

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 44113 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 9/46; C22C 38/60; C22C 38/06**
- (43) Date de publication : **31.08.2020**

(21) N° Dépôt : **44113**

(22) Date de Dépôt : **21.12.2016**

(30) Données de Priorité : **21.12.2015 WO PCT/IB2015/059838**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2016/082202 21.12.2016**

(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation:EP16820260.4

(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)**

(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 : Cette invention concerne un procédé de production d'une tôle d'acier présentant une microstructure telle que : la somme de la martensite et de la bainite représente 71 à 91 %, l'austénite résiduelle va de 9 à 13 %, et la ferrite est inférieure ou égale à 20 %. Ledit procédé comprend : - la fourniture d'une tôle d'acier laminée à froid, la composition chimique de l'acier contenant, en % en poids: 0,13 % = C = 0,22 %, 2 % = Si = 2,3 %, 0,02 % = Al = 1,0 %, où 1,25 % = Si+Al = 2,35 %, 2,4 % = Mn = 3 %, Ti < 0,05 %, Nb < 0,05 %, le reste étant du Fe et les inévitables impuretés; - le 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; - la trempe de la tôle à une vitesse de refroidissement comprise entre 20 et 50 °C/s jusqu'à une température de trempe QT allant de 240 à 310 °C; - le chauffage de la tôle jusqu'à une température de ségrégation PT comprise entre 400 et 465 °C et le maintien de la tôle à cette température pendant un temps de ségrégation Pt compris entre 50 et 250 s.; - et le refroidissement direct de la tôle à la 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 :

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

10

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

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

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

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

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

15

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

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,

20 - 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 Pt compris entre 50 s et 250 s,

25 - immédiatement après l'étape de maintien, refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante.

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 :

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

35

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

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

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 refroidissement de la tôle jusqu'à la température ambiante.

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 7 jours.

35 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la

3

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.

5 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 :

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

$$C \leq 0,20 \%,$$

$$Si \geq 2,0 \%,$$

10

$$Si \leq 2,2 \%,$$

$$Mn \geq 2,6 \%, \text{ et}$$

$$Mn \leq 2,8 \%.$$

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

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

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

35

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

$$\begin{aligned} & \text{avec } 1,25 \% \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 2,35 \%, \\ & 2,4 \% \leq \text{Mn} \leq 3 \%, \\ & \text{Ti} \leq 0,05 \%, \\ & \text{Nb} \leq 0,05 \%, \end{aligned}$$

5 le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,
ayant une microstructure consistant, en pourcentages en surface, en :

- entre 71 % et 91 % de martensite et de bainite,
- entre 9 % et 13 % d'austénite résiduelle,
- au plus 20 % de ferrite,

10 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,

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
15 taux d'expansion de trous HER d'au moins 30 %.

13. Tôle d'acier selon la revendication 12, dans laquelle le taux d'expansion de
trous HER est supérieur à 40 %.

20 14. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, dans
laquelle la composition chimique de l'acier satisfait à au moins l'une des conditions
suivantes :

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

25

30 15. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans
laquelle la teneur en C C_{RA} % dans l'austénite résiduelle est comprise entre 0,9 % et 1,2
%.

35 16. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans
laquelle la microstructure comprend entre 5,5 % et 10,5 % d'austénite résiduelle de type

film.

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

:

5

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

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

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

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

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

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 71 % et 91 % de martensite et de bainite,

15

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

- au plus 20 % 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,

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