

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 44107 B1** (51) Cl. internationale : **C22C 38/00; C21D 9/46**
- (43) Date de publication : **30.04.2020**

(21) N° Dépôt : **44107**

(22) Date de Dépôt : **21.12.2016**

(30) Données de Priorité : **21.12.2015 WO PCT/IB2015/059841**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2016/082088 21.12.2016**

(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation:EP16819080.9

(71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**

(72) Inventeur(s) : **GOSPODIKOVA, Maya ; VENKATASURYA, Pavan**

(74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TÔLE D'ACIER À HAUTE RÉSISTANCE PRÉSENTANT UNE DUCTILITÉ ET UNE FORMABILITÉ AMÉLIORÉES ET TÔLE D'ACIER OBTENUE PAR CE PROCÉDÉ**

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'une tôle d'acier, ce procédé consistant successivement à : prendre une feuille d'acier laminée à froid, la composition chimique de l'acier contenant en % en poids : 0,15 % = C = 0,23 %, 2,0 % = Mn = 2,8 %, 1,0 % = Si = 2,1 %, 0,02 % = Al = 1,0 %, étant entendu que 1,7 % = Si + Al = 2,1 %, 0 = Nb = 0,035 %, 0 = Mo = 0,3 %, 0 = Cr = 0,4 %, le reste étant constitué de Fe et d'impuretés inévitables, recuire la tôle d'acier à une température de recuit TA de manière à obtenir une structure comprenant au moins 65 % d'austénite et jusqu'à 35 % de ferrite intercritique, tremper la feuille à une vitesse de refroidissement d'au moins 20 °C/s d'une température d'au moins 600 °C à une température de trempe QT comprise entre Ms-170 °C et Ms-80 °C, chauffer la feuille à une température de partition PT située entre 350 °C et 450 °C et maintenir la feuille à cette température pendant un temps de partition Pt compris entre 80 s et 440 s, refroidir immédiatement la feuille à la température ambiante, la tôle d'acier ayant une microstructure finale comprenant, en fraction surfacique : entre 40 % et

70 % de martensite revenue, entre 7 % et 15 % d'austénite résiduelle, entre 15 % et 35 % de ferrite, 5 % au plus de martensite fraîche, 15 % au plus de bainite.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour produire une tôle d'acier ayant une résistance à la traction d'au moins 1180 MPa et un allongement total d'au moins 12 %, mesuré conformément à la norme ISO 6892-1 et un taux d'expansion de trous HER d'au moins 25 %, mesuré conformément à la norme ISO 16630:2009, lequel procédé comprend les étapes successives suivantes :

- obtention d'une tôle d'acier laminée à froid, la composition chimique de la tôle contenant, en % en poids :

10 $0,15 \% \leq C \leq 0,23 \%$,
 $2,0 \% \leq Mn \leq 2,8 \%$,
 $1,0 \% \leq Si \leq 2,1 \%$,
 $0,02 \% \leq Al \leq 1,0 \%$,
avec $1,7 \% \leq Si+Al \leq 2,1 \%$,
15 $0 \leq Nb \leq 0,035 \%$,
 $0 \leq Mo \leq 0,3 \%$,
 $0 \leq Cr \leq 0,4 \%$,

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

- recuit de la tôle d'acier à une température de recuit T_A de façon que soit obtenue une structure comprenant au moins 65 % d'austénite et jusqu'à 35 % de ferrite intercritique,

- trempe de la tôle à une vitesse de refroidissement d'au moins 20°C/s, à partir d'une température d'au moins 600°C jusqu'à une température de trempe QT comprise entre $M_s - 170^\circ\text{C}$ et $M_s - 80^\circ\text{C}$,

25 - chauffage de la tôle à partir de la température de trempe QT jusqu'à une température de séparation PT comprise entre 350°C et 450°C et maintien de la tôle à cette température pendant un temps de séparation P_t compris entre 80 s et 440 s,

- retour immédiat de la tôle à la température ambiante,

la tôle d'acier ayant une microstructure finale consistant, en fraction surfacique, en

:

30 - entre 40 % et 70 % de martensite revenue, la martensite revenue ayant une teneur en C inférieure à 0,03 %,

- entre 7 % et 15 % d'austénite résiduelle,

- entre 15 % et 35 % de ferrite,

- au plus 5 % de martensite fraîche,

35 - au plus 15 % de bainite.

2. Procédé selon la revendication 1, lequel procédé comprend, entre l'étape de recuit et l'étape de trempe, une étape de refroidissement lent de la tôle à une vitesse de refroidissement inférieure à 5°C/s pendant au moins 70 s, jusqu'à une température supérieure ou égale à 600°C.

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel la ferrite comprend, en fraction surfacique par rapport à la structure totale, entre 0 % et 15 % de ferrite intercritique et entre 0 % et 35 % de ferrite de transformation, ladite ferrite de transformation étant formée durant l'étape de refroidissement lent.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la tôle trempée a, avant le chauffage à la température de séparation PT, une structure consistant, en fraction surfacique, en :

- entre 15 % et 35 % de ferrite,
- entre 10 % et 30 % d'austénite,
- entre 40 % et 70 % de martensite,
- au plus 15 % de bainite inférieure.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel l'étape d'obtention de ladite tôle d'acier laminée à froid comprend :

- le laminage à chaud d'une tôle faite dudit acier pour que soit obtenue une tôle d'acier laminée à chaud,
- le bobinage de ladite tôle d'acier laminée à chaud à une température Tc comprise entre 400°C et 750°C,
- la réalisation d'un recuit en paquet à une température THBA comprise entre 500°C et 700°C pendant un temps compris entre 2 et 6 jours,
- le laminage à froid de ladite tôle d'acier laminée à chaud pour que soit obtenue ladite tôle d'acier laminée à froid.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, après que la tôle a été trempée à la température de trempe QT et avant que la tôle soit chauffée à la température de séparation PT, la tôle est maintenue à la température de trempe QT pendant un temps de maintien compris entre 2 s et 8 s, de préférence entre 3 s et 7 s.

3

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions suivantes :

$$C \geq 0,16 \%,$$

$$C \leq 0,21 \%,$$

5 $Mn \geq 2,2 \%,$

$$Mn \leq 2,7 \%,$$

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

$$Mo \leq 0,05 \%, \text{ ou}$$

$$Mo \geq 0,1 \%,$$

10 $Cr \leq 0,05 \%, \text{ ou}$

$$Cr \geq 0,1 \%.$$

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la composition chimique de l'acier est telle que $C+Si/10 \leq 0,30 \%$ et $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5 \%$.

15

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la composition chimique de l'acier est telle que $1,0 \% \leq Si < 1,3 \%$ et $0,5 \% < Al \leq 1,0 \%$.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel $1,0 \% \leq Si \leq 1,2 \%$ et $0,6 \% \leq$

20 $Al \leq 1,0 \%$.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel, après l'étape de retour de la tôle d'acier à la température ambiante, la tôle d'acier est revêtue par un procédé électrochimique ou par un procédé de revêtement sous vide.

25

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel la tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel la composition chimique de l'acier est telle que $1,3 \% \leq Si \leq 2,1 \%$ et $0,02 \% \leq Al \leq 0,5 \%$.

30

14. Procédé pour produire une pièce faite d'au moins deux morceaux faits de tôles d'acier assemblées par soudage par points par résistance, ledit procédé comprenant

35 :

4

- l'obtention d'un premier morceau fait d'une première tôle d'acier produite par un procédé selon la revendication 12,

- l'obtention d'un deuxième morceau fait d'une tôle d'acier produite par un procédé selon la revendication 12,

5 - le soudage par points par résistance dudit premier morceau fait de ladite première tôle d'acier avec ledit deuxième morceau fait d'une tôle d'acier.

15. Tôle d'acier, dans laquelle la composition chimique de l'acier contient, en % en poids :

10 $0,15 \% \leq C \leq 0,23 \%$,
 $2,0 \% \leq Mn \leq 2,8 \%$,
 $1,0 \% \leq Si \leq 2,1 \%$,
 $0,02 \% \leq Al \leq 1,0 \%$,
avec $1,7 \% \leq Si+Al \leq 2,1 \%$,

15 $0 \leq Nb \leq 0,035 \%$,
 $0 \leq Mo \leq 0,3 \%$,
 $0 \leq Cr \leq 0,4 \%$,

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

ladite tôle d'acier ayant une microstructure finale consistant, en fraction surfacique,

20 en :

- entre 40 % et 70 % de martensite revenue, la martensite revenue ayant une teneur en C inférieure à 0,03 %,

- entre 7 % et 15 % d'austénite résiduelle,

- entre 15 % et 35 % de ferrite,

25 - au plus 5 % de martensite fraîche,

- au plus 15 % de bainite.

16. Tôle d'acier selon la revendication 15, dans laquelle la ferrite comprend, par rapport à la structure totale, entre 0 % et 15 % de ferrite intercritique et entre 0 % et 35 %
30 de ferrite de transformation.

17. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 et 16, dans laquelle la teneur en C de l'austénite résiduelle est comprise entre 0,9 % et 1,2 %.

35 18. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, laquelle tôle

5

d'acier a une limite d'élasticité d'au moins 900 MPa, une résistance à la traction d'au moins 1180 MPa et un allongement total d'au moins 12 %, mesuré conformément à la norme ISO 6892-1, et un taux d'expansion de trous HER d'au moins 25 %, mesuré conformément à la norme ISO 16630:2009.

5

19. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, dans laquelle la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions suivantes :

10

$$C \geq 0,16 \%,$$

$$C \leq 0,21 \%,$$

$$Mn \geq 2,2 \%,$$

$$Mn \leq 2,7 \%,$$

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

$$Mo \leq 0,05 \%, \text{ ou}$$

15

$$Mo \geq 0,1 \%,$$

$$Cr \leq 0,05 \%, \text{ ou}$$

$$Cr \geq 0,1 \%.$$

20

20. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 à 19, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $C+Si/10 \leq 0,30 \%$ et $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5 \%$.

25

21. Tôle d'acier selon la revendication 20, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $1,0 \% \leq Si < 1,3 \%$ et $0,5 \% < Al \leq 1,0 \%$.

22. Tôle d'acier selon la revendication 21, dans laquelle $1,0 \% \leq Si \leq 1,2 \%$ et $0,6 \% \leq Al \leq 1,0 \%$.

30

23. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 à 20, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $1,3 \% \leq Si \leq 2,1 \%$ et $0,02 \% \leq Al \leq 0,5 \%$.

35

24. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 20 à 22, laquelle tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn, l'alliage résultant de l'utilisation d'un procédé électrochimique ou d'un procédé de revêtement sous vide.

25. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 à 24, dans laquelle l'épaisseur de ladite tôle d'acier est comprise entre 0,7 et 3 mm, de préférence entre 0,8 et 2 mm.

5

26. Structure soudée comprenant au moins dix soudures par points de résistance d'au moins deux pièces faites de tôles métalliques, dans laquelle une première tôle métallique est selon la revendication 24, et une deuxième tôle métallique est selon la revendication 24, et dans laquelle le nombre moyen de fissures par soudure par points de résistance est inférieur à 6.

10

27. Utilisation d'une tôle d'acier fabriquée selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, ou d'une tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 15 à 25, pour la fabrication de pièces structurales dans des véhicules à moteur.

15

28. Utilisation d'une soudure par points de résistance selon la revendication 14, ou d'une structure soudée selon la revendication 26, pour la fabrication de pièces structurales dans des véhicules à moteur.