

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49586 B1**
- (43) Date de publication : **29.10.2021**
- (51) Cl. internationale :
**C21D 1/25; C21D 6/00;
C21D 8/02; C21D 9/46;
C22C 38/02; C23C 2/40;
C22C 38/06; C22C 38/12;
C23C 2/02; C23C 2/28;
C22C 38/04**

-
- (21) N° Dépôt :
49586
- (22) Date de Dépôt :
21.12.2016
- (30) Données de Priorité :
21.12.2015 WO PCT/IB2015/059840
- (71) Demandeur(s) :
ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)
- (72) Inventeur(s) :
HEBERT, Véronique ; GOSPODINOVA, Maya
- (74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP19216600.7**

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'UNE FEUILLE D'ACIER REVÊTUE À HAUTE RÉSISTANCE PRÉSENTANT UNE DUCTILITÉ ET UNE APTITUDE AU FORMAGE AMÉLIORÉES ET FEUILLE D'ACIER REVÊTUE AINSI OBTENUE**
- (57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une tôle d'acier revêtue ayant une résistance à la traction TS d'au moins 1100 MPa, un allongement total TE selon la norme ISO 6892-1 d'au moins 12 %, le produit TSxTE de la résistance à la traction par l'allongement total étant d'au moins 14200 MPa%, et un taux d'expansion des trous HER selon la norme ISO 16630:2009 d'au moins 25%, comprenant les étapes successives suivantes :- fourniture d'une tôle d'acier laminée à froid, la composition chimique de l'acier contenant en poids %:0,15 % = C 0,23 %, 2,0 % Mn 2,7 %, avec C+Mn/10 0,420 %, 0 Cr 0,40 %, avec Mn + Cr 2,25 %, 0,2 % = Si 1,6 %, 0,02 % = Al = 1,2 %, avec 1,0 % = Si+Al = 2,2 %, 0 Nb 0,035 %, 0 = Mo 0,1 %, le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,- recuit de la tôle d'acier à une température de recuit TA donc de manière à obtenir une structure comprenant au moins 65% d'austénite et au plus 35% de ferrite intercritique,- trempe de la tôle à partir d'une température d'au moins 600°C à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C/s et 50°C/s jusqu'à une température de trempe QT comprise entre 200°C et 270°C,- chauffer la tôle jusqu'à une température de partage PT comprise entre 400°C et 480°C et maintenir

la tôle à cette température de partage PT pendant un temps de séparation Pt compris entre 50s et 250s,- enduction à chaud de la tôle à une température inférieure à 515°C,- refroidissement de la tôle revêtue jusqu'à température ambiante, la tôle d'acier ayant une microstructure constituée, en fraction surfacique : entre 3 % et 15 % d'austénite retenue, au moins 30 % de martensite trempée, au plus 5 % de martensite fraîche, au plus 35 % de bainite, la somme des fractions surfaciques de martensite trempée, martensite fraîche et bainite étant comprise entre 55% et 92%, et entre 5% et 35% de ferrite.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour produire une tôle d'acier revêtue ayant une résistance à la traction TS d'au moins 1100 MPa, un allongement total TE, conformément à la norme ISO 6892-1, d'au moins 12 %, le produit TS x TE de la résistance à la traction par l'allongement total étant d'au moins 14200 MPa-%, et un taux d'expansion de trous HER, conformément à la norme ISO 16630:2009, d'au moins 25 %, lequel procédé comprend les étapes successives suivantes :

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

$$0,15 \% \leq C \leq 0,23 \%,$$

$$2,0 \% \leq Mn \leq 2,7 \%,$$

$$\text{avec } C + Mn / 10 \geq 0,420 \%,$$

$$0 \leq Cr \leq 0,40 \%,$$

$$\text{avec } Mn + Cr \geq 2,25 \%,$$

$$0,2 \% \leq Si \leq 1,6 \%,$$

$$0,02 \% \leq Al \leq 1,2 \%,$$

$$\text{avec } 1,0 \% \leq Si + Al \leq 2,2 \%,$$

$$0 \leq Nb \leq 0,035 \%,$$

$$0 \leq Mo \leq 0,1 \%,$$

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 au plus 35 % de ferrite intercritique,

- trempe de la tôle à partir d'une température d'au moins 600°C à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C/s et 100°C/s jusqu'à une température de trempe QT comprise entre 200°C et 270°C,

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de séparation PT comprise entre 400°C et 480°C et maintien de la tôle à cette température de séparation PT pendant un temps de séparation Pt compris entre 50 s et 250 s,

- revêtement par immersion à chaud de la tôle à une température inférieure à 515°C, - refroidissement de la tôle revêtue à la température ambiante à une vitesse de refroidissement supérieure à 10°C/s,

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

- entre 3 % et 15 % d'austénite résiduelle,

- au moins 30 % de martensite revenue, ayant une teneur en C d'au plus 0.45%,

2

- au plus 5 % de martensite fraîche, ayant une teneur en C d'au moins 0.9%,
 - au plus 35 % de bainite, la bainite étant constituée de bainite inférieure, la somme des fractions surfaciques de martensite revenue, de martensite fraîche et de bainite étant comprise entre 55 % et 92 %,
- 5 - entre 5 % et 35 % de ferrite.

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 10°C/s pendant un temps d'au moins 10 s jusqu'à une

10 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 totalité de la structure, entre 0 % et 5 % de ferrite intercritique et entre 0 % et 35 % de ferrite de transformation, ladite ferrite de transformation étant formée

15 durant l'étape de refroidissement lent.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la ferrite consiste en ferrite intercritique.

20 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la tôle trempée a, juste avant le chauffage à la température de séparation PT, une structure consistant en entre 5 % et 35 % de ferrite, au moins 3 % d'austénite, au moins 30 % de martensite, le complément consistant en bainite inférieure.

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

- le laminage à chaud d'une tôle faite dudit métal 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
- 30 entre 400°C et 650°C,
- la mise en œuvre d'un traitement thermique à une température THBA comprise entre 400°C et 700°C, la tôle étant maintenue à ladite température THBA pendant un temps compris entre 120 s et 15 heures,
 - le laminage à froid de ladite tôle d'acier laminée à chaud pour que soit obtenue
- 35 ladite tôle d'acier laminée à froid.

7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le traitement thermique est un recuit en discontinu effectué sur la tôle laminée à chaud et bobinée, à une température THBA comprise entre 550°C et 700°C, la tôle laminée à chaud et bobinée étant maintenue à ladite température THBA pendant un temps compris entre 5 et 15 heures.

8. Procédé selon la revendication 6, dans lequel le traitement thermique est un recuit en continu, ladite température THBA étant comprise entre 600°C et 700°C, la tôle étant maintenue à ladite température THBA pendant un temps compris entre 120 s et 360 s.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, 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.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions suivantes :

$C \geq 0,17 \%$,
 $C \leq 0,21 \%$,
 $Mn \leq 2,5 \%$,
 $0,010 \% \leq Nb$,
 $Cr \leq 0,05 \%$, ou
 $Cr \geq 0,10 \%$.

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

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel la composition chimique de l'acier est telle que $0,2 \% \leq Si < 1,0 \%$ et $0,4 \% \leq Al \leq 1,2 \%$.

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel $0,2 \% \leq Si \leq 0,8 \%$ et $0,7 \% \leq Al \leq 1,2 \%$.

4

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel l'étape de revêtement par immersion à chaud est une étape de galvanisation, ou une étape de recuit après galvanisation avec une température d'alliage GAT comprise entre 480°C et 515°C.

5

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel la tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

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

- la production d'une première tôle d'acier par un procédé selon les revendications 11 et 15,

- l'obtention d'une deuxième tôle d'acier ayant une composition telle que $C + Si / 10 \leq 0,30 \%$ et $Al \geq 6 (C + Mn / 10) - 2,5 \%$,

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

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

20

$$0,15 \% \leq C \leq 0,23 \%,$$

$$2,0 \% \leq Mn \leq 2,7 \%,$$

$$\text{avec } C + Mn / 10 \geq 0,420 \%,$$

$$0 \leq Cr \leq 0,40 \%,$$

$$\text{avec } Mn + Cr \geq 2,25 \%,$$

25

$$0,2 \% \leq Si \leq 1,6 \%,$$

$$0,02 M \leq Al \leq 1,2 \%,$$

$$\text{avec } 1,0 \% \leq Si + Al \leq 2,2 \%,$$

$$0 \leq Nb \leq 0,035 \%,$$

$$0 \leq Mo \leq 0,1 \%,$$

30

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

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

en :

- entre 3 % et 15 % d'austénite résiduelle,

- au moins 30 % de martensite revenue, ayant une teneur en C d'au plus 0.45%,

35

- au plus 5 % de martensite fraîche, ayant une teneur en C d'au moins 0.9%,

5

- au plus 35 % de bainite, la bainite étant constitué de bainite inférieure, la somme des fractions surfaciques de martensite revenue, de martensite fraîche et de bainite étant comprise entre 55 % et 92 %,

- entre 5 % et 35 % de ferrite.

5

18. Tôle d'acier revêtue selon la revendication 17, dans laquelle la ferrite comprend, en fraction surfacique par rapport à la totalité de la structure, entre 0 % et 5 % de ferrite intercritique et entre 0 % et 35 % de ferrite de transformation.

10

19. Tôle d'acier revêtue selon la revendication 17, dans laquelle la ferrite consiste en ferrite intercritique.

20. Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 17 à 19, dans laquelle la teneur en C de l'austénite résiduelle est comprise entre 0,9 % et 1,2 %.

15

21. Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 17 à 20, laquelle tôle d'acier a une limite d'élasticité d'au moins 500 MPa, une résistance à la traction d'au moins 1100 MPa, un allongement total, conformément à la norme ISO 6892-1, d'au moins 12 %, le produit TS x TE de la limite élastique par l'allongement total étant d'au moins 14200 MPa-%, et un taux d'expansion de trous HER, conformément à la norme ISO 16630:2009, d'au moins 25 %.

20

22. Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 17 à 21, dans laquelle la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions suivantes :

25

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

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

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

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

30

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

$$Cr \geq 0,10 \%$$

23. Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 17 à 22, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $C + Si / 10 \leq 0,30 \%$ et $Al \geq 6 (C + Mn / 10) - 2,5 \%$.

35

6

24. Tôle d'acier revêtue selon la revendication 23, dans laquelle la composition chimique de l'acier est telle que $0,2 \% \leq \text{Si} < 1,0 \%$ et $0,4 \% \leq \text{Al} \leq 1,2 \%$.

25. Tôle d'acier revêtue selon la revendication 24, dans laquelle
5 $0,2 \% \leq \text{Si} \leq 0,8 \%$ et $0,7 \% \leq \text{Al} \leq 1,2 \%$.

26. Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 23 à 25, laquelle tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

10 27. Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 17 à 26, dans laquelle l'épaisseur de ladite tôle d'acier revêtue est comprise entre 0,7 et 3 mm, de préférence entre 1 et 2 mm.

15 28. Structure soudée comprenant au moins dix soudures par points de résistance d'au moins deux tôles d'acier, dans laquelle une première tôle d'acier est conforme à la revendication 26, et une deuxième tôle d'acier a une composition telle que $C + \text{Si} / 10 \leq 0,30 \%$ et $\text{Al} \geq 6 (C + \text{Mn} / 10) - 2,5 \%$, et dans laquelle le nombre moyen de fissures par soudure par points de résistance est inférieur à 6.

20 29. Structure soudée selon la revendication 28, dans laquelle la deuxième tôle d'acier est conforme à la revendication 26.

25 30. Utilisation d'une tôle d'acier fabriquée conformément à l'une quelconque des revendications 1 à 15, ou d'une tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 17 à 27, pour la fabrication de pièces structurales dans des véhicules à moteur.

30 31. Utilisation d'une soudure par points de résistance produite par un procédé selon la revendication 16, ou d'une structure soudée selon l'une quelconque des revendications 28 et 29, pour la fabrication de pièces structurales dans des véhicules à moteur.