

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 54523 B1** (51) Cl. internationale :  
**C21D 1/18; C21D 1/26;**  
**C21D 8/02; C22C 38/38;**  
(43) Date de publication : **30.11.2023** **C22C 38/02; C22C 38/06;**  
**C22C 38/22; C21D 9/46**

- 
- (21) N° Dépôt : **54523**
- (22) Date de Dépôt : **17.12.2019**
- (30) Données de Priorité : **18.12.2018 WO PCT/IB2018/060251**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
**PCT/IB2019/060889 17.12.2019**
- (71) Demandeur(s) :  
**ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) :  
**PANAHI, Damon ; SOLER, Michel ; JACOLOT, Ronan ; KOLTSOV, Alexey ; CHAKRABORTY, Anirban ; GHASSEMI-ARMAKI, Hassan ; GIRINA, Olga ; ALEXANDRE, Patrice ; BOUZAT, Magali ; NADLER, Aude**
- (74) Mandataire :  
**ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation : EP 19835508.3

---

(54) Titre : **TÔLE D'ACIER LAMINÉE À FROID TRAITÉE THERMIQUEMENT ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION**

(57) Abrégé : La présente invention concerne une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids : C 0,3 à 0,4 %, Mn 2,0 à 2,6 %, Si : 0,8 à 1,6 %, Al 0,01 à 0,6 %, Mo 0,15 à 0,5 %, Cr 0,3 à 1,0 %, Nb = 0,06 %, Ti = 0,06 %, Ni = 0,8 %, S = 0,010 %, P = 0,020 % et N = 0,008 %, le reste de la composition étant du fer et des impuretés inévitables résultant de la fusion, et ayant une microstructure constituée de, en fraction de surface : entre 15 % et 30 % d'austénite résiduelle, ladite austénite résiduelle ayant une teneur en carbone d'au moins 0,7 %, entre 70 % et 85 % de martensite revenue, au plus 5 % de martensite fraîche et au plus 5 % de bainite. L'invention concerne en outre un procédé de fabrication associé.

**REVENDEICATIONS**

1. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement, constituée d'un acier ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :
  - 5 C : de 0,3 à 0,4 %  
Mn : de 2,0 à 2,6 %  
0,8 % ≤ Si ≤ 1,5 %  
Al : de 0,01 à 0,6 %  
Mo : de 0,15 à 0,5 %  
Cr : de 0,3 à 1,0 %
  - 10 Nb : de 0,0010% à 0,06 %  
Ti : de 0,0010% à 0,06 %  
B : de 0,0003 à 0,005 %  
Ni ≤ 0,8 %  
S ≤ 0,010 %,  
15 P ≤ 0,020 %  
N ≤ 0,008 % Cu ≤ 0,03%et comprenant éventuellement un ou plusieurs des éléments suivants, en pourcentage en poids :
  - 20 V ≤ 0,2 %le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion, ladite tôle d'acier présentant une microstructure comprenant, en fraction de surface :
  - 25 - entre 15 % et 30 % d'austénite retenue, ladite austénite retenue présentant une teneur en carbone d'au moins 0,7 %
  - entre 70 % et 85 % de martensite trempée et
  - au plus 5 % maximum de martensite fraîche et
  - au maximum 5% de bainite.
2. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon la revendication 1,
  - 30 dans laquelle la teneur en chrome est comprise entre 0,6 % et 0,8 %.
3. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans laquelle la teneur en silicone est inférieure à

- 1,4 %.
4. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la teneur en silicone est inférieure à 1,3 %.
- 5 5. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la quantité cumulée de silicium et d'aluminium est égale ou supérieure à 1,6 %.
6. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la teneur en aluminium est comprise
- 10 entre 0,2 % et 0,5 %.
7. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la teneur en molybdène est comprise entre 0,20 % et 0,40 %.
8. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque
- 15 des revendications 1 à 7, dans laquelle ladite microstructure inclut au plus 2 % de martensite fraîche.
9. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle ladite microstructure inclut au plus 2 % de bainite.
- 20 10. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle ladite microstructure n'inclut aucune bainite et aucune martensite fraîche.
11. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans laquelle la tôle d'acier laminée à froid et
- 25 traitée thermiquement est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn ou d'Al ou d'un alliage d'Al.
12. Tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle la tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement présente une limite d'élasticité YS d'au moins
- 30 1100 MPa, une résistance à la traction TS d'au moins 1 470 MPa, un allongement uniforme TE d'au moins 13 % et un rapport d'expansion de trou HER d'au moins 15 % et un index LME inférieur à 0.70.
13. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement, comprenant les étapes successives suivantes :
- 35 - la coulée d'un acier de manière à obtenir une brame, ledit acier présentant une

- composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 7,
- le réchauffement de la brame à une température  $T_{\text{reheat}}$  comprise entre 1 150 °C et 1 300 °C,
  - le laminage à chaud de la brame réchauffée à une température supérieure à Ar3 pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud,
  - l'enroulement de la tôle d'acier laminée à chaud à une température d'enroulement  $T_{\text{coil}}$  comprise entre 200 °C et 700 °C,
  - éventuellement, le décapage de cette tôle d'acier laminée à chaud,
  - éventuellement le recuit de la tôle d'acier laminée à chaud, pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud et recuite,
  - éventuellement, le décapage de cette tôle d'acier laminée à chaud et recuite,
  - le laminage à froid de la tôle d'acier laminée à chaud et recuite de manière à obtenir une tôle d'acier laminée à froid,
  - le réchauffement de la tôle d'acier laminée à froid à une première température de recuit comprise entre  $Ac3$  et  $Ac3+100$  °C et le maintien de la tôle d'acier laminée à froid à ladite température de recuit pendant un temps de maintien compris entre 30 s et 600 s, de manière à obtenir, lors du recuit, une structure entièrement austénitique,
  - la trempe de la tôle d'acier laminée à froid à une vitesse de refroidissement comprise entre 0,1 °C/s et 200 °C/s, à une température de trempe  $T_q$  comprise entre ( $Ms-140$  °C) et ( $Ms-75$  °C) et son maintien éventuel à  $T_q$  pendant un temps de maintien compris entre 1 et 200 s,
  - le réchauffement de la tôle d'acier laminée à froid à une température de séparation comprise entre 350 °C et 500 °C, et le maintien de la tôle d'acier laminée à froid à ladite température de séparation pendant une durée de séparation comprise entre 30 s et 2 000 s,
  - le refroidissement de la tôle d'acier laminée à froid jusqu'à atteindre la température ambiante.
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel la température d'enroulement  $T_{\text{coil}}$  est comprise entre 450 °C et 650 °C.
15. Procédé selon l'une des revendications 13 à 14, dans lequel la tôle d'acier laminée à chaud après enroulement comprend une couche d'oxydation des joints de grains d'une épaisseur maximale de 5  $\mu\text{m}$ .
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, dans lequel la bande chaude est recuite à une température comprise entre 500 et 800 °C

pendant 1 000 à 108 000 secondes.