

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 53649 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 8/12; C22C 38/06; C22C 38/04; C22C 38/02**
- (43) Date de publication : **30.11.2023**

-
- (21) N° Dépôt : **53649**
- (22) Date de Dépôt : **09.09.2019**
- (30) Données de Priorité : **20.09.2018 WO PCT/IB2018/057246**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2019/057571 09.09.2019**
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **SARKAR, Sujay**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation : EP 19780404.0

-
- (54) Titre : **TÔLE D'ACIER LAMINÉE À CHAUD PRÉSENTANT UN TAUX D'EXPANSION DE TROU ÉLEVÉ ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne une tôle d'acier laminée à chaud ayant une composition chimique comprenant, en % en poids : 0,15 % = C = 0,20 %, 0,50 % = Mn = 2,00 %, 0,25 % = Si = 1,25 %, 0,10 % = Al = 1,00 %, avec 1,00 % = (Al + Si) = 2,00 %, 0,001 % = Cr = 0,250 %, P = 0,02 %, S = 0,005 %, N = 0,008 %, et éventuellement un ou plusieurs éléments parmi : 0,005 % = Mo = 0,250 %, 0,005 % = V = 0,250 %, 0,0001 % = Ca = 0,003 % et 0,001 % = Ti = 0,025 %, le complément étant constitué de Fe et d'impuretés inévitables, et la microstructure comprenant en fraction de surface, de la ferrite et de la bainite, dont la somme est supérieure à 5 % et strictement inférieure à 20 %, le complément étant constitué de martensite revenue.

REVENDEICATIONS

1. Tôle d'acier laminée à chaud ayant une composition chimique comprenant, en % en poids :
- 5
- $0,15 \% \leq C \leq 0,20 \%$
 $0,50 \% \leq Mn \leq 2,00 \%$
 $0,25 \% \leq Si \leq 1,25 \%$
 $0,10 \% \leq Al \leq 1,00 \%$,
avec $1,00 \% \leq (Al+Si) \leq 2,00 \%$,
- 10
- $0,001 \% \leq Cr \leq 0,250 \%$
 $P \leq 0,02 \%$
 $S \leq 0,005 \%$
 $N \leq 0,008 \%$
- et facultativement un ou plusieurs éléments parmi :
- 15
- $0,005 \% \leq Mo \leq 0,250 \%$
 $0,005 \% \leq V \leq 0,250 \%$
 $0,0001 \% \leq Ca \leq 0,003 \%$ et
 $0,001 \% \leq Ti \leq 0,025 \%$
- le reste étant du Fe et des impuretés inévitables, et dans laquelle la microstructure
- 20 comprend, en fraction de surface, de la ferrite et de la bainite, dont la somme est supérieure à 5 % et strictement inférieure à 20 %, le reste étant constitué de martensite revenue.
2. Tôle d'acier laminée à chaud selon la revendication 1, dans laquelle la teneur en Si
- 25 est comprise entre 0,40 % et 0,90 %.
3. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans laquelle la teneur en Al est comprise entre 0,30 % et 0,90 %.
- 30
4. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 et 3, dans laquelle la teneur en Al+Si est comprise entre 1,20 % et 2,00 %.
5. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la tôle d'acier laminée à chaud a une limite d'élasticité YS comprise entre
- 35 780 MPa et 1 000 MPa et une résistance à la traction TS comprise entre 950 MPa et 1 150 MPa.

6. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la tôle d'acier laminée à chaud présente un allongement total supérieur à 8 %.
7. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la tôle d'acier laminée à chaud a une expansion de trou HER supérieure à 45 %.
8. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la tôle d'acier laminée à chaud présente une énergie Charpy V supérieure à 50 J/cm² à 20 °C.
9. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle l'épaisseur est comprise entre 1,8 et 4,5 mm.
10. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant une couche de ferrite en surface d'une épaisseur inférieure à 5 % de l'épaisseur de ladite tôle d'acier laminée à chaud.
11. Tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle la tôle d'acier laminée à chaud est revêtue de zinc ou d'un alliage à base de zinc.
12. Tôle d'acier laminée à chaud selon la revendication 11, dans laquelle le revêtement à base de zinc comprend de 0,01 à 8,0 % en poids d'Al, facultativement de 0,2 à 8,0 % en poids de Mg, le reste étant du Zn.
13. Tôle d'acier laminée à chaud selon la revendication 11, dans laquelle le revêtement à base de zinc comprend entre 0,15 et 0,40 % en poids d'Al, le reste étant du Zn.
14. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 comprenant les étapes suivantes et successives :
- fourniture d'un demi-produit d'acier présentant une composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, puis
 - laminage à chaud dudit demi-produit d'acier à une température de laminage finale comprise entre 875 °C et 950 °C, de façon à obtenir une tôle d'acier, puis
 - refroidissement de ladite tôle d'acier à une vitesse de refroidissement V_{R1} d'au moins 50 °C/s, de manière à obtenir une tôle d'acier refroidie, puis
 - bobinage à une température T_{coil} inférieure à 160 °C et inférieure à M_f , afin

d'obtenir une tôle d'acier bobinée, puis

- traitement thermique de ladite tôle bobinée à une température de traitement thermique θ_A , pendant une durée t_A , θ_A et t_A étant tels que $P_A = \theta_A (22 + \log_{10} t_A)$, est compris entre 15 400 et 17 500, θ_A étant exprimé en K et t_A étant exprimé en heures.

5

15. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud selon la revendication 14, dans lequel ladite étape de traitement thermique est réalisée de manière discontinue dans une atmosphère inerte ou HNX, à une température de traitement thermique θ_A comprise entre 400 °C et 475 °C, la durée t_A à ladite température de recuit étant comprise entre 10 et 25 h.

10

16. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud selon la revendication 14, dans lequel ladite étape de traitement thermique est réalisée sur une ligne de recuit continue, à une température de traitement thermique θ_A comprise entre 500 °C et 600 °C, la durée t_A à ladite température de traitement thermique étant comprise entre 40 s et 100 s.

15

17. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 14 à 16, dans lequel P_A est compris entre 15 500 et 17 000.

20

18. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 14 à 17, comprenant en outre une étape de décapage après ladite étape de bobinage et avant ladite étape de traitement thermique.

25

19. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 14 à 18, comprenant en outre une étape de décapage après ladite étape de traitement thermique.

20. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 14 à 19, dans lequel ledit refroidissement est effectué par eau et dans lequel V_{R1} est supérieure à 75 °C/s.

30

21. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 14 à 20, l'étape de refroidissement à ladite vitesse de refroidissement V_{R1} est réalisée de manière à atteindre une température intermédiaire T_i , comprise entre 500 et 550 °C, puis,

35

- une étape supplémentaire de refroidissement par air est effectuée pendant une durée t_2 comprise entre 1 et 5 secondes, puis

- la tôle est refroidie à une vitesse de refroidissement V_{R2} supérieure à 40 °C/s.

22. Procédé de production selon la revendication 21, dans lequel ladite étape de refroidissement par air est effectuée pendant une durée t_2 comprise entre 2 et 5 secondes.

23. Utilisation de la tôle d'acier laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 ou fabriquée selon l'une quelconque des revendications 14 à 22, pour la fabrication de pièces structurelles de véhicules.