

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 50143 B1**
- (43) Date de publication : **31.08.2022**
- (51) Cl. internationale :  
**B22D 11/00; B22D 11/06;  
B22D 11/12; B22D 11/22;  
C22C 38/00; C22C 38/32;  
C22C 38/04; C22C 38/06;  
C22C 38/14; C22C 38/28;  
C22C 38/02**

- 
- (21) N° Dépôt :  
**50143**
- (22) Date de Dépôt :  
**20.04.2018**
- (30) Données de Priorité :  
**21.04.2017 WO PCT/IB2017/052312**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:  
**PCT/IB2018/052748 20.04.2018**
- (71) Demandeur(s) :  
**Arcelormittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) :  
**BONNET, Frédéric ; BOBADILLA, Manuel ; BELE, Bertrand ; DAESCHLER, Valérie**
- (74) Mandataire :  
**ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP 18720793.1**

---

(54) Titre : **FEUILLE D'ACIER À HAUTE FORMABILITÉ POUR LA FABRICATION DE PIÈCES STRUCTURELLES LÉGÈRES ET PROCÉDÉ DE FABRICATION DE LA FEUILLE**

(57) Abrégé : L'invention concerne une tôle d'acier ayant une composition comprenant, en poids : 0,010 % = C = 0,080 %, 0,06 % = Mn = 3 %, Si = 1,5 %, 0,005 % = Al = 1,5 %, S = 0,030 %, P = 0,040 %, Ti et B tels que : 3,2 % = Ti = 7,5 % et (0,45xTi) – 1,35 = B = (0,45xTi) – 0,43, éventuellement Ni = 1 %, Mo = 1 %, Cr = 3%, Nb = 0,1 %, V = 0,1 %, le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion. La tôle d'acier a une structure consistuée de ferrite, d'au plus 10 % d'austénite, et de précipités comprenant des précipités eutectiques de TiB<sub>2</sub>, la fraction volumique des précipités de TiB<sub>2</sub> par rapport à la structure totale étant d'au moins 9 %, la proportion des précipités de TiB<sub>2</sub> ayant une aire inférieure à 8 µm<sup>2</sup> étant d'au moins 96 %.

REVENDICATIONS

1.- Tôle d'acier constituée d'un acier présentant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

- 5  $0,010 \% \leq C \leq 0,080 \%$   
 $0,06 \% \leq Mn \leq 3 \%$   
 $Si \leq 1,5 \%$   
 $0,005 \% \leq Al \leq 1,5 \%$   
 $S \leq 0,030 \%$   
10  $P \leq 0,040 \%$ ,  
Ti et B de sorte que :  
 $3,2 \% \leq Ti \leq 7,5 \%$   
 $(0,45xTi) - 1,35 \leq B \leq (0,45xTi) - 0,43$

optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi :

- 15  $Ni \leq 1 \%$   
 $Mo \leq 1 \%$   
 $Cr \leq 3 \%$   
 $Nb \leq 0,1 \%$   
 $V \leq 0,1 \%$

20 le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion,

ladite feuille d'acier présentant une structure constituée de ferrite, d'au plus 10 % d'austénite, et de précipités, lesdits précipités comprenant des précipités eutectiques de TiB<sub>2</sub>, la fraction en volume de précipités de TiB<sub>2</sub> relativement à l'ensemble de la structure  
25 étant d'au moins 9 %, la proportion de précipités de TiB<sub>2</sub> présentant une superficie inférieure à 8 μm<sup>2</sup> représentant au moins 96 %,

ladite feuille d'acier ne comprenant aucun précipité de Fe<sub>2</sub>B, ladite feuille d'acier ne comprenant aucun précipité de TiC ou des précipités de TiC avec une fraction en volume inférieure à 0,5 %,

30 la feuille d'acier présentant une teneur en Ti libre d'au moins 0,95 %.

2.- Feuille d'acier selon la revendication 1, dans laquelle la proportion de précipités de TiB<sub>2</sub> présentant une superficie inférieure à 3 μm<sup>2</sup> est d'au moins 80 %.

35 3.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans laquelle la proportion de précipités de TiB<sub>2</sub> présentant une superficie inférieure à 25 μm<sup>2</sup> est de 100 %.

4.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle, dans la région centrale de la feuille d'acier, la proportion de précipités de  $TiB_2$  présentant une superficie inférieure à  $8 \mu m^2$  est d'au moins 96 %, la proportion de précipités de  $TiB_2$  présentant une superficie inférieure à  $3 \mu m^2$  est de préférence d'au moins 80 % et la proportion de précipités de  $TiB_2$  présentant une superficie inférieure à  $25 \mu m^2$  est de préférence de 100 %.

5.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle les teneurs en titane, bore et manganèse sont telles que :

$$(0,45 \times Ti) - 1,35 \leq B \leq (0,45 \times Ti) - (0,261 \times Mn) - 0,414.$$

6.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle les teneurs en titane et bore sont telles que :

$$(0,45 \times Ti) - 1,35 \leq B \leq (0,45 \times Ti) - 0,50.$$

7.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la composition est telle que  $C \leq 0,050 \%$ .

8.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la composition est telle que  $Al \leq 1,3 \%$ .

9.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle la feuille d'acier présente une énergie Charpy Kcv d'au moins  $25 J/cm^2$  à  $-40 \text{ }^\circ C$ .

10.- Procédé de fabrication d'une feuille d'acier, le procédé comprenant les étapes suivantes :

– fournir un acier dont la composition comprend, en pourcentage en poids :

$$0,010 \% \leq C \leq 0,080 \%$$

$$0,06 \% \leq Mn \leq 3 \%$$

$$Si \leq 1,5 \%$$

$$0,005 \% \leq Al \leq 1,5 \%$$

$$S \leq 0,030 \%$$

$$P \leq 0,040 \%,$$

Ti et B de sorte que :

$$3,2 \% \leq Ti \leq 7,5 \%$$

$$(0,45 \times Ti) - 1,35 \leq B \leq (0,45 \times Ti) - 0,43$$

optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi :

Ni  $\leq$  1 %

Mo  $\leq$  1 %

Cr  $\leq$  3 %

5 Nb  $\leq$  0,1 %

V  $\leq$  0,1 %

le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables,

- couler l'acier sous la forme d'un semi-produit, la température de coulée étant inférieure ou égale à  $L_{\text{liquidus}} + 40$  °C,  $L_{\text{liquidus}}$  désignant la température de liquidus de l'acier,  
10 le semi-produit étant coulé sous la forme d'un semi-produit fin présentant une épaisseur d'au plus 110 mm, l'acier étant solidifié pendant la coulée avec une vitesse de solidification comprise entre 0,03 cm/s et 5 cm/s à chaque emplacement du semi-produit.

11.- Procédé selon la revendication 10, dans lequel le semi-produit est coulé sous la  
15 forme d'une plaque fine présentant une épaisseur inférieure ou égale à 110 mm, de préférence inférieure ou égale à 70 mm.

12.- Procédé selon la revendication 11, dans lequel le semi-produit est coulé par une  
20 production de bandes compactes.

13.- Procédé selon la revendication 10, dans lequel le semi-produit est coulé sous la  
forme d'une bande fine présentant une épaisseur inférieure ou égale à 6 mm, la vitesse de  
solidification étant comprise entre 0,2 cm/s et 5 cm/s à chaque emplacement du semi-  
produit.

25 14.- Procédé selon la revendication 13, dans lequel le semi-produit est coulé par une-  
coulée de bande directe entre des rouleaux contre-rotatifs.

15.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 14, dans lequel, après  
30 coulée et solidification, le semi-produit est laminé à chaud, pour obtenir une feuille d'acier laminée à chaud.

16.- Procédé selon la revendication 15, dans lequel entre la coulée et le laminage à  
chaud, la température du semi-produit reste supérieure à 700 °C.

35 17.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 ou 16, dans lequel avant  
le laminage à chaud, le semi-produit est détartré à une température d'au moins 1 050 °C.

18.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 15 à 17, dans lequel après le laminage à chaud, la feuille d'acier laminée à chaud est laminée à froid, pour obtenir une feuille d'acier laminée à froid présentant une épaisseur inférieure ou égale à 2 mm.

19.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 18, dans laquelle les teneurs en titane, bore et manganèse sont telles que :

$$(0,45 \times \text{Ti}) - 1,35 \leq B \leq (0,45 \times \text{Ti}) - (0,261 \times \text{Mn}) - 0,414.$$

20.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 19, dans laquelle la composition est telle que  $\text{Al} \leq 1,3 \%$ .

21. Procédé de fabrication d'une partie structurelle, le procédé comprenant :

10 - la découpe d'au moins une ébauche à partir d'une feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 ou produite par un procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 20, et

- la déformation de ladite ébauche dans une plage de température comprise entre 20 °C et 900 °C.

15 22.- Procédé selon la revendication 21, comprenant, avant la déformation de l'ébauche, une étape consistant à souder l'ébauche à une autre ébauche.

23.- Partie structurelle comprenant au moins une partie réalisée en acier présentant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

$$0,010 \% \leq C \leq 0,080 \%$$

$$20 \quad 0,06 \% \leq \text{Mn} \leq 3 \%$$

$$\text{Si} \leq 1,5 \%$$

$$0,005 \% \leq \text{Al} \leq 1,5 \%$$

$$\text{S} \leq 0,030 \%$$

$$\text{P} \leq 0,040 \%,$$

25 Ti et B de sorte que :

$$3,2 \% \leq \text{Ti} \leq 7,5 \%$$

$$(0,45 \times \text{Ti}) - 1,35 \leq B \leq (0,45 \times \text{Ti}) - 0,43$$

optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi :

$$\text{Ni} \leq 1 \%$$

$$30 \quad \text{Mo} \leq 1 \%$$

$$\text{Cr} \leq 3 \%$$

$$\text{Nb} \leq 0,1 \%$$

$$\text{V} \leq 0,1 \%$$

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion,

ladite portion présentant une structure constituée de ferrite, d'au plus 10 % d'austénite, et de précipités, ledit précipité comprenant des précipités eutectiques de  $TiB_2$ ,  
5 la fraction en volume de précipités de  $TiB_2$  relativement à l'ensemble de la structure de ladite portion étant d'au moins 9 %, la proportion de précipités de  $TiB_2$  présentant une superficie inférieure à  $8 \mu m^2$  représentant au moins 96 %,

24.- Partie structurelle selon la revendication 23, dans laquelle la partie structurelle  
10 est obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 21 ou 22.