



(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication :
MA 40194 B1

(43) Date de publication :
30.08.2019

(51) Cl. internationale :
**B32B 15/01; C21D 1/18;
C21D 6/00; C21D 8/02;
C23C 2/40; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06;
C23C 2/06; C21D 9/46**

(21) N° Dépôt :
40194

(22) Date de Dépôt :
03.07.2015

(30) Données de Priorité :
03.07.2014 WO PCT/IB2014/002293

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT:
PCT/IB2015/055036 03.07.2015

(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation:EP15750809.4□

(71) Demandeur(s) :
Arcelormittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)

(72) Inventeur(s) :
HELL, Jean-Christophe ; FÖJER, Gunhild ; SOLER, Michel

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE TÔLE D'ACIER À HAUTE RÉSISTANCE AVEC FORMABILITÉ ET DUCTILITÉ AMÉLIORÉES ET LA TÔLE OBTENUE**

(57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une tôle à haute résistance mécanique présentant une aptitude au formage et à la ductilité améliorée, qui correspond à la composition chimique de l'acier, en pourcentage pondéral: 0,25%

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour fabriquer une tôle d'acier haute résistance ayant des caractéristiques améliorées d'usinabilité et de ductilité, conformément auquel la composition chimique de l'acier contient, en pourcentages en poids :

$$0,25 \% < C \leq 0,4 \%$$

$$2,3 \% \leq Mn \leq 3,5 \%$$

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

$$Al \leq 0,040 \%$$

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- laminage à chaud d'une tôle faite en ledit acier pour que soit obtenue une tôle d'acier laminée à chaud,

- recuit en discontinu de ladite tôle d'acier laminée à chaud entre 400°C et 700°C pendant un temps compris entre 300 secondes et 10 heures,

- laminage à froid de ladite tôle d'acier laminée à chaud et recuite en discontinu pour que soit obtenue une tôle d'acier laminée à froid,

- recuit de ladite tôle d'acier laminée à froid par immersion de celle-ci à une température de recuit AT supérieure au point de transformation de l'acier $Ac_3 + 20^\circ C$ et inférieure à 1100°C,

- trempe de la tôle par refroidissement de celle-ci jusqu'à une température de trempe QT comprise entre $M_s - 65^\circ C$ et $M_s - 115^\circ C$ de l'acier, afin que soit obtenue une structure finale contenant au moins 65 % de martensite et au moins 15 % d'austénite résiduelle, la somme de la ferrite et de la bainite étant inférieure à 10 %, M_s étant le point de transformation M_s de l'acier conformément à la formule d'Andrews, selon laquelle $M_s = 539 - 423 \times C - 30,4 \times Mn - 12,1 \times Cr - 7,5 \times Mo - 7,5 \times Si$,

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de survieillessement PT comprise entre 360°C et 500°C et maintien de celle-ci à ladite température pendant un temps Pt compris entre 300 s et 600 s, et

- refroidissement de la tôle à la température ambiante.

2. Procédé pour fabriquer une tôle d'acier haute résistance ayant des caractéristiques améliorées d'usinabilité et de ductilité, conformément auquel la composition chimique de l'acier contient, en pourcentages en poids :

$$0,25 \% < C \leq 0,4 \%$$

$$2,3 \% \leq \overset{2}{\text{Mn}} \leq 3,5 \%$$

$$2,3 \% \leq \text{Si} \leq 3 \%$$

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

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables, le procédé comprenant les étapes
5 successives suivantes :

- laminage à chaud d'une tôle faite en ledit acier pour que soit obtenue une tôle
d'acier laminée à chaud,

- recuit en discontinu de ladite tôle d'acier laminée à chaud entre 400°C et 700°C
pendant un temps compris entre 300 secondes et 10 heures,

10 - laminage à froid de ladite tôle d'acier laminée à chaud et recuite en discontinu pour
que soit obtenue une tôle d'acier laminée à froid,

- recuit de ladite tôle d'acier laminée à froid par immersion de celle-ci à une
température de recuit AT supérieure au point de transformation de l'acier $\text{Ac}_3 + 20^\circ\text{C}$ et
inférieure à 1100°C,

15 - trempe de la tôle par refroidissement de celle-ci jusqu'à une température de trempe
QT comprise entre $\text{Ms} - 65^\circ\text{C}$ et $\text{Ms} - 115^\circ\text{C}$ de l'acier, afin que soit obtenue une structure
finale contenant au moins 65 % de martensite et au moins 15 % d'austénite résiduelle, la
somme de la ferrite et de la bainite étant inférieure à 10 %, Ms étant le point de
transformation Ms de l'acier conformément à la formule d'Andrews, selon laquelle $\text{Ms} = 539$

20 $- 423 \times \text{C} - 30,4 \times \text{Mn} - 12,1 \times \text{Cr} - 7,5 \times \text{Mo} - 7,5 \times \text{Si}$,

- chauffage de la tôle jusqu'à une température de surveillance PT comprise
entre 360°C et 500°C et maintien de celle-ci à ladite température pendant un temps Pt
compris entre 10 s et 200 s,

25 - en outre revêtement par immersion à chaud de la tôle à une température comprise
entre 450°C et 490°C, et

- refroidissement de la tôle à la température ambiante.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce
qu'il comprend en outre, entre le laminage à chaud et le recuit en discontinu, une étape de
30 bobinage de la tôle d'acier laminée à chaud.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la tôle d'acier
laminée à chaud est bobinée à une température de bobinage comprise entre 350°C et
580°C.

3

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit recuit en discontinu est effectué à une température comprise entre 525°C et 700°C, de préférence entre 550°C et 700°C, par exemple entre 550°C et 650°C.

5 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ledit recuit en discontinu est effectué pendant un temps compris entre 4 heures et 10 heures.

10 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la tôle est refroidie jusqu'à la température de trempe QT afin que soit obtenue une structure finale contenant au moins 75 % de martensite.

15 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la tôle est refroidie jusqu'à la température de trempe QT afin que soit obtenue une structure finale contenant au moins 20 % d'austénite résiduelle.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que $2,3 \% \leq \text{Si} \leq 2,5 \%$.

20 10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,25 \% < \text{C} \leq 0,35 \%$$

$$2,4 \% \leq \text{Mn} \leq 2,7 \%$$

25 11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la température de recuit AT est supérieure à 860°C et inférieure à 950°C, la température de trempe QT est comprise entre 200°C et 260°C, la température de surveillance PT est comprise entre 370°C et 430°C.

30 12. Tôle d'acier haute résistance faite en un acier dont la composition contient, en pourcentages en poids :

$$0,25 \% < \text{C} \leq 0,4 \%$$

$$2,3 \% \leq \text{Mn} \leq 3,5 \%$$

$$2,3 \% \leq \text{Si} \leq 3 \%$$

35 $\text{Al} \leq 0,040 \%$

4

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables, l'acier ayant une structure contenant plus de 65 % de martensite, plus de 15 % d'austénite résiduelle, et moins de 10 % de la somme de la ferrite et de la bainite.

5 13. Tôle d'acier haute résistance selon la revendication 12, caractérisée en ce que la structure contient au moins 75 % de martensite.

10 14. Tôle d'acier haute résistance selon l'une quelconque des revendications 12 et 13, caractérisée en ce que la structure contient au moins 20 % d'austénite résiduelle.

15 15. Tôle d'acier haute résistance selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que $2,3 \% \leq \text{Si} \leq 2,5 \%$.

20 16. Tôle d'acier haute résistance selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, caractérisée en ce que la composition chimique de l'acier est telle que :

$$0,25 \% < \text{C} \leq 0,35 \%$$

$$2,4 \% \leq \text{Mn} \leq 2,7 \%$$

25 17. Tôle d'acier haute résistance selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, caractérisée en ce que la limite d'élasticité YS est égale ou supérieure à 1050 MPa, la résistance à la traction est supérieure ou égale à 1300 MPa, l'allongement uniforme UE est supérieur ou égal à 10 %, et le taux d'expansion de trous HER est supérieur ou égal à 25 %.

30 18. Tôle d'acier haute résistance selon l'une quelconque des revendications 12 à 17, caractérisée en ce qu'au moins une face de la tôle est revêtue.