

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 44120 B1** (51) Cl. internationale : **C22C 38/00; C21D 9/46**
- (43) Date de publication : **31.08.2020**

-
- (21) N° Dépôt : **44120**
- (22) Date de Dépôt : **20.12.2016**
- (30) Données de Priorité : **21.12.2015 WO PCT/IB2015/059839**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2016/082037 20.12.2016**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation:EP16822986.2
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **HEBERT, Véronique ; GOSPODIKOVA, Maya ; VENKATASURYA, Pavan**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ POUR LA PRODUCTION D'UNE TÔLE D'ACIER À HAUTE RÉSISTANCE AYANT UNE DUCTILITÉ ET UNE APTITUDE AU FORMAGE AMÉLIORÉES ET TÔLE D'ACIER AINSI OBTENUE**
- (57) Abrégé : L'invention concerne un procédé pour la production d'une tôle d'acier, le procédé comprenant les étapes successives suivantes : l'utilisation d'une tôle d'acier laminée à froid, la composition chimique de l'acier contenant, en % en poids : 0,15 % = C = 0,23 %, 1,4 % = Mn = 2,6 %, 0,6 % = Si = 1,5 %, 0,02 % = Al = 1,0 %, avec 1,0 % = Si + Al = 2,0 %, 0 = Nb = 0,035 %, 0 = Mo = 0,3 % et 0 = Cr = 0,3 %, le reste étant du Fe et des impuretés inévitables; le recuit de la tôle d'acier à une température de recuit TA comprise entre Ac1 et Ac3 de manière à obtenir une structure comprenant au moins 40 % d'austénite et au moins 40 % de ferrite intercritique; la trempe de la tôle à partir d'une température d'au moins 600 °C à une vitesse de refroidissement d'au moins 20 °C/s jusqu'à une température de trempe QT comprise entre 180 °C et 260 °C; le chauffage de la tôle jusqu'à une température de ségrégation PT comprise entre 375 °C et 470 °C; et le maintien de la tôle à cette température de ségrégation PT pendant une durée de ségrégation Pt comprise entre 25 s et 440 s, la durée de ségrégation Pt étant comprise entre 100 s et 440 s si la température de ségrégation PT est comprise entre 375 °C et 400 °C et comprise

entre 25 s et 150 s si la température de ségrégation PT est comprise entre 450 °C et 470 °C; et le refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante, la tôle d'acier ayant une microstructure finale constituée, en termes de fraction surfacique de : au moins 11 % de martensite revenue, entre 10 % et 20 % d'austénite résiduelle, entre 40 % et 60 % de ferrite, au maximum 6 % de martensite fraîche; et au maximum 18 % de bainite.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour produire une tôle d'acier ayant une résistance à la traction d'au moins 980 MPa, un allongement total conformément à la norme ISO 6892-1 d'au moins 16 % et un taux d'expansion de trous conformément à la norme ISO 16630:2009 HER d'au moins 20 %, lequel procédé comprend les étapes successives suivantes :

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

10 $0,15\% \leq C \leq 0,23\%$,
 $1,4\% \leq Mn \leq 2,6\%$,
 $0,6\% \leq Si \leq 1,5\%$,
 $0,02\% \leq Al \leq 1,0\%$,
avec $1,0\% \leq Si + Al \leq 2,0\%$,
15 $0 \leq Nb \leq 0,035\%$,
 $0 \leq Mo \leq 0,3\%$,
 $0 \leq Cr \leq 0,3\%$,
 $Ni < 0,05\%$,
 $Cu < 0,03\%$,
 $V < 0,007\%$,
20 $B < 0,0010\%$,
 $S < 0,005\%$,
 $P < 0,02\%$,
 $N < 0,010\%$,

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

25 - recuit de la tôle d'acier à une température de recuit TA comprise entre Ac1 et Ac3 de façon à obtenir une structure comprenant au moins 40% d'austénite et au moins 40% de ferrite intercritique,

30 - trempe de la tôle depuis une température d'au moins 600°C à une vitesse de refroidissement d'au moins 20°C/s jusqu'à une température de trempe QT comprise entre 180°C et 260°C,

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de séparation PT comprise entre 375°C et 470°C et maintien de la tôle à cette température de séparation PT pendant un temps de séparation Pt compris entre 25 secondes et 440 secondes, le temps de séparation Pt étant compris entre 100 secondes et 440 secondes si la température de séparation PT est comprise entre 375°C et 400°C, et compris entre 25 secondes et 150

2

secondes si la température de séparation PT est comprise entre 450°C et 470°C,

- refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante,

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

- au moins 11 % de martensite revenue, la martensite revenue ayant une teneur en C d'au plus 0,45%,
- entre 10% et 20% d'austénite résiduelle,
- entre 40% et 60% de ferrite,
- au plus 6% de martensite fraîche,
- au plus 18% de bainite.

10

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la martensite revenue a une teneur en C d'au plus 0,03%,

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel la tôle trempée a, juste avant le chauffage jusqu'à la température de séparation PT, une structure consistant en :

- entre 40 % et 60 % de ferrite,
- au moins 15 % d'austénite résiduelle,
- au moins 11 % de martensite, et
- au plus 18 % de bainite inférieure.

20

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, lequel procédé comprend, entre l'étape de recuit et l'étape de trempe, une étape de refroidissement lent de la tôle jusqu'à une température supérieure ou égale à 600°C à une vitesse de refroidissement inférieure à 10°C/s.

25

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel la ferrite comprend, en fraction surfacique par rapport à la structure totale, entre 40 % et 60 % de ferrite intercritique, et entre 0 % et 15 % de ferrite de transformation, ladite ferrite de transformation étant formée durant l'étape de refroidissement lent.

30

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

- le laminage à chaud d'une tôle faite dudit acier pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud,

35

3

- le bobinage de ladite tôle d'acier laminée à chaud à une température T_c comprise entre 400°C et 750°C,

- la mise en œuvre d'un recuit en discontinu à une température THBA comprise entre 500°C et 700°C pendant un temps compris entre 2 et 6 jours,

5 - le laminage à froid de ladite tôle d'acier laminée à chaud pour obtenir ladite tôle d'acier laminée à froid.

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

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

$$C \geq 0,17\%,$$

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

$$Mn \geq 1,9\%,$$

$$Mn \leq 2,5\%,$$

20 $0,010\% \leq Nb,$

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

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

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

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

25

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, entre le maintien de la tôle à la température de séparation PT et le refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante, la tôle d'acier est revêtue par trempage à chaud à une température n'excédant pas 480°C, et dans lequel la température de séparation PT
30 est comprise entre 400°C et 470°C et le temps de séparation Pt est compris entre 25 secondes et 150 secondes.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, après le maintien de la tôle à la température de séparation PT, la tôle est immédiatement
35 refroidie jusqu'à la température ambiante, et dans lequel la température de séparation PT

4

est comprise entre 375°C et 450°C et le temps de séparation Pt est compris entre 100 secondes et 440 secondes.

5 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel, après l'étape de refroidissement de la tôle d'acier jusqu'à la température ambiante, la tôle d'acier est revêtue par un procédé électrochimique ou par un procédé de revêtement sous vide.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 et 11, dans lequel la tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

10

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, 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

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel la composition chimique de l'acier est telle que $0,6\% \leq Si \leq 1,3\%$ et $0,5\% < Al \leq 1,0\%$.

15. Procédé selon la revendication 14, dans lequel $0,7\% \leq Si < 1,0\%$ et $0,7\% \leq Al \leq 1,0\%$.

20

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel la composition chimique de l'acier est telle que $1,0\% \leq Si \leq 1,5\%$ et $0,02\% \leq Al \leq 0,5\%$.

25

17. Procédé pour produire une soudure par points par résistance d'au moins deux tôles d'acier, ledit procédé comprenant :

- la production d'une première tôle d'acier par un procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn,

30

- la fourniture d'une deuxième tôle d'acier produite par un procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn,

- le soudage par points par résistance de ladite première tôle d'acier à ladite deuxième tôle d'acier.

35

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

- 5
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 5
- $0,15\% \leq C \leq 0,23\%$,
 $1,4\% \leq Mn \leq 2,6\%$,
 $0,6\% \leq Si \leq 1,5\%$,
 $0,02\% \leq Al \leq 1,0\%$,
avec $1,0\% \leq Si + Al \leq 2,0\%$,
 $0 \leq Nb \leq 0,035\%$,
 $0 \leq Mo \leq 0,3\%$,
 $0 \leq Cr \leq 0,3\%$,
 $Ni < 0,05\%$,
 $Cu < 0,03\%$,
 $V < 0,007\%$,
 $B < 0,0010\%$,
 $S < 0,005\%$,
 $P < 0,02\%$,
 $N < 0,010\%$,
- le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,
ladite tôle d'acier ayant une microstructure consistant, en fraction surfacique, en :
- au moins 11% de martensite revenue, la martensite revenue ayant une teneur en C d'au plus 0,45%,
 - entre 10% et 20% d'austénite résiduelle,
 - entre 40% et 60% de ferrite,
 - au plus 6% de martensite fraîche,
 - au plus 18% de bainite.
19. Tôle d'acier selon la revendication 18, dans laquelle la martensite revenue a une teneur en C d'au plus 0,03%.
20. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 et 19, dans laquelle la ferrite comprend, en fraction surfacique par rapport à la structure totale, entre 40% et 60% de ferrite intercritique et entre 0% et 15% de ferrite de transformation.
21. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 20, dans laquelle la teneur en C de l'austénite résiduelle est comprise entre 0,9 % et 1,2 %.
22. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 21, dans

6

laquelle la tôle d'acier a une limite d'élasticité d'au moins 550 MPa, une résistance à la traction d'au moins 980 MPa, un allongement total conformément à la norme ISO 6892-1 d'au moins 16%, et un taux d'expansion de trous conformément à la norme ISO 16630:2009 HER d'au moins 20%.

5

23. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 22, dans laquelle la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions suivantes :

10

$$C \geq 0,17\%,$$

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

$$Mn \geq 1,9\%,$$

$$Mn \leq 2,5\%,$$

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

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

15

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

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

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

20

24. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 23, 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

25. Tôle d'acier selon la revendication 24, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $0,6\% \leq Si \leq 1,3\%$ et $0,5\% < Al \leq 1,0\%$.

26. Tôle d'acier selon la revendication 25, dans laquelle $0,7\% \leq Si < 1,0\%$ et $0,7\% \leq Al \leq 1,0\%$.

30

27. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 23, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $1,0\% \leq Si \leq 1,5\%$ et $0,02\% \leq Al \leq 0,5\%$.

35

28. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 24 à 26, dans laquelle la tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn, le revêtement résultant d'un revêtement à une température inférieure à 480°C.

29. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 28, 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

30. Structure soudée comprenant au moins dix soudures par points par résistance d'au moins deux tôles d'acier, dans laquelle une première tôle d'acier est selon la revendication 28, et une deuxième tôle d'acier est selon la revendication 28, et dans laquelle le nombre moyen de fissures par soudure par points par résistance est inférieur à

10 6.

31. Utilisation d'une tôle d'acier produite selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, ou d'une tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 18 à 29, pour la fabrication de pièces structurelles dans des véhicules à moteur.

15

32. Utilisation d'une soudure par points par résistance produite selon la revendication 17, ou d'une structure soudée selon la revendication 30, pour la fabrication de pièces structurelles dans des véhicules à moteur.