

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 47018 B1**
- (43) Date de publication : **30.06.2022**
- (51) Cl. internationale :
**B32B 15/01; C23C 2/40;
C21D 1/25; C21D 1/28;
C21D 1/30; C21D 6/00;
C21D 8/02; C21D 9/46;
C22C 38/00; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06;
C22C 38/12; C22C 38/14;
C22C 38/22; C22C 38/32;
C22C 38/34; C22C 38/38;
C23C 2/06; C23C 2/12;
C21D 1/18**

-
- (21) N° Dépôt : **47018**
- (22) Date de Dépôt : **15.09.2017**
- (30) Données de Priorité :
22.09.2016 WO PCT/IB2016/001349
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/EP2017/073337 15.09.2017
- (71) Demandeur(s) :
ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)
- (72) Inventeur(s) :
PERLADE, Astrid ; ZHU, Kangying ; MAGAR, Coralie
- (74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP17780026.5**
-
- (54) Titre : **PLAQUE D'ACIER LAMINÉE À FROID ET TRAITÉE THERMIQUE AVEC HAUTE RÉSISTANCE ET HAUTE FORMABILITÉ, PPROCÉDÉ DE FABRICATION ET JOINT SOUDE PAR POINT PAR RESISTANCE**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne une tôle d'acier traitée thermiquement et laminée à froid, présentant une composition comprenant, en pourcentage en poids : 0,10 % = C = 0,40 %, 3,5 % = Mn = 8,0 %, 0,5 % = Si = 2,5 %, 0,003 % = Al = 3,0 %, avec Si + Al = 0,8 %, 0,001 % = Mo = 0,5 %, S = 0,010 %, P = 0,020 %, N = 0,008 %, et éventuellement un ou plusieurs éléments choisis parmi Cr, Ti, Nb, V et B, de sorte que : 0,01 % = Cr = 2,0 %, 0,010 % = Ti = 0,080 %, 0,010 % = Nb = 0,080 %, 0,010 % = V = 0,30 %, 0,0005 % = B = 0,003 %, le reste

de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion. La microstructure est constituée, en fraction de surface, d'une proportion entre 10 % et 50 % d'austénite résiduelle, d'au plus 8 % de martensite fraîche, et de martensite revenue. L'austénite résiduelle comprend : de l'austénite enrichie en Mn, présentant une teneur en Mn supérieure à $1,3 \cdot \text{Mn}\%$, Mn% désignant la teneur en Mn de la tôle d'acier, la fraction de surface de ladite austénite enrichie en Mn par rapport à l'ensemble de la microstructure étant comprise entre 2 % et 12 %, et de l'austénite appauvrie en Mn, présentant une teneur en Mn comprise entre $0,5 \cdot \text{Mn}\%$ et $1,3 \cdot \text{Mn}\%$.

allongement uniforme (YS x UE) du produit d'au moins 13 000 MPa% et un rapport d'expansion de trou HER, mesuré selon la norme ISO 16630:2009, d'au moins 20 %.

5 2.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon la revendication 1, dans laquelle l'austénite enrichie en Mn est sous la forme d'îlots, la taille moyenne des îlots d'austénite enrichie en Mn étant inférieure à 500 nm.

10 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 revenue comprend des carbures, la densité surfacique des carbures, dont la plus grande dimension est supérieure à 60 nm, étant inférieure ou égale à $4,10^6/\text{mm}^2$.

15 4.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement étant revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

20 5.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement étant revêtue d'Al ou d'un alliage d'Al.

25 6.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la composition satisfait à au moins une des conditions suivantes :

$C \geq 0,15 \%$,

$C \leq 0,30 \%$.

30 7.- Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle $Mn > 3,7 \%$.

35 8.- Joint soudé par points par résistance d'au moins deux tôles d'acier, dans lequel les deux tôles d'acier sont des tôles d'acier laminées à froid et traitées thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, et le joint soudé par points par résistance a une valeur alpha, avant tout traitement thermique post-soudage, d'au moins $30 \cdot 10\text{N}/\text{mm}^2$, la valeur alpha étant la charge maximale dans l'essai transversal divisée par le diamètre de la soudure et l'épaisseur.

9. Joint soudé par points par résistance selon la revendication 8, ayant une valeur alpha, après un traitement thermique post-soudage, d'au moins $50 \cdot 10 \text{N}/\text{mm}^2$.

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

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

- 5 $0,10 \% \leq C \leq 0,40 \%$
 $3,5 \% \leq Mn \leq 8,0 \%$
 $0,5 \% \leq Si \leq 2,5 \%$
 $0,003 \% \leq Al \leq 3,0 \%$
avec $Si+Al \geq 0,8 \%$
- 10 $0,001 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$

$$\text{de sorte qu } C_{eq} = C\% + \frac{Mn\%}{6} + \frac{Si\%}{6} + \frac{(Cr\% + Mo\% + V\%)}{5} \leq 1.30\%$$

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

- 15 $0,01 \% \leq Cr \leq 2,0 \%$
 $0,010 \% \leq Ti \leq 0,080 \%$
 $0,010 \% \leq Nb \leq 0,080 \%$
 $0,010 \% \leq V \leq 0,30 \%$
 $0,0005 \% \leq B \leq 0,003 \%$,

20 le reste de la composition étant du fer et des impuretés inévitables résultant de la fusion, notamment moins de 0,010 % de S, moins de 0,020 % de P, moins de 0,008 % de N, moins de 0,05 % de Ni et moins de 0,03 % de Cu,

- le réchauffement de la brame à une température T_{reheat} comprise entre 1 150 °C et 1 300 °C,

25 - le laminage à chaud de la brame réchauffée à une température supérieure à Ar_3 pour obtenir un acier laminé à chaud, Ar_3 étant déterminé par le biais d'un essai de dilatométrie,

- l'enroulement de l'acier laminé à chaud à une température comprise entre 20 °C et 600 °C,

30 - le recuit de l'acier laminé à chaud à une température T_{HBA} supérieure ou égale à 500 °C et inférieure à $Ac_1 - 20$ °C, pendant une durée t_{HBA} supérieure ou égale à une durée minimale de recuit par lots t_{HBAmin} , définie comme suit :

$$t_{HBAmin} = \exp \left[\frac{8.32}{T_{HBA}} \times 1000 - 12 \right] \times \left(\frac{1000 * C\%}{Mn\%^2} \right)$$

où t_{HBAmin} est exprimé en heures, T_{HBA} est la température de recuit par lots, exprimée en kelvin, Mn% désigne la teneur en Mn de l'acier, en pourcentage en poids, et C% désigne la teneur en C de l'acier, en pourcentage en poids, Ac_1 étant déterminé par un essai de

35

dilatométrie.

- le laminage à froid de l'acier afin d'obtenir une tôle d'acier laminée à froid,

- le réchauffement de la tôle d'acier laminée à froid à une température de recuit T_A comprise entre Ae_3 et Ae_3+150 °C de manière à obtenir, lors du recuit, une structure constituée d'austénite, et le maintien de la tôle d'acier laminée à froid à la température de recuit T_A pendant une durée de maintien t_A comprise entre t_{Amin} et t_{Amax} , Ae_3 étant déterminée par un essai de dilatométrie,

t_{Amin} et t_{Amax} étant définies comme suit :

$$t_{Amin} = \exp\left[\frac{68.4}{T_A} \times 1000 - 69.07\right] \times 3600 \times \left(\frac{Mn\%}{20 \times C\%} + Cr\%\right)$$

$$t_{Amax} = \exp\left[\frac{27.03}{T_A} \times 1000 - 27.63\right] \times 3600 \times \left(\frac{Mn\%}{20 \times C\%} + Cr\%\right)$$

où t_{Amin} et t_{Amax} sont exprimées en secondes et T_A est la température de recuit exprimée en kelvin, Mn% désigne la teneur en Mn de l'acier, exprimée en pourcentage en poids, C% désigne la teneur en C de l'acier, exprimée en pourcentage en poids et Cr% désigne la teneur en Cr de l'acier, exprimée en pourcentage en poids.

- la trempe de la tôle d'acier laminée à froid à une vitesse de refroidissement suffisamment élevée pour éviter la formation de ferrite et de perlite lors du refroidissement, à une température de trempe QT comprise entre $Mf+20$ °C et $Ms-50$ °C, Mf et Ms étant déterminées par des essais de dilatométrie,

- 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 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,

la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement ayant une microstructure constituée, en fraction de surface, de 10 % à 50 % d'austénite résiduelle, de 8 % maximum de martensite fraîche, et de martensite revenue, ladite austénite résiduelle comprenant :

- de l'austénite enrichie en Mn, dont la teneur en Mn est supérieure à $1,3 \cdot Mn\%$, Mn% désignant la teneur en Mn de la tôle d'acier, et

- de l'austénite appauvrie en Mn, dont la teneur en Mn est comprise entre $0,5 \cdot Mn\%$ et $1,3 \cdot Mn\%$,

la fraction de surface de ladite austénite enrichie en Mn par rapport à l'ensemble de la microstructure étant comprise entre 2 % et 12 %, et l'austénite appauvrie en Mn et l'austénite enrichie en Mn ont une teneur moyenne en C comprise entre 0,4 % et 1,0 %.

11.- Procédé selon la revendication 10, dans lequel, après la trempe de la tôle d'acier laminée à froid à la température de trempe QT et avant le chauffage de la tôle à la température de séparation T_P , la tôle est maintenue à la température de trempe QT pendant une durée de maintien comprise entre 2 s et 200 s, de préférence entre 3 s et 7 s.

5

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel, entre le maintien de la tôle d'acier laminée à froid à la température de séparation T_P et le refroidissement de la tôle d'acier laminée à froid à la température ambiante, la tôle d'acier est revêtue par immersion à chaud dans un bain à une température inférieure ou égale à 480 °C.

10

13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 et 11, dans lequel, après le maintien de la tôle laminée à froid à la température de séparation T_P , la tôle laminée à froid est immédiatement refroidie à la température ambiante.

15

14.- Procédé selon la revendication 13, 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.

20

15.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 et 14, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

16.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 et 14, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement est revêtue d'Al ou d'un alliage d'Al.

25

17.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 16, dans lequel la composition satisfait à au moins une des conditions suivantes :

$$C \geq 0,15 \%$$

$$C \leq 0,30 \%$$

30

18.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 17, dans lequel $Mn > 3,7 \%$.

19.- Processus de production d'un joint soudé par points par résistance selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, comprenant les étapes suivantes :

35

- la fourniture d'une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,

- la fourniture d'une seconde tôle d'acier, la seconde tôle d'acier étant une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,

- le soudage par points par résistance de la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement sur la seconde tôle d'acier.