

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 51296 B1**
- (43) Date de publication : **28.06.2023**
- (51) Cl. internationale :
**C21D 1/19; C23C 2/28;
C21D 8/04; C21D 9/46;
C22C 38/00; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06;
C22C 38/12; C22C 38/18;
C22C 38/38; C23C 2/02;
C23C 2/06; C23C 2/12;
C21D 8/02**

-
- (21) N° Dépôt :
51296
- (22) Date de Dépôt :
18.12.2018
- (30) Données de Priorité :
19.12.2017 WO PCT/IB2017/058122
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/IB2018/060247 18.12.2018
- (71) Demandeur(s) :
ArcelorMittal, 24-26, Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)
- (72) Inventeur(s) :
PERLADE, Astrid ; KEGEL, Frédéric ; ZHU, Kangying ; JUNG, Coralie
- (74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)

(54) Titre : **TÔLES D'ACIER LAMINÉES À FROID ET TRAITÉES THERMIQUEMENT, JOINTS SOUDÉS PAR POINTS PAR RÉSISTANCE ET LEURS PROCÉDÉS DE FABRICATION**

(57) Abrégé : La présente invention concerne une tôle d'acier à haute résistance et formabilité élevée et un procédé de fabrication de tôle d'acier laminée à froid et traitée à chaud, ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids : n0,10 % = C = 0,25 %, 3,5 % = Mn = 6,0 %, 0,5 % = Si = 2,0 %, 0,3 % = Al = 1,2 %, avec Si + Al = 0,8 %, 0,10 % = Mo = 0,50 %, S = 0,010 %, P = 0 020 %, N = 0 008 %, ladite feuille d'acier laminée à froid ayant une microstructure constituée de, en fraction surfacique : entre 10 % et 45 % de ferrite, ayant une taille moyenne de grain d'au plus 1,3 mm, le produit de la fraction de surface de ferrite par la taille de grain moyenne de la ferrite étant d'au plus 35 mm %, entre 8 % et 30 % d'austénite résiduelle, ladite austénite résiduelle ayant une teneur en Mn supérieure à

1,1 * Mn %, Mn % désignant la teneur en Mn de l'acier, au plus 8 % de martensite fraîche, au plus 2,5 % de cémentite et de martensite fractionnée.

REVENDICATIONS

1.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement, constituée d'un acier ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

5 $0,10 \% \leq C \leq 0,25 \%$
 $3,5 \% \leq Mn \leq 6,0 \%$
 $0,5 \% \leq Si \leq 2,0 \%$
 $0,3 \% \leq Al \leq 1,2 \%$
 avec $Si+Al \geq 0,8 \%$

10 $0,10 \% \leq Mo \leq 0,50 \%$
 $S \leq 0,010 \%$
 $P \leq 0,020 \%$
 $N \leq 0,008 \%$

15 et éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi Cr, Ti, Nb, V et B, de sorte que :

$0,01 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$
 $0,010 \% \leq Ti \leq 0,080 \%$
 $0,010 \% \leq Nb \leq 0,080 \%$
 $0,010 \% \leq V \leq 0,30 \%$

20 $0,0005 \% \leq B \leq 0,004 \%$,

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion,

ladite tôle d'acier laminée à froid ayant une microstructure comprenant, en fraction de surface :

25 - entre 10 % et 45 % de ferrite, ayant une taille moyenne de grain d'au plus 1,3 μm, le produit de la fraction de surface de la ferrite par la taille moyenne de grain de la ferrite étant d'au plus 35 μm%,
 - entre 8 % et 30 % d'austénite résiduelle, ladite austénite résiduelle ayant une teneur en Mn supérieure à 1,1*Mn%, Mn% désignant la teneur en Mn de l'acier,

30 - 8 % maximum de martensite fraîche
 - 2,5 % maximum de cémentite et
 - de la martensite divisée,

35 la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement ayant une limite d'élasticité YS comprise entre 1 000 MPa et 1 300 MPa, une résistance à la traction TS comprise entre 1 200 MPa et 1 600 MPa, un allongement uniforme UE d'au moins 10 %, un allongement

total TE, mesuré selon la norme ISO 6892-1, d'au moins 14 %, un rapport d'expansion de trou HER, mesuré selon la norme ISO 16630:2009, d'au moins 20 % et une somme du produit de la limite d'élasticité YS par l'allongement uniforme UE (YS*UE), le produit de la résistance à la traction TS par l'allongement total TE (TS*TE) et le produit de la résistance à la traction TS par le rapport d'expansion de trou HER (TS x HER) YS*UE + TS*TE + TS*HER, d'au moins 56 000 MPa%.

2.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon la revendication 1, dans laquelle l'austénite résiduelle a une teneur moyenne en C d'au moins 0,4 %.

3.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle ladite martensite fraîche et ladite martensite divisée comprend des carbures, la densité surfacique des carbures, dont la surface est supérieure à $10 \times 60 \text{ nm}^2$, étant inférieure ou égale à $0,05 \times 10^6 / \text{mm}^2$.

4.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle l'austénite résiduelle est sous la forme d'îlots, la taille moyenne des îlots d'austénite résiduelle étant inférieure à 500 nm.

5.- Tôle d'acier laminée à froid et recuite selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la structure comprend au plus 0,3 % de cémentite, les particules de cémentite, le cas échéant, ayant une taille moyenne inférieure à 50 nm.

6.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement étant revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

7.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement étant revêtue d'Al ou d'un alliage d'Al.

8.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle l'acier a un équivalent carbone C_{eq} inférieur à 0,4 %, l'équivalent carbone étant défini comme $C_{eq} = C + Si\%/55 + Cr\%/20 +$

$Mn\%/19 - Al\%/18 + 2,2 * P\% - 3,24 * B\% - 0,133 Mn\% * Mo\%$.

5 9.- Joint soudé par points par résistance d'au moins deux tôles d'acier, dans lequel au moins une de ces deux tôles d'acier est une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.

10.- Joint soudé par points par résistance selon la revendication 9, ayant une valeur alpha, après un traitement thermique post-soudage, d'au moins 50 daN/mm².

10 11.- Joint soudé par points par résistance selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, ayant une valeur alpha d'au moins 70 daN/mm².

12.- Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement, comprenant les étapes successives suivantes :

15 - la coulée d'un acier de manière à obtenir une brame, ledit acier ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

$$0,10 \% \leq C \leq 0,25 \%$$

$$3,5 \% \leq Mn \leq 6,0 \%$$

$$0,5 \% \leq Si \leq 2,0 \%$$

20 $0,3 \% \leq Al \leq 1,2 \%$

$$\text{avec } Si+Al \geq 0,8 \%$$

$$0,10 \% \leq Mo \leq 0,50 \%$$

$$S \leq 0,010 \%$$

$$P \leq 0,020 \%$$

25 $N \leq 0,008 \%$

et éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi Cr, Ti, Nb, V et B, de sorte que :

$$0,01 \% \leq Cr \leq 1,0 \%$$

$$0,010 \% \leq Ti \leq 0,080 \%$$

30 $0,010 \% \leq Nb \leq 0,080 \%$

$$0,010 \% \leq V \leq 0,30 \%$$

$$0,0005 \% \leq B \leq 0,004 \%$$

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion,

35 - le réchauffement de la brame à une température T_{reheat} comprise entre 1 150 °C

et 1 300 °C,

- le laminage à chaud de la brame réchauffée à une température supérieure à Ar3 pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud,

- l'enroulement de la tôle d'acier laminée à chaud à une température d'enroulement

5 T_{coil} comprise entre 20 °C et 600 °C,

- le recuit de la tôle d'acier laminée à chaud à une première température de recuit T_{A1} comprise entre 500 °C et $T_{A1\text{max}}$, $T_{A1\text{max}}$ étant la température à laquelle au plus 30 % d'austénite est créée lors du chauffage, la tôle d'acier laminée à chaud étant maintenue à ladite première température de recuit T_{A1} pendant une durée t_{A1} comprise entre 3 s et

10 50 000 s, pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud et recuite,

- le laminage à froid de la tôle d'acier laminée à chaud et recuite de manière à obtenir une tôle d'acier laminée à froid,

- réchauffer la tôle d'acier laminée à froid à une deuxième température de recuit T_{A2} comprise entre Ae1 et Ae3 et maintenir la tôle d'acier laminée à froid à la deuxième température de recuit T_{A2} pendant un temps de maintien t_A compris entre 30 s et 500 s, la deuxième température de recuit T_{A2} étant déterminée à partir d'essais de dilatométrie de façon à obtenir, lors du recuit, une structure comprenant entre 55 et 90 % d'austénite et entre 10 % et 45 % de ferrite,

15 - la neutralisation de la tôle d'acier laminée à froid à une vitesse de refroidissement V_c comprise entre 1 °C/s et 100 °C/s jusqu'à une température de neutralisation Q_T comprise entre 20 °C et $M_s - 50$ °C,

20 - le réchauffement de la tôle d'acier laminée à froid à une température de séparation T_P comprise entre 350 °C et 500 °C, et le maintien de la tôle d'acier laminée à froid à ladite température de séparation T_P pendant une durée de séparation t_P comprise entre

25 3 s et 1 000 s,

- le refroidissement de la tôle d'acier laminée à froid à la température ambiante, pour obtenir une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement.

30 13.- Procédé selon la revendication 12, dans lequel le recuit effectué sur la tôle d'acier laminée à chaud est un recuit par lots, la première température de recuit T_{A1} étant comprise entre 500 °C et 670 °C, la tôle d'acier laminée à chaud étant maintenue à ladite première température de recuit T_{A1} pendant une durée comprise entre 1 000 s et 50 000 s.

- 14.- Procédé selon la revendication 12, dans lequel le recuit effectué sur la tôle d'acier laminée à chaud est un recuit continu, la première température de recuit T_{A1} étant comprise entre 650 °C et une température maximale de recuit continu $T_{ICAm_{max}}$, qui est la température à laquelle 30 % de l'austénite est créée lors du chauffage, la tôle d'acier laminée à chaud étant maintenue à ladite première température de recuit T_{A1} pendant une durée comprise entre 3 s et 500 s.
- 15.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans lequel, entre le maintien à la température de séparation T_P et le refroidissement à la température ambiante, la tôle d'acier laminée à froid est revêtue par immersion à chaud dans un bain.
- 16.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans lequel, après le maintien de la tôle laminée à froid à la température de séparation T_P , la tôle laminée à froid est refroidie à la température ambiante.
- 17.- Procédé selon la revendication 16, dans lequel après l'étape de refroidissement de la tôle d'acier laminée à froid à la température ambiante, la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement est revêtue au moyen d'un procédé électrochimique ou d'un processus de dépôt sous vide.
- 18.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 ou 17, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.
- 19.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 ou 17, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement est revêtue d'Al ou d'un alliage d'Al.
- 20.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 19, dans lequel l'acier a un équivalent carbone C_{eq} inférieur à 0,4 %, l'équivalent carbone étant défini comme $C_{eq} = C + Si\%/55 + Cr\%/20 + Mn\%/19 - Al\%/18 + 2,2 * P\% - 3,24 * B\% - 0,133 Mn\% * Mo\%$.

21.- Procédé de production d'un joint soudé par points d'au moins deux tôles d'acier, comprenant les étapes suivantes :

- la fourniture d'une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ou produite par un procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 20,
- la fourniture d'une seconde tôle d'acier,
- le soudage par points de la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement sur la seconde tôle d'acier.

22.- Procédé selon la revendication 21, dans lequel la seconde tôle d'acier est une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ou produite par un procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 20.