

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49159 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 9/46; C22C 38/60; C22C 38/06**
- (43) Date de publication : **29.10.2021**

- 
- (21) N° Dépôt : **49159**
- (22) Date de Dépôt : **21.12.2016**
- (30) Données de Priorité : **21.12.2015 WO PCT/IB2015/059838**
- (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: **EP19207907.7**

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE PRODUCTION D'UNE TÔLE D'ACIER À HAUTE RÉSISTANCE PRÉSENTANT UNE RÉSISTANCE ET UNE APTITUDE AU FORMAGE AMÉLIORÉES ET TÔLE D'ACIER À HAUTE RÉSISTANCE AINSI OBTENUE**

(57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une tôle d'acier ayant une microstructure constituée d'entre 71 % et 91 % de la somme de martensite et de bainite, entre 9 % et 13 % d'austénite retenue, et au plus 20 % de ferrite, le procédé comprenant : une tôle d'acier laminée à froid, la composition chimique de l'acier contenant en poids % : 0,13 % = C = 0,22 % 1,2 % = Si = 2,3 % 0,02 % = Al = 1,0 % , avec 1,25 % = Si + Al = 2,35 % , 2,4 % = Mn = 3 % , Ti = 0,05 % Nb = 0,05 % le reste étant Fe et les impuretés inévitables, - recuit de la tôle d'acier à une température de recuit TA de manière à obtenir une structure comprenant de 80% à 100% d'austénite et de 0% à 20% de ferrite, - 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 240°C et 310 °C, - chauffer la tôle jusqu'à une température de partitionnement PT comprise entre 400°C et 465°C et maintenir la tôle à cette température pour un partitionnement temps Pt compris entre 50 s et 250 s, - refroidissement immédiat de la tôle à température ambiante.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour produire une tôle d'acier ayant une microstructure consistant en entre 71 % et 91 % de la somme de martensite et de bainite, entre 9 % et 13 % d'austénite résiduelle, et au plus 20 % de ferrite, 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 :

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

$$1,2 \% \leq Si \leq 2,3 \%$$

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

$$\text{avec } 1,25 \% \leq Si + Al \leq 2,35 \%,$$

$$2,4 \% \leq Mn \leq 3 \%,$$

$$Ti \leq 0,05 \%,$$

$$Nb \leq 0,05 \%,$$

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 de 80 % à 100 % d'austénite et de 0 % à 20 % de ferrite,

- 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 240°C et 270°C,

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de séparation PT comprise entre 440°C et 460°C et maintien de la tôle à la température de séparation PT pendant un temps de séparation  $P_t$  compris entre 50 s et 250 s,

- immédiatement après l'étape de maintien, refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante avec une vitesse de refroidissement supérieure à 1°C/s, de préférence entre 2°C/s et 20°C/s.

2. Procédé pour produire une tôle d'acier ayant une microstructure consistant en entre 71 % et 91 % de la somme de martensite et de bainite, entre 9 % et 13 % d'austénite résiduelle, et au plus 20 % de ferrite, 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 :

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

$$1,2 \% \leq Si \leq 2,3 \%$$

$$0,02 \% \leq \overset{2}{\text{Al}} \leq 1,0 \%,$$

avec  $1,25 \% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 2,35 \%$ ,

$$2,4 \% \leq \text{Mn} \leq 3 \%,$$
$$\text{Ti} \leq 0,05 \%,$$
$$\text{Nb} \leq 0,05 \%,$$

5

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 de 80 % à 100 % d'austénite et de 0 % à 20 % de ferrite,

- 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 290°C et 320°C,

10

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de séparation  $PT$  comprise entre 400°C et 425°C et maintien de la tôle à la température de séparation  $PT$  pendant un temps de séparation  $Pt$  compris entre 50 s et 250 s,

- immédiatement refroidir la tôle jusqu'à la température ambiante avec une vitesse de refroidissement supérieure à 1°C/s, de préférence entre 2°C/s et 20°C/s.

15

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

20

- bobinage de ladite tôle d'acier laminée à chaud à une température  $T_c$  comprise entre 500°C et 730°C,

- laminage à froid de ladite tôle d'acier laminée à chaud pour que soit obtenue ladite tôle d'acier laminée à froid.

25

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape d'obtention de ladite tôle d'acier laminée à froid comprend en outre, entre le bobinage et le laminage à froid, la mise en œuvre d'un recuit en discontinu à une température comprise entre 500°C et 650°C pendant un temps compris entre 300 secondes et 12 heures.

30

5. Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape d'obtention de ladite tôle d'acier laminée à froid comprend en outre, entre le bobinage et le laminage à froid, la mise en œuvre d'un refroidissement lent de la tôle d'acier laminée à chaud, de la température de bobinage à la température ambiante, pendant un temps compris entre 5 et

35

7 jours.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la tôle trempée a, juste avant le chauffage à la température de séparation PT, une structure consistant en entre 10 % et 40 % d'austénite, entre 60 % et 90 % de martensite et entre 0 % et 20 % de ferrite.

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 :

10  $C \geq 0,16 \%$ ,  
 $C \leq 0,20 \%$ ,  
 $Si \geq 2,0 \%$ ,  
 $Si \leq 2,2 \%$ ,  
 $Mn \geq 2,6 \%$ , et  
 $Mn \leq 2,8 \%$ .

15

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, 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.

20

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le temps de séparation Pt est compris entre 50 et 200 s.

25 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'austénite résiduelle comprend de l'austénite résiduelle polyédrique ayant un rapport d'aspect compris entre 2 et 4 et une austénite résiduelle de type film ayant un rapport d'aspect compris entre 5 et 8.

30 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel la microstructure comprend entre 5,5 % et 10,5 % d'austénite résiduelle de type film.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la microstructure consiste, en pourcentages en surface, en entre 82 % et 91 % de martensite et de bainite, entre 9 % et 13 % d'austénite résiduelle, et au plus 5 % de ferrite.

35

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

5

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$
$$1,2 \% \leq Si \leq 2,3 \%$$
$$0,02 \% \leq Al \leq 1,0 \%,$$

avec  $1,25 \% \leq Si + Al \leq 2,35 \%$ ,

$$2,4 \% \leq Mn \leq 3 \%,$$

10

$$Ti \leq 0,05 \%,$$
$$Nb \leq 0,05 \%,$$

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

ayant une microstructure consistant, en pourcentages en surface, en :

- entre 82 % et 91 % de martensite et de bainite,
  - entre 9 % et 13 % d'austénite résiduelle,
  - 15 - au plus 5 % de ferrite,
- dans laquelle l'austénite résiduelle comprend de l'austénite résiduelle polyédrique ayant un rapport d'aspect compris entre 2 et 4 et une austénite résiduelle de type film ayant un rapport d'aspect compris entre 5 et 8,

20 la tôle ayant une limite d'élasticité comprise entre 850 et 1100 MPa, une résistance à la traction d'au moins 1180 MPa, un allongement total d'au moins 14 % et un taux d'expansion de trous HER d'au moins 30 %.

14. Tôle d'acier selon la revendication 132, dans laquelle le taux d'expansion de trous HER est supérieur à 40 %.

25

15. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 et 14, dans laquelle la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions suivantes :

30

$$C \geq 0,16 \%,$$
$$C \leq 0,20 \%,$$
$$Si \geq 2,0 \%,$$
$$Si \leq 2,2 \%,$$
$$Mn \geq 2,6 \%, \text{ et}$$
$$Mn \leq 2,8 \%.$$

35

16. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, dans laquelle la teneur en C  $C_{RA}$  % dans l'austénite résiduelle est comprise entre 0,9 % et 1,2 %.

5 17. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, dans laquelle la microstructure comprend entre 5,5 % et 10,5 % d'austénite résiduelle de type film.

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

:

10

$$0,13 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

$$1,2 \% \leq Si \leq 2,3 \%$$

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

$$\text{avec } 1,25 \% \leq Si + Al \leq 2,35 \%,$$

$$2,4 \% \leq Mn \leq 3 \%,$$

15

$$Ti \leq 0,05 \%,$$

$$Nb \leq 0,05 \%,$$

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

ayant une microstructure consistant, en pourcentages en surface, en :

- entre 82 % et 91 % de martensite et de bainite,

20 - entre 9 % et 13 % d'austénite résiduelle,

- au plus 5 % de ferrite,

dans laquelle l'austénite résiduelle comprend de l'austénite résiduelle polyédrique ayant un rapport d'aspect compris entre 2 et 4 et une austénite résiduelle de type film ayant un rapport d'aspect compris entre 5 et 8,

25

la tôle ayant une limite d'élasticité comprise entre 850 et 1100 MPa, une résistance à la traction d'au moins 1180 MPa, un allongement total d'au moins 14 % et un taux d'expansion de trous HER d'au moins 30,

la tôle étant revêtue d'un revêtement métallique fabriqué par électrodéposition ou par un traitement de déposition sous vide.