

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49585 B1**
- (43) Date de publication : **29.10.2021**
- (51) Cl. internationale :  
**B32B 15/01; C23C 2/40;  
C21D 1/22; C21D 6/00;  
C21D 8/02; C21D 9/46;  
C22C 18/00; C22C 38/02;  
C22C 38/04; C22C 38/06;  
C22C 38/26; C22C 38/38;  
C23C 2/02; C23C 2/06;  
C23C 2/28; C21D 1/18**

- 
- (21) N° Dépôt :  
**49585**
- (22) Date de Dépôt :  
**21.12.2016**
- (30) Données de Priorité :  
**21.12.2015 WO PCT/IB2015/059837**
- (71) Demandeur(s) :  
**ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) :  
**JUN, Hyun Jo ; VENKATASURYA, Pavan**
- (74) Mandataire :  
**ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP19216515.7**
- 
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'UNE TÔLE D'ACIER PRÉSENTANT UNE RÉSISTANCE, UNE DUCTILITÉ ET UNE APTITUDE AU FORMAGE AMÉLIORÉES**
- (57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une tôle d'acier possédant une microstructure constituée, en fraction de surface, de 20 à 50 % de ferrite intercritique, de 10 à 20 % d'austénite résiduelle, de 25 à 45 % de martensite revenue, de 10 à 20 % de martensite fraîche, et de bainite, la somme de la martensite revenue et de la bainite allant de 30 à 60 %. Ledit procédé comprend les étapes successives suivantes : - la fourniture d'une tôle d'acier laminée à froid, la composition chimique de l'acier contenant en % en poids : 0,18 % = C = 0,25 %, 0,9 % = Si = 1,8 %, 0,02 % = Al = 1,0 %, où 1,25 % = Si + Al = 2,35 %, 5 % = Mn = 2,5 %, 0,010 % = Nb = 0,035 %, 0,10 % = Cr = 0,40 %, le reste étant du Fe et les inévitables impuretés ; - le recuit de la tôle d'acier à une température de recuit TA et pendant une durée de recuit tA de manière à obtenir une structure comprenant de 50 à 80 % d'austénite et de 20 à 50 % de ferrite, - la trempe de la tôle à une vitesse de refroidissement allant de 20 à 50 °C/s jusqu'à une température de trempe QT allant de Ms-50 °C à Ms-5 °C, - le réchauffement de la tôle à une température de ségrégation PT allant de 375 à 450 °C et le

maintien de la tôle à la température de ségrégation PT pendant un temps de ségrégation Pt supérieur ou égal à 50 s., et - le refroidissement de la tôle à la température ambiante.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour produire une tôle d'acier ayant une microstructure consistant, en fraction surfacique, en 20 % à 50 % de ferrite intercritique, 10 % à 20 % d'austénite résiduelle, 25 % à 45 % de martensite revenue, 10 % à 20 % de martensite fraîche, et de la bainite, la somme de la martensite revenue et de la bainite étant comprise entre 30 % et 60 %, 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 :

$$\begin{aligned} 0,19 \% \leq C \leq 0,22 \%, \\ 0,9 \% \leq Si \leq 1,7 \%, \\ 0,02 \% \leq Al \leq 1,0 \%, \\ \text{avec } 1,0 \% \leq Si + Al \leq 2,35 \%, \\ 1,5 \% \leq Mn \leq 2,5 \%, \\ 0,010 \% \leq Nb \leq 0,035 \%, \\ 0,10 \% \leq Cr \leq 0,40 \%, \end{aligned}$$

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables, comprenant moins de 0,05% Ni, moins de 0,02% Mo, moins de 0,03% Cu, moins de 0,007% V, moins de 0,0010% B, moins de 0,005% S, moins de 0,02% P et moins de 0,010% N,

- recuit de la tôle d'acier à une température de recuit  $T_A$  comprise entre 780°C et 840°C et pendant un temps de recuit  $t_A$  tels que soit obtenue une structure comprenant de 50 % à 80 % d'austénite et de 20 % à 50 % de ferrite, la tôle étant chauffée à la température de recuit  $T_A$  à une vitesse de chauffage d'au moins 3°C/s,

- trempe de la tôle à une vitesse de refroidissement comprise entre 20°C/s et 50°C/s jusqu'à une température de trempe  $QT$  comprise entre  $M_s-50^\circ C$  et  $M_s-5^\circ C$ ,

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de séparation  $PT$  comprise entre 375°C et 450°C et maintien de la tôle à la température de séparation  $PT$  pendant un temps de séparation  $Pt$  d'au moins 50 s,

- retour de la tôle à la température ambiante.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la tôle d'acier a, juste après la trempe, une structure consistant, en fraction surfacique, en au moins 20 % d'austénite, entre 30 % et 60 % de martensite et 20 % à 50 % de ferrite.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel la

composition de l'acier est telle que  $1,25 \% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 2,35 \%$ .

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant en outre, entre l'étape de maintien de la tôle à la température de séparation PT et l'étape de retour de la tôle à la température ambiante, une étape de revêtement par immersion à chaud de la tôle.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel la température de séparation PT est comprise entre 400°C et 430°C.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, dans lequel le temps de séparation Pt est compris entre 50 s et 150 s.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel l'étape de revêtement par immersion à chaud est une étape de galvanisation.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel l'étape de revêtement par immersion à chaud est une étape de recuit après galvanisation, avec une température d'alliage GAT comprise entre 480°C et 515°C.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel le temps de séparation Pt est compris entre 50 s et 140 s.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'étape de retour de la tôle à la température ambiante est effectuée immédiatement après l'étape de maintien de la tôle à la température de séparation PT pendant le temps de séparation Pt, et dans lequel le temps de séparation Pt est d'au moins 100 s.

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel la tôle est ramenée à la température ambiante à une vitesse de refroidissement d'au moins 10°C/s.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, 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

3

trempe QT pendant un temps de maintien compris entre 2 s et 8 s, de préférence entre 3 s et 7 s.

13. Tôle d'acier ayant une composition chimique comprenant, en % en poids :

5

$$0,19 \% \leq C \leq 0,22 \%,$$

$$0,9 \% \leq Si \leq 1,7 \%,$$

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

$$\text{avec } 1,0 \% \leq Si + Al \leq 2,35 \%,$$

$$1,5 \% \leq Mn \leq 2,5 \%,$$

10

$$0,010 \% \leq Nb \leq 0,035 \%,$$

$$0,10 \% \leq Cr \leq 0,40 \%,$$

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables, comprenant moins de 0,05% Ni, moins de 0,02% Mo, moins de 0,03% Cu, moins de 0,007% V, moins de 0,0010% B, moins de 0,005% S, moins de 0,02% P et moins de 0,010% N,

15

dans laquelle la microstructure de la tôle consiste, en fraction surfacique, en :

- 20 % à 50 % de ferrite intercritique,

- 10 % à 20 % d'austénite résiduelle,

- 25 % à 45 % de martensite revenue,

- bainite, la somme de la martensite revenue et de la bainite étant comprise entre

20

30 % et 60 %,

- 10 % à 20 % de martensite fraîche.

14. Tôle d'acier selon la revendication 13, ayant une limite d'élasticité comprise

entre 440 et 750 MPa, une résistance à la traction d'au moins 980 MPa, un allongement

25

total d'au moins 20 % et un taux d'expansion de trous HER d'au moins 20 %.

15. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 et 14, dans laquelle la composition de l'acier est telle que  $1,25 \% \leq Si + Al \leq 2,35 \%$ .

30

16. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, dans laquelle la teneur en C de l'austénite résiduelle,  $\% C_{RA}$ , est comprise entre 0,9 % et 1,3 %.

17. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, laquelle tôle d'acier est revêtue.

35

4

18. Tôle d'acier selon la revendication 17, laquelle tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

5 19. Tôle d'acier selon la revendication 17, laquelle tôle d'acier est revêtue d'Al ou d'un alliage d'Al.

20. Tôle d'acier selon la revendication 18, laquelle tôle d'acier est galvanisée.

10 21. Tôle d'acier selon la revendication 18, laquelle tôle d'acier est recuite après galvanisation.