

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49613 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 6/00; C23C 2/02; C22C 38/02; C21D 9/46**
- (43) Date de publication : **30.11.2023**

-
- (21) N° Dépôt : **49613**
- (22) Date de Dépôt : **07.05.2018**
- (30) Données de Priorité : **05.05.2017 WO PCT/IB2017/052631**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/EP2018/061722 07.05.2018**
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **CHAKRABORTY, Anirban ; GHASSEMI-ARMAKI, Hassan ; VENKATASURYA, Pavan C**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation : EP 18725143.4

(54) Titre : **PROCÉDÉ POUR LA PRODUCTION D'UNE TÔLE D'ACIER À HAUTE RÉSISTANCE AYANT UNE DUCTILITÉ, UNE APTITUDE AU FORMAGE ET UNE SOUDABILITÉ ÉLEVÉES ET TÔLE D'ACIER AINSI OBTENUE**

- (57) Abrégé : L'invention concerne un procédé consistant à utiliser une feuille laminée à froid, ayant une composition contenant : 0,15 % = C = 0,23 %, 1,4 % = Mn = 2,6 %, 0,6 % = Si = 1,3 %, avec C + Si/10 = 0,30 %, 0,4 % = Al = 1,0 %, avec Al = 6 (C+Mn/10) – 2,5 %, 0,010 % = Nb = 0,035 %, 0,1 % = Mo = 0,5 %, à réaliser un recuit de la feuille à 860° C-900° C pour obtenir une structure constituée d'au moins 90 % d'austénite et d'au moins 2 % de ferrite intercritique, à tremper à une température comprise entre Ms-0 °C et Ms-60 °C à une vitesse Vc supérieure à 30 °C/s, à chauffer à une température PT comprise entre 410 °C et 470 °C pendant 60s à 130s, à revêtir la feuille par immersion à chaud, et à refroidir à température ambiante. La microstructure comprend de 45 % à 68 % de martensite, constituée de 85 % à 95 % de martensite fractionnée ayant une teneur en C de 0,45 % maximum, et de martensite fraîche ; de 0 % à 15 % d'austénite résiduelle ; de 2 % à 10 % de ferrite intercritique ; de 20 % à 30 % de bainite inférieure.

REVENDICATIONS

1.- Procédé de production d'une tôle d'acier revêtue présentant une limite d'élasticité d'au moins 800 MPa, une résistance à la traction d'au moins 1180 MPa, un allongement
5 total selon la norme ISO 6892-1 d'au moins 13 % et un taux de dilatation des trous HER selon la norme ISO 16630:2009 d'au moins 30 %,

dans lequel le procédé comprend les étapes successives suivantes :

- la fourniture d'une tôle d'acier laminée à froid, fabriquée à partir d'un acier
présentant une composition chimique contenant en % en poids :

10 $0,15 \% \leq C \leq 0,23 \%$

$1,4 \% \leq Mn \leq 2,6 \%$

$0,6\% \leq Si \leq 1,3\%$

avec $C+Si/10 \leq 0,30 \%$,

$0,4 \% \leq Al \leq 1,0\%$

15 avec $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5 \%$,

$0,010 \% \leq Nb \leq 0,035 \%$

$0,1 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$,

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

- le recuit de la tôle d'acier laminée à froid à une température de recuit T_A comprise
20 entre 860°C et 900°C, la température de recuit étant inférieure à Ac_3 , de façon à obtenir une tôle d'acier recuit dont la structure est constituée d'au moins 90 % d'austénite et d'au moins 2 % de ferrite intercritique,

- le trempage de la tôle d'acier recuite de la température de recuit T_A jusqu'à une
température de trempe QT comprise entre $M_s-10^\circ C$ et $M_s-60^\circ C$ à une vitesse moyenne de
25 refroidissement V_c supérieure à 30°C/s, pour obtenir une tôle trempée,

- le chauffage de la feuille trempée de la température de trempe QT à une
température de séparation PT comprise entre 410°C et 470°C, et le maintien de la feuille à
la température de séparation PT pendant une durée de séparation P_t comprise entre 60s
et 130s,

30 - le revêtement à chaud de la tôle d'acier dans un bain,

- le refroidissement de la tôle d'acier jusqu'à la température ambiante, pour obtenir
une tôle d'acier revêtue présentant une microstructure comprenant, en fraction de surface :

- entre 45 % et 68 % de martensite, la martensite étant constituée de martensite
cloisonnée et de martensite fraîche, entre 85 % et 95 % de la martensite étant de la

35 martensite cloisonnée, ladite martensite cloisonnée ayant une teneur en C d'au plus
0,45 %,

- entre 10 % et 15 % d'austénite retenue,
- entre 2 % et 10 % de ferrite intercritique,
- entre 20 % et 30 % de bainite inférieure.

5 2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel la feuille trempée présente, juste avant le chauffage à la température de séparation PT, une structure composée, en fraction de surface, de ce qui suit :

- entre 2 % et 10 % de ferrite intercritique,
- au moins 10 % d'austénite conservée,

10 - au moins 38 % de martensite, et
- au moins 15 % de bainite inférieure
- au maximum 5 % de ferrite de transformation.

15 3.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel l'étape consistant à fournir la feuille d'acier laminée à froid comprend :

- le laminage à chaud d'un demi-produit fabriqué à partir de cet acier 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_c comprise entre 400°C et 750°C,

20 - la réalisation d'un recuit par lots à une température THBA comprise entre 500°C et 700°C pendant une durée comprise entre 2 et 6 jours,

- le laminage à froid de la tôle d'acier laminée à chaud de manière à obtenir ladite tôle d'acier laminée à froid.

25 4.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid est maintenue à la température de recuit T_A pendant une durée de recuit t_A comprise entre 80 s et 180 s.

30 5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la température de recuit T_A est d'au plus 880°C, de façon à obtenir lors du recuit une tôle d'acier recuite présentant une structure constituée d'au moins 90 % d'austénite et de plus de 5 % de ferrite intercritique, et dans lequel la microstructure de la tôle d'acier revêtue comprend plus de 5 % de ferrite intercritique.

35 6.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la vitesse moyenne de refroidissement V_c entre la température de recuit T_A et la température de trempe QT est d'au moins 50°C/s, la microstructure de la tôle d'acier revêtue étant

constituée, en fraction de surface :

- entre 45 % et 68 % de martensite, la martensite étant constituée de martensite cloisonnée et de martensite fraîche, entre 85 % et 95 % de la martensite étant de la martensite cloisonnée, ladite martensite cloisonnée ayant une teneur en C d'au plus

5 0,45 %,

- entre 10 % et 15 % d'austénite retenue,

- entre 2 % et 10 % de ferrite intercritique,

- entre 20 % et 30 % de bainite inférieure.

10 la feuille d'acier revêtue présentant un allongement total d'au moins 14 %.

7.- Procédé selon la revendication 6, dans lequel la vitesse moyenne de refroidissement V_c entre la température de recuit T_A et la température de trempe Q_T est d'au moins 60°C/s, l'allongement total est d'au moins 14 % et la résistance à la traction est d'au moins 1250 MPa.

15

8.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel $0,6 \% \leq Si \leq 1,0 \%$ et $0,7 \% \leq Al \leq 1,0 \%$.

20 9.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel $0,17 \% \leq C \leq 0,21\%$.

10.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel $1,9 \% \leq Mn \leq 2,3\%$.

25

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 10, dans lequel la tôle d'acier est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn.

12.- Procédé de production d'un soudage par points par résistance d'au moins deux tôles d'acier, ledit procédé comprenant :

30

- la production d'une première tôle d'acier revêtue par un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11.

- La fourniture d'une seconde tôle d'acier produite par un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11,

35

- un soudage par points par résistance de la première tôle d'acier revêtue à ladite seconde tôle d'acier.

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

- 5
- $0,15 \% \leq C \leq 0,23 \%$
 $1,4 \% \leq Mn \leq 2,6 \%$
 $0,6\% \leq Si \leq 1,3 \%$
avec $C+Si/10 \leq 0,30 \%$
 $0,4 \% \leq Al \leq 1,0 \%$
- 10
- avec $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5 \%$,
 $0,010 \% \leq Nb \leq 0,035 \%$
 $0,1 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$,

le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables, ladite tôle d'acier revêtue présentant une microstructure comprenant, en fraction de surface :

- 15
- entre 45 % et 68 % de martensite, la martensite étant constituée de martensite cloisonnée et de martensite fraîche, entre 85 % et 95 % de la martensite étant de la martensite cloisonnée, ladite martensite cloisonnée ayant une teneur en C d'au plus 0,45 %,
- 20
- entre 10 % et 15 % d'austénite retenue,
 - entre 2 % et 10 % de ferrite intercritique,
 - entre 20 % et 30 % de bainite inférieure.

14.- Tôle d'acier revêtue selon la revendication 13, dans laquelle l'austénite retenue présente une teneur moyenne en C comprise entre 1,0 % et 1,3 %.

25

15.- Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14, dans laquelle la microstructure de la tôle d'acier revêtue comprend plus de 5 % de ferrite intercritique.

30

16.- Feuille d'acier selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, dans laquelle $0,6 \% \leq Si < 1,0 \%$ et $0,7 \% \leq Al \leq 1,0 \%$.

35

17.- Feuille d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, dans laquelle $0,17 \% \leq C \leq 0,21 \%$.

18.- Feuille d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 17, dans

laquelle $1,9 \% \leq \text{Mn} \leq 2,3 \%$.

19.- Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 18, présentant une limite d'élasticité d'au moins 800 MPa, une résistance à la traction d'au moins 1180 MPa, un allongement total selon ISO 6892-1 d'au moins 13 % et un taux d'expansion des trous selon la norme ISO 16630:2009 HER d'au moins 30 %.

20.- Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 19, dans laquelle la tôle d'acier revêtue est revêtue de Zn ou d'un alliage de Zn, le revêtement résultant d'un revêtement à une température inférieure à 480°C.

21.- Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 20, dans laquelle la microstructure est constituée, en fraction de surface :

entre 45 % et 68 % de martensite, la martensite étant constituée de martensite cloisonnée et de martensite fraîche, entre 85 % et 95 % de la martensite étant de la martensite cloisonnée, ladite martensite cloisonnée ayant une teneur en C d'au plus 0,45 %,

- entre 10 % et 15 % d'austénite retenue,
- entre 2 % et 10 % de ferrite intercritique,
- entre 20 % et 30 % de bainite inférieure
- au maximum 5 % de ferrite de transformation.

22.- Tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 21, dans laquelle la microstructure est constituée, en fraction de surface :

entre 45 % et 68 % de martensite, la martensite étant constituée de martensite cloisonnée et de martensite fraîche, entre 85 % et 95 % de la martensite étant de la martensite cloisonnée, ladite martensite cloisonnée ayant une teneur en C d'au plus 0,45 %,

- entre 10 % et 15 % d'austénite retenue,
- entre 2 % et 10 % de ferrite intercritique,
- entre 20 % et 30 % de bainite inférieure.

23.- Structure soudée comprenant au moins dix soudures par points par résistance d'une première tôle d'acier et d'une seconde tôle d'acier, dans laquelle la première tôle d'acier est une tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 22, et

la seconde tôle d'acier est une tôle d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 22, et dans laquelle le nombre moyen de fissures par soudure par points par résistance est inférieur à 6.

- 5 24.- Structure soudée selon la revendication 23, dans laquelle la structure soudée est une structure soudée de deux tôles, constituée de la première tôle d'acier et de la seconde tôle d'acier, et le nombre moyen de fissures d'une profondeur supérieure à 100 microns dans les au moins dix soudures par points par résistance est inférieur à 0,1.
- 10 25.- Utilisation d'une tôle d'acier revêtue produite selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou d'une feuille d'acier revêtue selon l'une quelconque des revendications 13 à 22, pour la fabrication de pièces structurelles dans des véhicules automobiles.
- 15 26.- Utilisation d'une soudure par points par résistance selon la revendication 12, ou d'une structure soudée selon l'une quelconque des revendications 23 à 24, pour la fabrication de pièces structurelles de véhicules à moteur.