on observe également une réduction moyenne de 10% de la teneur initiale du manganèse, élément possédant une tension de vapeur élevée. A partir des teneurs initiales en N et en Mn dans le métal de base, les teneurs en N et en Mn dans la zone fondue sont respectivement égales à 0,9C et 0,9Mn. Dans ces conditions, les expressions précédentes deviennent

- $\Delta t_B = \exp^{(6.2\ CE\ II + 0,74)}$,
  $\Delta t_M = \exp^{(10,6\ CE\ I - 4,8)}$
  $CE_I = C+Mn/6,67+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$
  $CE_{II} = C+Mn/4+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$
  Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%
  f(B)= (0,03-1,35N) si 0,0001%<B≤0,00025%
  f(B)=(0,06-2,7N) si 0,00025%<B<0,0004%
  f(B)=(0,09-4,05N) si B≥0,0004%,

ces expressions supposant que f(B)≥0, c'est-à-dire que N≤0,022%.

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B et N désignent respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre, chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de l'acier soudé.

Naturellement, l'invention peut être également transposée au cas où l'on soude une partie en acier avec une autre pièce d'acier de composition différente, et ceci en tenant compte de la participation relative de chaque élément pour former la zone fondue, c'est à dire du coefficient de dilution. La même remarque s'applique également au cas du soudage avec produit d'apport métallique, dont il convient de tenir compte de la composition et du coefficient de dilution, ceci afin d'évaluer la composition de la zone fondue.

La présente invention va être maintenant illustrée à partir de l'exemple suivant, relatif au soudage par faisceau LASER :

Un acier de 12 mm d'épaisseur utilisé pour la fabrication de tubes de limite d'élasticité supérieure à 400 MPa ayant la composition suivante :C=0,1%, Mn=1,45%, Si=0,35%, Al=0,030%, Nb=0,040%, N=0,004%, a été soudé en mode autogène par faisceau LASER sans métal d'apport avec des paramètres choisis de telle sorte que la vitesse de refroidissement Δt_{500}^{800} soit égale à 1,7 s. Dans ces conditions, la fraction de martensite auto-revenue de la zone fondue calculée à partir de l'expression ci-dessus (cas du soudage homogène et autogène) est égale à 68%, très voisine de celle déterminée par observation métallographique, complétée par 32% de bainite inférieure. Ces conditions correspondent à celles de l'invention, qui sont associées à une ténacité optimale de la zone fondue : de fait, la température de transition, déterminée à partir d'essais de traction par choc sur éprouvettes cylindriques entaillées de 4mm de diamètre, est de –120°C, ce qui traduit une excellente ténacité et une grande résistance à la rupture fragile des tubes fabriqués dans ces conditions par soudage LASER.

Grâce à l'invention, on réalise donc la fabrication de structures soudées à haute densité d'énergie de manière économique, sans faire appel à des éléments d'addition coûteux. L'invention permet de choisir les conditions d'assemblage de façon à satisfaire aux exigences de sécurité vis-à-vis du risque de rupture brutale.

REVENDICATIONS

1. Objet comprenant au moins une partie en acier dont la composition comprend, les teneurs étant exprimées en poids, du carbone en teneur comprise entre 0,005 et 0,27%, du manganèse entre 0,5 et 1,6%, du silicium entre 0,1 et 0,4%, du chrome en teneur inférieure à 2,5%, du Mo en teneur inférieure à 1%, éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le nickel, le cuivre, l'aluminium, le niobium, le vanadium, le titane, le bore, le zirconium, l'azote, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration, ladite partie en acier comportant au moins une zone fondue par faisceau à haute densité d'énergie, caractérisé en ce que ladite zone fondue présente une microstructure constituée de 60 à 75% de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 25% de bainite inférieure, et préférentiellement 60 à 70% de martensite auto-revenue et , en complément, de 40 à 30% de bainite inférieure.
2. Objet selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un tube en acier, comprenant au moins un tronçon présentant une zone soudée dans le sens longitudinal ou transverse.
3. Objet selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il est constitué d'au moins deux tôles laminées ou forgées à chaud d'acier de composition identique ou différente, d'épaisseur identique ou différente, soudées entre elles.
4. Objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit faisceau à haute densité d'énergie est un faisceau LASER
5. Objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit faisceau à haute densité d'énergie est un faisceau d'électrons
6. Procédé de fabrication d'un objet selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
   - approvisionner un objet comprenant au moins une partie en acier dont la composition comprend les teneurs étant exprimées en poids, du carbone en teneur comprise entre 0,005 et 0,27%, du manganèse entre 0,5 et 1,6%, du silicium entre 0,1 et 0,4%, du chrome en teneur inférieure à 2,5%, du Mo en teneur inférieure à 1%, éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le nickel, le cuivre, l'aluminium, le

niobium, le vanadium, le titane, le bore, le zirconium, l'azote, le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration,

- souder par un procédé à haute densité d'énergie ladite partie en acier avec une pièce d'acier de composition identique ou différente, faisant déjà partie ou non dudit objet,
- la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, étant choisis de telle sorte que l'on obtienne une zone fondue avec une microstructure constituée de 60 à 75% de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 25% de bainite inférieure, préférentiellement 60 à 70% de martensite auto-revenue et, en complément, de 40 à 30% de bainite inférieure.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en outre en ce que la teneur en azote de ladite zone fondue est inférieure ou égale à 0,020%, que la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, sont choisis de telle sorte que ladite zone fondue refroidisse selon un paramètre Δt_{500}^{800} tel que :

$\Delta t_B \exp^{-0,75 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

et préférentiellement : $\Delta t_B \exp^{-0,7 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

Δt_{500}^{800} exprimé en secondes désignant le temps s'écoulant entre la température de 800°C et la température de 500°C lors du refroidissement après soudage de ladite zone soudée,

avec : $\Delta t_B = \exp^{(6.2\, CE\, II + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6\, CE\, I - 4,8)}$

$CE_I = C+Mn/6+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/3,6+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,5N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-3N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,5N) si B≥0,0004%,

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B et N désignant respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre, chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de ladite zone fondue.

8 Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit soudage est effectué par faisceau LASER d'une manière homogène et autogène, que la teneur en azote dudit acier est inférieure ou égale à 0,020%, et

que la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, sont choisis de telle sorte que ladite zone fondue refroidisse selon un paramètre Δt_{500}^{800} tel que :

$\Delta t_B \exp^{-0,75 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

et préférentiellement : $\Delta t_B \exp^{-0,7 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

Δt_{500}^{800}, exprimé en secondes, désignant le temps s'écoulant entre 800 et 500°C lors du refroidissement après soudage de ladite zone fondue,

avec : $\Delta t_B = \exp^{(6.2 CE II + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6 CE I - 4,8)}$

$CE_I = C+Mn/6+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/3,6+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,5N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-3N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,5N) si B≥0,0004%,

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B, N désignant respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre, chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de l'acier soudé.

9. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que ledit soudage est effectué par faisceau d'électrons, d'une manière autogène et homogène, que la teneur en azote dudit acier est inférieure ou égale à 0,022%, que la puissance de soudage, la vitesse de soudage, les moyens d'un éventuel pré ou post-chauffage ou de refroidissement, sont choisis de telle sorte que ladite zone fondue par le faisceau d'électrons refroidisse selon un paramètre Δt_{500}^{800} tel que :

$\Delta t_B \exp^{-0,75 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

et préférentiellement : $\Delta t_B \exp^{-0,7 \ln(\Delta tB/\Delta t M)} \leq (\Delta t_{500}^{800}) \leq \Delta t_B \exp^{-0,6 \ln(\Delta tB/\Delta t M)}$

Δt_{500}^{800}, exprimé en secondes, désignant le temps s'écoulant entre 800 et 500°C lors du refroidissement après soudage de ladite zone fondue,

avec : $\Delta t_B = \exp^{(6.2 CE II + 0,74)}$,

$\Delta t_M = \exp^{(10,6 CE I - 4,8)}$

$CE_I = C+Mn/6,67+ Si/24 +Mo/4+ Ni/12+ Cu/15+ (Cr(1-0,16\sqrt{Cr})/8)+f(B)$

$CE_{II} = C+Mn/4+ Cu/20 +Ni/9+ Cr/5+ Mo/4,$

Avec : f(B)=0, si B≤0,0001%

f(B)= (0,03-1,35N) si 0,0001%<B≤0,00025%

f(B)=(0,06-2,7N) si 0,00025%<B<0,0004%

f(B)=(0,09-4,05N) si B≥0,0004%,

C, Mn, Si, Mo, Ni, Cu, Cr, B, N désignant respectivement les teneurs en carbone, manganèse, silicium, molybdène, nickel, cuivre chrome, bore et azote, exprimées en pourcentage pondéral, de l'acier soudé.

10. Procédé de fabrication selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'on soude ladite partie en acier avec une pièce d'acier de composition identique ou différente, d'épaisseur identique ou différente, faisant partie ou non dudit objet, en utilisant un produit d'apport métallique

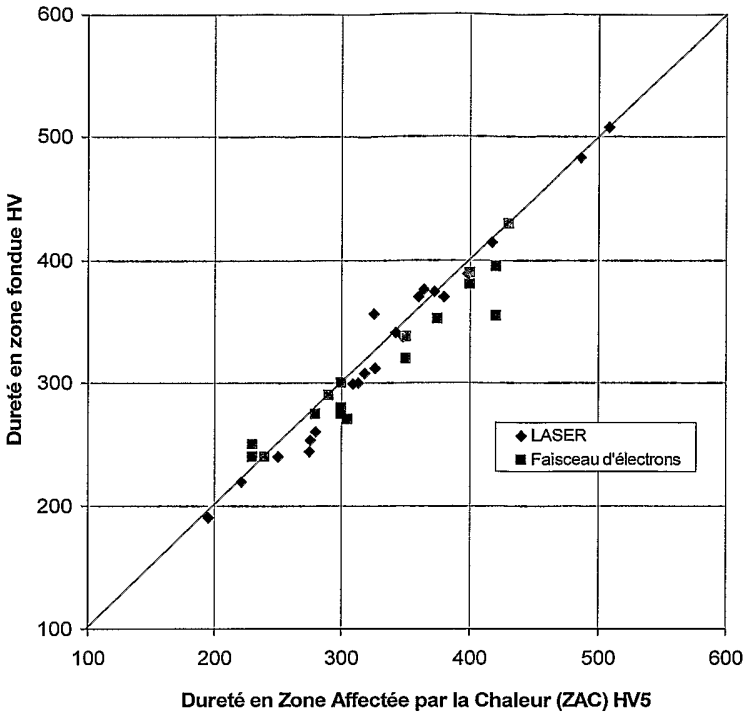


Figure 1

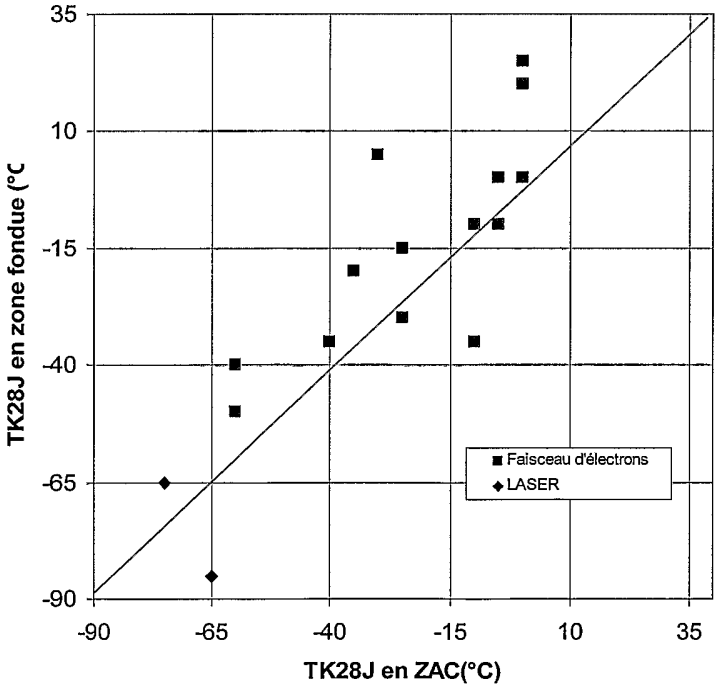


Figure 2

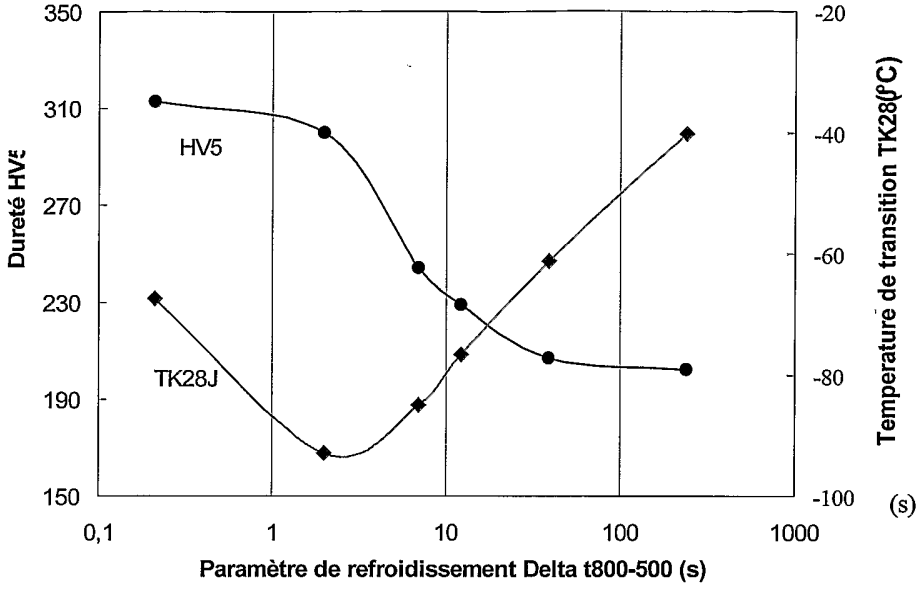


Figure 3

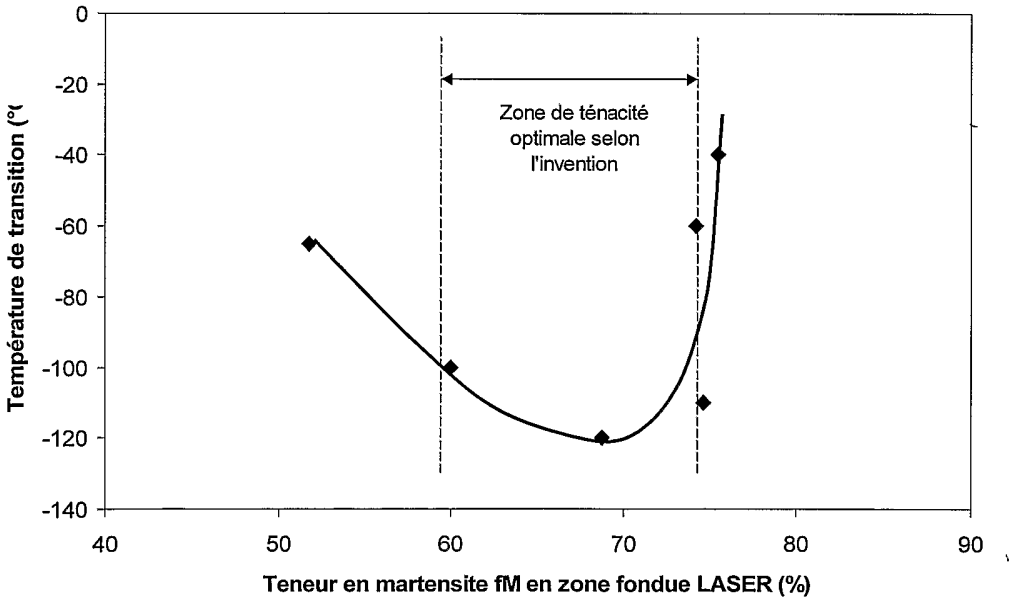


Figure 4

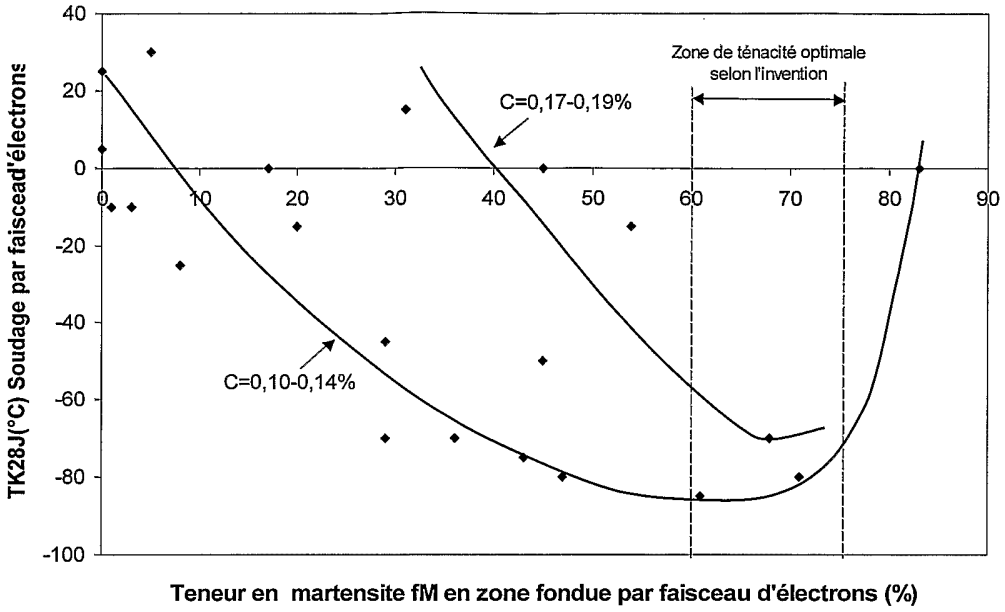


Figure 5

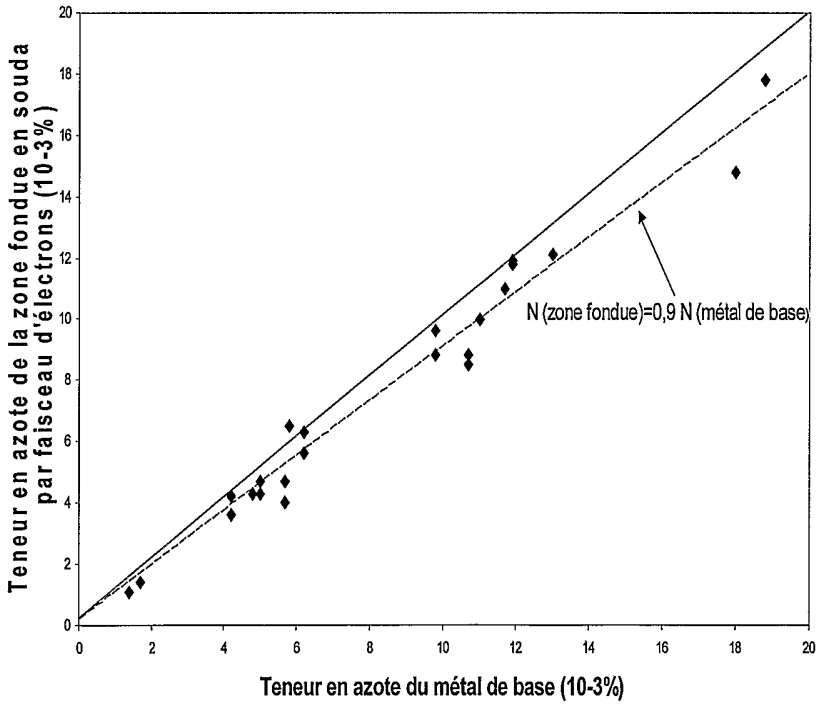


Figure 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2005/001543

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C38/02 C22C38/04 C22C38/22 C21D9/50

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B23K C22C C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 09, 31 July 1998 (1998-07-31) -& JP 10 094890 A (NIPPON STEEL CORP), 14 April 1998 (1998-04-14) abstract	1,3,4,6, 8,10
A	WO 93/24269 A (ALLOY RODS GLOBAL, INC) 9 December 1993 (1993-12-09) page 7, paragraph 9 - page 8, paragraph 29	1,3,4,6, 8,10
A	EP 1 375 694 A (RAUTARUUKKI OYJ) 2 January 2004 (2004-01-02) paragraph '0017!	7,9

-/--

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
8 November 2005	22/11/2005

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Jeggy, T

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 527 040 A (D.W. MOON ET AL) 2 July 1985 (1985-07-02) cited in the application the whole document	1-10
A	US 6 532 995 B1 (H. ASAHI ET AL) 18 March 2003 (2003-03-18) column 7, line 66 - column 8, line 43; claims 1,4	1,6
A	US 6 085 528 A (R.M. WOODALL ET AL) 11 July 2000 (2000-07-11) column 13, lines 50-67; table I column 16, lines 21-34; table II column 24, lines 39-46 column 25, line 63 - column 26, line 4 column 23, lines 10-56	1,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

ormation on patent family members

International Application No
PCT/FR2005/001543

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 10094890 A	14-04-1998	NONE	
WO 9324269 A	09-12-1993	AU 4111193 A	30-12-1993
		MX 9303097 A1	29-04-1994
		TR 28421 A	14-06-1996
		US 5523540 A	04-06-1996
EP 1375694 A	02-01-2004	AT 294256 T	15-05-2005
		DE 60300561 D1	02-06-2005
		ES 2238669 T3	01-09-2005
		FI 20021188 A	20-12-2003
		PT 1375694 T	29-07-2005
US 4527040 A	02-07-1985	NONE	
US 6532995 B1	18-03-2003	EP 1020539 A2	19-07-2000
		JP 3519966 B2	19-04-2004
		JP 2000199036 A	18-07-2000
		KR 2000053389 A	25-08-2000
US 6085528 A	11-07-2000	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2005/001543

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
C22C38/02 C22C38/04 C22C38/22 C21D9/50

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B23K C22C C21D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 09, 31 juillet 1998 (1998-07-31) -& JP 10 094890 A (NIPPON STEEL CORP), 14 avril 1998 (1998-04-14) abrégé	1,3,4,6, 8,10
A	WO 93/24269 A (ALLOY RODS GLOBAL, INC) 9 décembre 1993 (1993-12-09) page 7, alinéa 9 - page 8, alinéa 29	1,3,4,6, 8,10
A	EP 1 375 694 A (RAUTARUUKKI OYJ) 2 janvier 2004 (2004-01-02) alinéa '0017!	7,9

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'inven tion revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
8 novembre 2005	22/11/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL – 2280 HV Rijswijk Tel. (+31–70) 340–2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31–70) 340–3016	Jeggy, T

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR2005/001543

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 527 040 A (D.W. MOON ET AL) 2 juillet 1985 (1985-07-02) cité dans la demande le document en entier	1-10
A	US 6 532 995 B1 (H. ASAHI ET AL) 18 mars 2003 (2003-03-18) colonne 7, ligne 66 - colonne 8, ligne 43; revendications 1,4	1,6
A	US 6 085 528 A (R.M. WOODALL ET AL) 11 juillet 2000 (2000-07-11) colonne 13, ligne 50-67; tableau I colonne 16, ligne 21-34; tableau II colonne 24, ligne 39-46 colonne 25, ligne 63 - colonne 26, ligne 4 colonne 23, ligne 10-56	1,6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No
PCT/FR2005/001543

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
JP 10094890	A	14-04-1998	AUCUN		
WO 9324269	A	09-12-1993	AU	4111193 A	30-12-1993
			MX	9303097 A1	29-04-1994
			TR	28421 A	14-06-1996
			US	5523540 A	04-06-1996
EP 1375694	A	02-01-2004	AT	294256 T	15-05-2005
			DE	60300561 D1	02-06-2005
			ES	2238669 T3	01-09-2005
			FI	20021188 A	20-12-2003
			PT	1375694 T	29-07-2005
US 4527040	A	02-07-1985	AUCUN		
US 6532995	B1	18-03-2003	EP	1020539 A2	19-07-2000
			JP	3519966 B2	19-04-2004
			JP	2000199036 A	18-07-2000
			KR	2000053389 A	25-08-2000
US 6085528	A	11-07-2000	AUCUN		