

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49658 B1**
- (43) Date de publication : **31.08.2021**
- (51) Cl. internationale :
**B21D 22/02; C23C 2/40;
B32B 15/01; C21D 8/02;
C22C 18/04; C22C 21/02;
C22C 21/10; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06;
C22C 38/44; C22C 38/48;
C22C 38/50; C22C 38/54;
C22C 38/58; C23C 2/02;
C23C 2/06; C23C 2/12;
C23C 2/26; B23K 103/04**

-
- (21) N° Dépôt : **49658**
- (22) Date de Dépôt : **23.11.2017**
- (30) Données de Priorité :
24.11.2016 WO PCT/IB2016/057100
- (71) Demandeur(s) :
ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)
- (72) Inventeur(s) :
BEAUVAIS, Martin ; HENRION, Thomas ; JACOLOT, Ronan
- (74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP19217807.7**
-
- (54) Titre : **FEUILLE D'ACIER LAMINÉE À CHAUD ET REVÊTUE POUR FORMAGE À CHAUD, PIÈCE D'ACIER FORMÉE À CHAUD ET REVÊTUE ET LEURS PROCÉDÉS DE FABRICATION**
- (57) Abrégé : Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue ayant une épaisseur comprise entre 1,8 mm et 5 mm, comprenant la fourniture d'un semi-produit ayant une composition comprenant : 0,38 % = C = 0,43 %, 0,05 % = Mn = 0,40 %, 0,10 % = Si 0,70%, 0,015% = Al = 0,070%, 0,001% = Cr = 2%, 0,25% = Ni = 2%, 0,015% = Ti = 0,1%, 0% = Nb = 0,06%, 0,0005 % = B = 0,010%, 0,003% = N 0,010%, 0,0001 % = S 0,005%, 0,0001 % = P = 0,025 %, les teneurs en titane et en azote satisfaisant à la relation suivante : $Ti/N > 3,42$, le carbone, le manganèse, teneurs en chrome et silicium satisfaisant à la relation suivante : $2,6C + Mn/5,3 + Cr/13 + Si/15 > 1,1$, et comprenant éventuellement l'un parmi plusieurs des éléments suivants : 0,05 % = Mo = 0,65 % 25 0,001 % = W = 0,30 % 0,0005 % Ca = 0,005 %, laminage à chaud du semi-produit en acier avec une

température finale de laminage FRT comprise entre 840°C et 1000°C, de manière à obtenir un produit en acier laminé à chaud ayant une épaisseur comprise entre 1,8 mm et 5 mm, puis refroidissement jusqu'à un enroulement température Tbobine satisfaisant $450^{\circ}\text{C} = T_{\text{bobine}} = 495^{\circ}\text{C}$, décapage et revêtement du substrat d'acier laminé à chaud avec Al ou un alliage d'Al par trempage à chaud continu dans un bain, pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue comprenant un -une tôle d'acier laminée et un revêtement en Al ou en alliage d'Al, ayant une épaisseur comprise entre 10 et 33 μm , de chaque côté de la tôle d'acier laminée à chaud.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue ayant une épaisseur comprise entre 1,8 mm et 5 mm, ledit procédé comprenant :

5 - la fourniture d'un semi-produit d'acier ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

$$0,38 \% \leq C \leq 0,43 \% \text{ et } 0,05 \% \leq Mn \leq 0,40 \%$$

$$0,10 \% \leq Si \leq 0,70 \%$$

$$0,015 \% \leq Al \leq 0,070 \%$$

10 $0,001 \% \leq Cr \leq 2 \%$

$$0,25 \% \leq Ni < 2 \%$$

$$0,015 \% \leq Ti \leq 0,1 \%$$

$$0 \% \leq Nb \leq 0,06 \%$$

$$0,0005 \% \leq B \leq 0,0040 \%$$

15 $0,003 \% \leq N \leq 0,010 \%$

$$0,0001 \% \leq S \leq 0,005 \%$$

$$0,0001 \% \leq P \leq 0,025 \%,$$

les teneurs en titane et azote satisfaisant à la relation suivante :

$$Ti/N > 3,42,$$

20 les teneurs en carbone, manganèse, chrome et silicium satisfaisant à la relation suivante :

$$2.6C + \frac{Mn}{5.3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1.1\%,$$

la composition chimique comprenant éventuellement un de plusieurs des éléments suivants :

$$0,05 \% \leq Mo \leq 0,65 \%$$

25 $0,001 \% \leq W \leq 0,30 \%$

$$0,0005 \% \leq Ca \leq 0,005 \%,$$

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

30 - le laminage à chaud du semi-produit d'acier avec une température finale de laminage FRT comprise entre 840 °C et 1000 °C, de manière à obtenir un produit d'acier laminé à chaud ayant une épaisseur comprise entre 1,8 mm et 5 mm, puis

- le refroidissement du produit d'acier laminé à chaud jusqu'à une température de bobinage T_{bob} et le bobinage du produit d'acier laminé à chaud à ladite température de bobinage T_{bob} pour obtenir un substrat d'acier laminé à chaud, la température de bobinage

35 T_{bob} satisfaisant à :

$$450 \text{ °C} \leq T_{bob} \leq 495 \text{ °C},$$

- le décapage du substrat d'acier laminé à chaud,
- le revêtement du substrat d'acier laminé à chaud avec de l'Al ou un alliage d'Al par immersion à chaud continue dans un bain, afin d'obtenir une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue comprenant une tôle d'acier laminée à chaud et un revêtement d'Al ou d'alliage d'Al ayant une épaisseur comprise entre 10 et 33 μm de chaque côté de la tôle d'acier laminée à chaud.

2. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon la revendication 1, dans lequel après décapage et avant revêtement, le pourcentage surfacique de vides dans la zone superficielle du substrat d'acier laminé à chaud est inférieur à 30 %, la zone superficielle étant définie comme la région s'étendant du point supérieur de la surface du substrat d'acier laminé à chaud jusqu'à une profondeur, depuis ce point supérieur, de 15 μm , le pourcentage surfacique de vides étant le rapport entre la surface totale des zones qui ne sont pas en acier et la surface totale de la zone superficielle, multiplié par 100, déterminé comme la moyenne de cinq valeurs obtenues sur cinq sections transversales distinctes.

3. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel la tôle d'acier laminée à chaud a une profondeur d'oxydation intergranulaire inférieure à 4 μm ,

la profondeur d'oxydation intergranulaire étant définie comme l'épaisseur de la zone de la tôle d'acier laminée à chaud, depuis la surface de la tôle d'acier laminée à chaud vers l'intérieur de la tôle d'acier laminée à chaud, dans une direction orthogonale à sa surface, dans laquelle l'oxydation intergranulaire est observée,

l'oxydation intergranulaire étant observée avec un microscope optique avec un grossissement x1000, sur cinq sections transversales différentes, chaque section transversale ayant une longueur l_{ref} de 150 μm , d'un échantillon prélevé à partir du cœur et de la région axiale de la bobine, de sorte que sur chaque section transversale, la profondeur maximale de l'oxydation intergranulaire soit mesurée, la profondeur de l'oxydation intergranulaire étant déterminée comme la moyenne des cinq valeurs obtenues.

4. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le bain contient, en pourcentage en poids, de 8 % à 11 % de silicium et de 2 % à 4 % de fer, le reste étant de l'aluminium ou un alliage d'aluminium et des impuretés inhérentes au traitement.

5. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le bain contient, en pourcentage en poids, de 2,0 % à 24,0 % de zinc, de 7,1 % à 12,0 % de silicium, éventuellement de 1,1 % à 8,0 % de magnésium, et éventuellement des éléments supplémentaires choisis parmi Pb, Ni, Zr ou Hf, la teneur en chaque élément supplémentaire étant inférieure à 0,3 %, le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables et des éléments résiduels, le rapport Al/Zn étant supérieur à 2,9.

6. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le bain contient, en pourcentage en poids, de 4,0 % à 20,0 % de zinc, de 1 % à 3,5 % de silicium, éventuellement de 1,0 % à 4,0 % de magnésium, et éventuellement des éléments supplémentaires choisis parmi Pb, Ni, Zr ou Hf, la teneur en chaque élément supplémentaire étant inférieure à 0,3 %, le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables et des éléments résiduels, le rapport Zn/Si étant compris entre 3,2 et 8,0.

7. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel le bain contient, en pourcentage en poids, de 2,0 % à 24,0 % de zinc, de 1,1 % à 7,0 % de silicium, éventuellement de 1,1 % à 8,0 % de magnésium lorsque la quantité de silicium est comprise entre 1,1 et 4,0 %, et éventuellement d'éléments supplémentaires choisis parmi Pb, Ni, Zr ou Hf, la teneur en chaque élément supplémentaire étant inférieure à 0,3 %, le reste étant de l'aluminium et des impuretés inévitables et des éléments résiduels, le rapport Al/Zn étant supérieur à 2,9.

8. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant en outre, après le revêtement de la tôle d'acier laminée à chaud avec de l'Al ou un alliage d'Al, une étape de dépôt d'un revêtement de Zn sur le revêtement d'Al ou d'alliage d'Al par le biais d'une cémentation, par le biais d'un dépôt électrolytique ou par le biais d'un dépôt de vapeur par jet sonore, le revêtement de Zn ayant une épaisseur inférieure ou égale à 1,1 μm .

9. Tôle d'acier laminée à chaud et revêtue comprenant :
- une tôle d'acier laminée à chaud ayant une épaisseur comprise entre 1,8 mm et 5 mm, dont la composition comprend, en pourcentage en poids :

$0,38 \% \leq C \leq 0,43 \%$ et $0,05 \% \leq \text{Mn} \leq 0,40 \%$
 $0,10 \% \leq \text{Si} \leq 0,70 \%$
 $0,015 \% \leq \text{Al} \leq 0,070 \%$

4

$$0,001 \% \leq \text{Cr} \leq 2 \%$$

$$0,25 \% \leq \text{Ni} < 2 \%$$

$$0,015 \% \leq \text{Ti} \leq 0,1 \%$$

$$0 \% \leq \text{Nb} \leq 0,06 \%$$

5 $0,0005 \% \leq \text{B} \leq 0,0040 \%$

$$0,003 \% \leq \text{N} \leq 0,010 \%$$

$$0,0001 \% \leq \text{S} \leq 0,005 \%$$

$$0,0001 \% \leq \text{P} \leq 0,025 \%,$$

les teneurs en titane et azote satisfaisant à la relation suivante :

10 $\text{Ti}/\text{N} > 3,42,$

les teneurs en carbone, manganèse, chrome et silicium satisfaisant à la relation suivante :

$$2.6\text{C} + \frac{\text{Mn}}{5.3} + \frac{\text{Cr}}{13} + \frac{\text{Si}}{15} \geq 1.1\%,$$

la composition chimique comprenant éventuellement un de plusieurs des éléments suivants :

15 $0,05 \% \leq \text{Mo} \leq 0,65 \%$

$$0,001 \% \leq \text{W} \leq 0,30 \%$$

$$0,0005 \% \leq \text{Ca} \leq 0,005 \%,$$

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés inévitables résultant de la fusion, ladite tôle d'acier laminée à chaud et revêtue ayant une profondeur d'oxydation intergranulaire inférieure à 4 μm ,

20

la profondeur d'oxydation intergranulaire étant définie comme l'épaisseur de la zone de la tôle d'acier laminée à chaud, depuis la surface de la tôle d'acier laminée à chaud vers l'intérieur de la tôle d'acier laminée à chaud, dans une direction orthogonale à sa surface, dans laquelle l'oxydation intergranulaire est observée,

25 l'oxydation intergranulaire étant observée avec un microscope optique avec un grossissement x1000, sur cinq sections transversales différentes, chaque section transversale ayant une longueur l_{ref} de 150 μm , d'un échantillon prélevé à partir du cœur et de la région axiale de la bobine, de sorte que sur chaque section transversale, la profondeur maximale de l'oxydation intergranulaire soit mesurée, la profondeur de

30 l'oxydation intergranulaire étant déterminée comme la moyenne des cinq valeurs obtenues,

- un revêtement d'Al ou d'alliage d'Al, ayant une épaisseur comprise entre 10 et 33 μm sur chaque côté de la tôle d'acier laminée à chaud.

10. Tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon la revendication 9, dans laquelle le revêtement comprend une couche intermétallique ayant une épaisseur inférieure ou égale à 15 μm .

5 11. Tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, dans laquelle la tôle d'acier laminée à chaud et revêtue comprend en outre, sur chaque côté, un revêtement de Zn ayant une épaisseur inférieure ou égale 1,1 μm .

10 12. Procédé de fabrication d'une pièce en acier revêtue estampée à chaud, comprenant les étapes de :

- utilisation d'une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue selon l'une quelconque des revendications 9 à 11 ou mise en œuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, pour obtenir ainsi une tôle d'acier laminée à chaud et revêtue,

15 - découpage de la tôle d'acier laminée à chaud et revêtue pour obtenir une ébauche,
- chauffage de l'ébauche dans un four à une température T_c pour obtenir une ébauche chauffée,

- transfert de l'ébauche chauffée dans un outil et estampage à chaud de l'ébauche chauffée dans l'outil, pour obtenir ainsi une ébauche estampée à chaud,

20 - refroidissement de l'ébauche estampée à chaud à une température inférieure à 400 °C pour obtenir une pièce en acier revêtue estampée à chaud.

13. Procédé de fabrication d'une pièce en acier revêtue estampée à chaud selon la revendication 12, dans lequel, après le découpage de la tôle d'acier laminée à chaud et revêtue pour obtenir l'ébauche et avant le chauffage de l'ébauche à la température T_c , l'ébauche est soudée à une autre ébauche en acier ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

$$0,04 \% \leq C \leq 0,38 \%$$

$$0,40 \% \leq \text{Mn} \leq 3 \%$$

30 $0,005 \% \leq \text{Si} \leq 0,70 \%$

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

$$0,001 \% \leq \text{Cr} \leq 2 \%$$

$$0,001 \% \leq \text{Ni} < 0,1 \%$$

$$0,001 \% \leq \text{Ti} \leq 0,2 \%$$

35 $\text{Nb} \leq 0,1 \%$

$$\text{B} \leq 0,010 \%$$

$$0,0005 \% \leq \text{N} \leq 0,010 \%$$

$$0,0001 \% \leq S \leq 0,05 \%$$

$$0,0001 \% \leq P \leq 0,1 \%$$

$$Mo \leq 0,65 \%$$

$$W \leq 0,30 \%$$

$$5 \quad Ca \leq 0,006 \%$$

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

14. Procédé de fabrication d'une pièce en acier revêtue estampée à chaud selon la revendication 12, dans lequel, après le découpage de la tôle d'acier laminée à chaud et revêtue pour obtenir l'ébauche et avant le chauffage de l'ébauche à la température T_c , l'ébauche est soudée à une autre ébauche en acier ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

$$\text{soit } 0,24 \% \leq C \leq 0,38 \% \text{ et } 0,40 \% \leq Mn \leq 3 \%$$

$$15 \quad \text{soit } 0,38 \% \leq C \leq 0,43 \% \text{ et } 0,05 \% \leq Mn \leq 0,40 \%$$

$$0,10 \% \leq Si \leq 0,70 \%$$

$$0,015 \% \leq Al \leq 0,070 \%$$

$$0,001 \% \leq Cr \leq 2 \%$$

$$0,25 \% \leq Ni < 2 \%$$

$$20 \quad 0,015 \% \leq Ti \leq 0,1 \%$$

$$0 \% \leq Nb \leq 0,06 \%$$

$$0,0005 \% \leq B \leq 0,0040 \%$$

$$0,003 \% \leq N \leq 0,010 \%$$

$$0,0001 \% \leq S \leq 0,005 \%$$

$$25 \quad 0,0001 \% \leq P \leq 0,025 \%,$$

les teneurs en titane et azote satisfaisant à la relation suivante :

$$Ti/N > 3,42,$$

les teneurs en carbone, manganèse, chrome et silicium satisfaisant à la relation suivante :

$$2.6C + \frac{Mn}{5.3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1.1\%,$$

30 la composition chimique comprenant éventuellement un de plusieurs des éléments suivants :

$$0,05 \% \leq Mo \leq 0,65 \%$$

$$0,001 \% \leq W \leq 0,30 \%$$

$$0,0005 \% \leq Ca \leq 0,005 \%,$$

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

15. Pièce en acier revêtue estampée à chaud, comprenant au moins une partie ayant une épaisseur comprise entre 1,8 mm et 5 mm, ladite pièce en acier revêtue estampée à chaud comprenant un revêtement d'Al ou d'alliage d'Al, le revêtement ayant un pourcentage surfacique de porosités inférieur ou égal à 3 %, ladite partie étant en un acier

5 ayant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

$$0,38 \% \leq C \leq 0,43 \% \text{ et } 0,05 \% \leq Mn \leq 0,40 \%$$

$$0,10 \% \leq Si \leq 0,70 \%$$

$$0,015 \% \leq Al \leq 0,070 \%$$

10 $0,001 \% \leq Cr \leq 2 \%$

$$0,25 \% \leq Ni < 2 \%$$

$$0,015 \% \leq Ti \leq 0,1 \%$$

$$0 \% \leq Nb \leq 0,06 \%$$

$$0,0005 \% \leq B \leq 0,0040 \%$$

15 $0,003 \% \leq N \leq 0,010 \%$

$$0,0001 \% \leq S \leq 0,005 \%$$

$$0,0001 \% \leq P \leq 0,025 \%,$$

les teneurs en titane et azote satisfaisant à la relation suivante :

$$Ti/N > 3,42,$$

20 les teneurs en carbone, manganèse, chrome et silicium satisfaisant à la relation suivante :

$$2.6C + \frac{Mn}{5.3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1.1\%,$$

la composition chimique comprenant éventuellement un de plusieurs des éléments suivants :

$$0,05 \% \leq Mo \leq 0,65 \%$$

25 $0,001 \% \leq W \leq 0,30 \%$

$$0,0005 \% \leq Ca \leq 0,005 \%,$$

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

le pourcentage surfacique de porosités dans le revêtement étant déterminé en observant cinq sections transversales différentes d'un échantillon au microscope optique, avec un grossissement x1000, chaque section transversale ayant une longueur lref de 150 m,

le pourcentage surfacique de porosités dans le revêtement d'une section transversale considérée étant calculé comme le rapport entre la surface occupée par les porosités et la surface totale occupée par le revêtement, multiplié par 100,

35

le pourcentage surfacique de porosités dans le revêtement étant déterminé comme la moyenne des cinq valeurs ainsi obtenues.

- 5 16. Utilisation d'une pièce en acier revêtue estampée à chaud selon la revendication 15 ou produite par un procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14 pour la fabrication d'un châssis ou de pièces de carrosserie brute ou de bras de suspension pour véhicules automobiles.