

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 748 877 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

18.12.1996 Bulletin 1996/51(51) Int Cl.⁶: **C22C 38/12, C22C 38/14**(21) Numéro de dépôt: **96401263.7**(22) Date de dépôt: **11.06.1996**

(84) Etats contractants désignés:

AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU NL PT SE(30) Priorité: **15.06.1995 FR 9507122**(71) Demandeur: **SOLLAC****F-92800 Puteaux (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Bano, Xavier**
13800 Istres (FR)

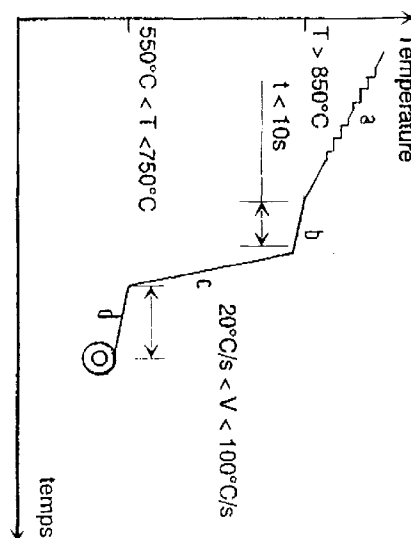
• **Malta, Maurice****13500 Martigues (FR)**• **Fiori, Stéphane****13800 Istres (FR)**(74) Mandataire: **Bouget, Lucien et al****Cabinet Lavoix****2, Place d'Estienne d'Orves****75441 Paris Cédex 09 (FR)**

(54) **Procédé de réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité et tôle d'acier obtenue**

(57) Procédé de réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme de pièces et présentant une transition fragile/ductile à une température inférieure à -50°C, caractérisé en ce que l'acier de composition pondérale suivante :

- carbone $\leq 0,1$ %,
- $1 \% \leq$ manganèse $\leq 1,5$ %,
- silicium $\leq 0,3$ %,
- phosphore $\leq 0,03$ %,
- soufre $\leq 0,01$ %,
- $0,01 \% \leq$ aluminium $\leq 0,1$ %,
- $0,04 \% \leq$ niobium $\leq 0,06$ %,
- $0,1 \% \leq$ titane $\leq 0,15$ %,
- $0,1 \% \leq$ molybdène $\leq 0,2$ %,

est, après laminage à chaud, soumis à un refroidissement contrôlé à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C par seconde et 100°C par seconde jusqu'à une température de fin de refroidissement comprise entre 550°C et 750°C. L'invention est également relative à la tôle obtenue.

FIG.1

Description

L'invention concerne un procédé de réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme de pièces et présentant une transition fragile/ductile à une température inférieure à -50°C.

Dans le domaine de la réalisation de tôle d'acier laminées à chaud en acier dont les caractéristiques sont obtenues par un laminage contrôlé, on connaît des produits dans une gamme d'aciers à limite d'élasticité élevée, c'est-à-dire comprise entre 315 MPa et 700 MPa.

Le laminage contrôlé permet de maintenir dans l'acier de la tôle un faible niveau de carbone équivalent et d'obtenir des propriétés mécaniques voulues par affinage du grain de structure ferritique et précipitation cohérente de carbonitride de niobium, le niobium pouvant être associé avec du titane ou du vanadium.

Par exemple, un produit tel qu'une tôle en acier ULCB (structure bainitique à bas carbone) présente une limite d'élasticité pouvant être supérieure à 700 MPa et une température de transition fragile/ductile d'environ -60°C. Cependant, le pliage à 180° sans défaut de la tôle d'acier est limité à des diamètres intérieurs de pliage supérieurs à 2,5 fois l'épaisseur de la tôle dans le sens de laminage et supérieur à 3 fois l'épaisseur de la tôle dans le sens travers de laminage.

Dans un autre exemple, un produit tel qu'une tôle en acier microallié présente une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa et peut être pliée à 180° sans générer de défaut pour un diamètre de pliage inférieur à deux fois l'épaisseur de la tôle mais cet acier présente l'inconvénient d'avoir une température de transition ductile/fragile comprise entre -20°C et -40°C.

L'invention a pour but de présenter un procédé de réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme de pièces et présentant une possibilité de pliage à 180° sans défaut sous un diamètre de pliage inférieur à deux fois l'épaisseur de la tôle et une transition fragile/ductile à une température inférieure à -50°C.

L'invention a pour objet un procédé de réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme de pièces et présentant une transition fragile/ductile à une température inférieure à -50°C, caractérisé en ce que l'acier de composition pondérale suivante :

- carbone $\leq 0,1 \%$,
- $1 \% \leq \text{manganèse} \leq 1,5 \%$,
- silicium $\leq 0,3 \%$,
- phosphore $\leq 0,03 \%$,
- soufre $\leq 0,01 \%$,
- $0,01 \% \leq \text{aluminium} \leq 0,1 \%$,
- $0,04 \% \leq \text{niobium} \leq 0,06 \%$,
- $0,1 \% \leq \text{titane} \leq 0,15 \%$,
- $0,1 \% \leq \text{molybdène} \leq 0,2 \%$,

est, après laminage à chaud, soumis à un refroidissement contrôlé à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C par seconde et 100°C par seconde jusqu'à une température de fin de refroidissement comprise entre 550°C et 750°C.

D'autres caractéristiques de l'invention sont les suivantes :

- la température de fin de laminage à chaud est de préférence supérieure à 850°C ou même 900°C ;
- le temps séparant la fin du laminage à chaud et le début du refroidissement contrôlé est de préférence inférieur à 10 secondes et par exemple de l'ordre de 1,5 seconde.

L'invention concerne également une tôle d'acier caractérisée en ce que la composition pondérale de l'acier est la suivante :

- carbone $\leq 0,1 \%$,
- $1 \% \leq \text{manganèse} \leq 1,5 \%$,
- silicium $\leq 0,3 \%$,
- phosphore $\leq 0,03 \%$,
- soufre $\leq 0,01 \%$,
- $0,01 \% \leq \text{aluminium} \leq 0,1 \%$,
- $0,04 \% \leq \text{niobium} \leq 0,06 \%$,
- $0,1 \% \leq \text{titane} \leq 0,15 \%$,
- $0,1 \% \leq \text{molybdène} \leq 0,2 \%$,

et, qu'après laminage à chaud, la tôle est soumise à un refroidissement contrôlé depuis une température de préférence supérieure à 850°C ou même 900°C à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C par seconde et 100°C par seconde jusqu'à une température de fin de refroidissement comprise entre 550°C et 750°C, le temps séparant la fin du laminage à chaud et le début du refroidissement étant de préférence inférieur à 10 secondes.

La description qui suit et les figures annexées, le tout donné à titre d'exemple non limitatif, feront bien comprendre l'invention.

La figure 1 est une courbe montrant de manière schématique, selon le procédé de l'invention, la variation de température en fonction du temps, imposée à la bande de tôle d'acier laminée à chaud.

La figure 2 présente des courbes de transition fragile/ductile pour une tôle d'acier de 5 mm d'épaisseur, transition fragile/ductile mesurée dans le sens long et dans le sens travers de la bande de tôle laminée à chaud.

Le procédé selon l'invention concerne la réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme de pièces et présentant une transition fragile/ductile à basse température. Dans un exemple d'application selon l'invention, l'acier de base a la composition pondérale suivante :

- $0,06 \% \leq \text{carbone} \leq 0,08 \%$,
- $1,4 \% \leq \text{manganèse} \leq 1,5 \%$,
- $0,2 \% \leq \text{silicium} \leq 0,26 \%$,
- $\text{phosphore} \leq 0,02 \%$,
- $\text{soufre} \leq 0,005 \%$,
- $0,02 \% \leq \text{aluminium} \leq 0,06 \%$,
- $0,055 \% \leq \text{niobium} \leq 0,06 \%$,
- $0,110 \% \leq \text{titane} \leq 0,14 \%$,
- $0,130 \% \leq \text{molybdène} \leq 0,170 \%$.

La composition de base permet d'obtenir une microstructure de ferrite et bainite granulaire durcie par la précipitation des éléments de microalliage niobium-titane.

Le procédé de laminage selon l'invention vise à obtenir une bonne recristallisation des grains austénitiques en sortie des cages du laminoir permettant ainsi l'obtention d'une structure équiaxe.

La structure de l'acier de la bande de tôle permet d'obtenir des allongements élevés supérieurs à 15 % pouvant atteindre 20 % et des pliages à 180° sans défaut avec des diamètres intérieurs de pliage inférieurs à deux fois l'épaisseur de la tôle.

Dans le procédé, la température de la fin de laminage est supérieure à 850°C, et de préférence de 900°C afin d'une part, de limiter la précipitation des éléments de microalliage induite par le laminage à chaud et d'autre part, de profiter au maximum de leur effet durcissant au cours du refroidissement contrôlé.

Le refroidissement contrôlé est imposé à la bande de tôle laminée à chaud après un intervalle de temps inférieur à 10 secondes entre la fin du laminage à chaud et le début du refroidissement contrôlé. De préférence, l'intervalle de temps est de l'ordre de 1,5 seconde, ce qui assure une taille de grains très fine et une limite d'élasticité élevée.

Les vitesses de refroidissement contrôlées sont choisies entre 20°C par seconde et 100°C par seconde en fonction de l'épaisseur de la bande de tôle à traiter. Par exemple, la vitesse de refroidissement contrôlée est, en moyenne, de 40°C par seconde pour une bande de tôle d'environ 5 mm d'épaisseur. Dans ces conditions, il y a précipitation durcissante des éléments de microalliage, ce qui permet d'obtenir une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa, soit 740 MPa.

La température de fin de refroidissement contrôlé est comprise entre 550°C et 750°C et de préférence de 650°C, ce qui assure une précipitation durcissante des éléments de microalliage.

La figure 1 est une courbe schématisant, selon le procédé de l'invention, la variation de température en fonction du temps, imposée à la bande de tôle d'acier après laminage à chaud. Après un laminage à une température supérieure à 850°C représenté par la portion de courbe "a", une période de moins de 10 secondes, représentée par la portion de courbe "b", est demandée avant le refroidissement contrôlé de la bande de tôle laminée à chaud qui est représenté par la portion de cour-

be "c".

Lorsque la bande de tôle atteint la température de fin de refroidissement de 550 à 750°C, elle est bobinée comme schématisé en "d" sur la figure.

La figure 2 présente deux courbes A et B de transition fragile/ductile, c'est-à-dire des courbes donnant l'énergie de rupture d'une éprouvette prélevée dans une tôle en fonction de la température. Les courbes A et B sont relatives à une tôle d'acier de 5 mm d'épaisseur et la transition fragile/ductile est mesurée respectivement dans le sens long et dans le sens travers de la tôle laminée à chaud. La bande de tôle d'acier selon l'invention ne présente pas de transition fragile/ductile dans le domaine de température compris entre +20°C et -80°C. Toutes les ruptures sont donc ductiles jusqu'à -80°C.

La température de transition fragile/ductile est donc inférieure à -80°C.

Le procédé selon l'invention permet la réalisation d'une tôle d'acier laminée à chaud d'épaisseur comprise entre 2,5 et 10 mm, tôle dont l'acier possède une limite d'élasticité supérieure à 700 MPa. La tôle d'acier peut être soumise à un pliage à 180° sans défaut, le diamètre intérieur du pliage pouvant être inférieur à deux fois l'épaisseur de la tôle.

La faible teneur en carbone équivalent de 0,4 % et la faible teneur en manganèse confèrent à l'acier une excellente soudabilité.

Le titane participe au durcissement par précipitation sous la forme de TiC.

Le molybdène permet après précipitation des éléments de microalliage sous forme de carbure, de limiter la diffusion de carbone à haute température assurant ainsi l'obtention de précipités fins dans la matrice ferritique et l'abaissement de la température de transition fragile/ductile à une température toujours située en dessous de -50°C dans le cas d'un acier selon la composition définissant l'invention.

La bande de tôle laminée à chaud selon l'invention peut être utilisée pour la fabrication de pièces pliées profilées ou embouties d'épaisseur réduite pour leur allègement et/ou de pièces ayant de meilleures caractéristiques mécaniques en fatigue. La faible température de transition fragile/ductile offre la possibilité d'un fonctionnement de pièces d'équipement, entrant par exemple dans la construction de grues, dans un domaine de température très bas sans risque de rupture fragile.

Revendications

1. Procédé de réalisation d'une bande de tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme de pièces et présentant une transition fragile/ductile à une température inférieure à -50°C, caractérisé en ce que l'acier de composition pondérale suivante :

- carbone $\leq 0,1 \%$,

- 1 % $\leq$ manganèse $\leq$ 1,5 %,
- silicium $\leq$ 0,3 %,
- phosphore $\leq$ 0,03 %,
- soufre $\leq$ 0,01 %,
- 0,01 % $\leq$ aluminium $\leq$ 0,1 %, 5
- 0,04 % $\leq$ niobium $\leq$ 0,06 %, 5
- 0,1 % $\leq$ titane $\leq$ 0,15 %, 5
- 0,1 % $\leq$ molybdène $\leq$ 0,2 %, 5

est, après laminage à chaud, soumis à un refroidissement contrôlé à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C par seconde et 100°C par seconde jusqu'à une température de fin de refroidissement comprise entre 550°C et 750°C. 10

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la température de fin de laminage à chaud est supérieure à 850°C. 15
3. Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le temps séparant la fin du laminage à chaud et le début du refroidissement contrôlé est inférieur à 10 secondes. 20
4. Tôle d'acier laminée à chaud à très haute limite d'élasticité utilisable notamment pour la mise en forme et présentant une transition fragile/ductile à une température inférieure à -50°C, caractérisée en ce que la composition pondérale de l'acier est la suivante : 25

- carbone $\leq$ 0,1 %,
- 1 % $\leq$ manganèse $\leq$ 1,5 %,
- silicium $\leq$ 0,3 %,
- phosphore $\leq$ 0,03 %, 35
- soufre $\leq$ 0,01 %, 35
- 0,01 % $\leq$ aluminium $\leq$ 0,1 %, 35
- 0,04 % $\leq$ niobium $\leq$ 0,06 %, 35
- 0,1 % $\leq$ titane $\leq$ 0,15 %, 35
- 0,1 % $\leq$ molybdène $\leq$ 0,2 %, 40

et, qu'après laminage à chaud, la tôle est soumise à un refroidissement contrôlé depuis une température de préférence supérieure à 850°C ou même 900°C à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C par seconde et 100°C par seconde jusqu'à une température de fin de refroidissement comprise entre 550°C et 750°C, le temps séparant la fin du laminage à chaud et le début du refroidissement étant de préférence inférieur à 10 secondes. 45

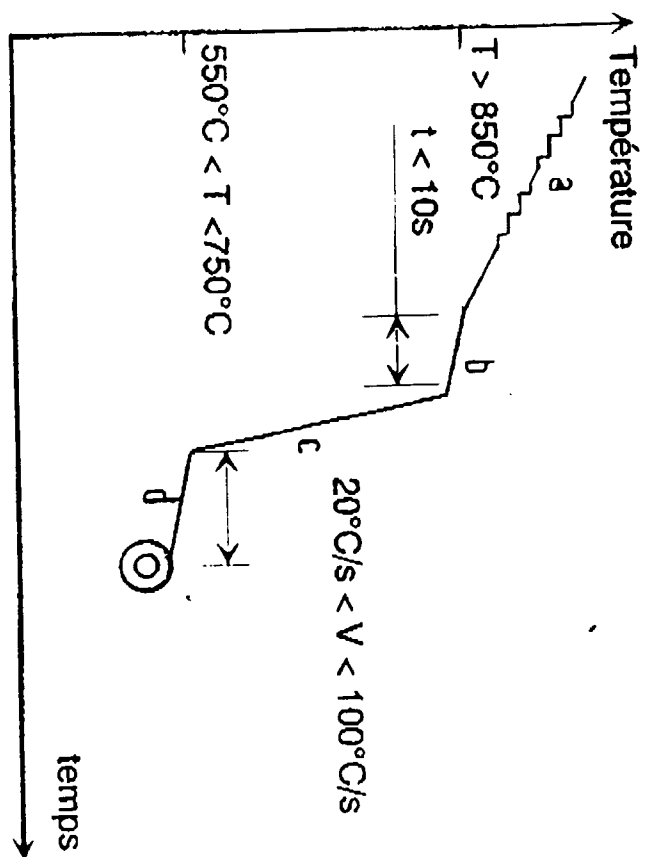
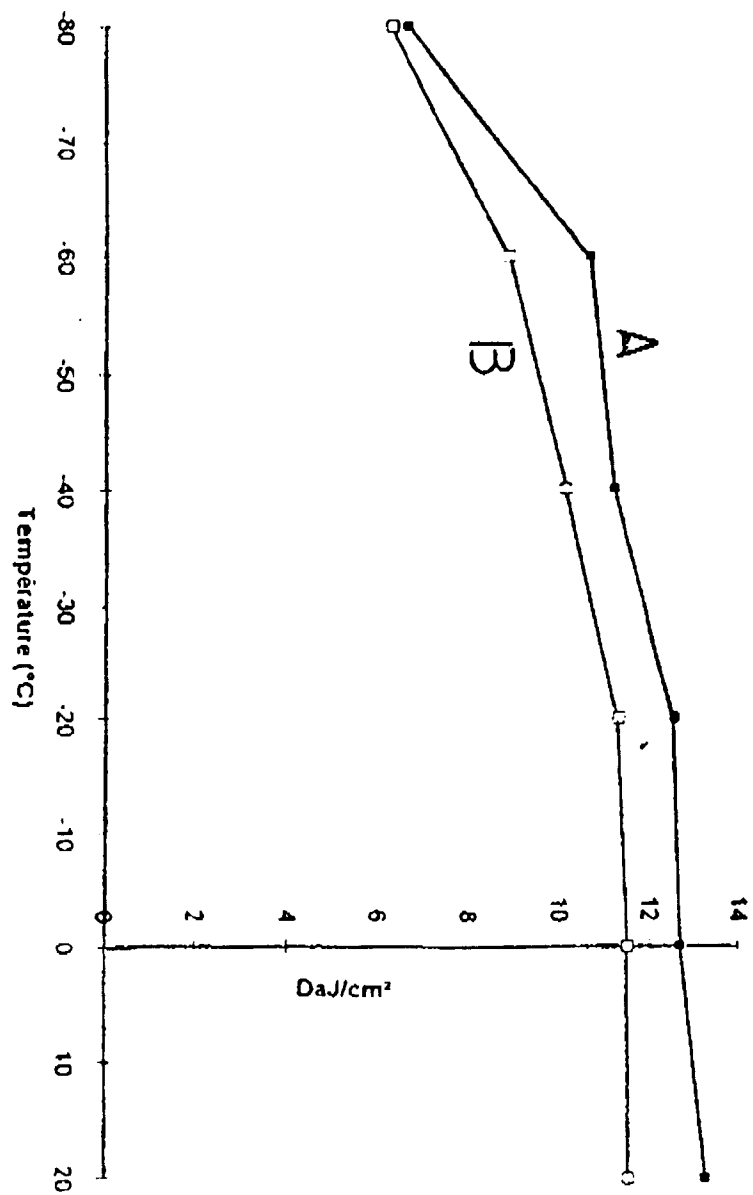


FIG.1

FIG. 2



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 96 40 1263

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.6)
X	US-A-3 976 514 (MATSUKURA KAMEO ET AL) 24 Août 1976 * le document en entier *	1,4	C22C38/12 C22C38/14
P,X	WO-A-95 26424 (NIPPON STEEL CORP ;HASEGAWA TOSHIEI (JP); ISHIKAWA TADASHI (JP); N) 5 Octobre 1995 * abrégé *	1,4	
A	FR-A-2 133 952 (NIPPON KOKAN K.K.) 1 Décembre 1972 * revendications 1-3 *	1-4	
A	EP-A-0 535 238 (KAWASAKI STEEL CO) 7 Avril 1993 * revendications 1-12 *	1-4	
A	DE-A-25 17 164 (RHEINSTAHL GIESSEREI AG) 21 Octobre 1976 * le document en entier *	1-4	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			C22C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		19 Septembre 1996	Lippens, M
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	

EPG FORM 1503 03.82 (P04C02)