

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 47702 B1**
- (43) Date de publication : **29.07.2021**
- (51) Cl. internationale :  
**B21D 22/02; C22C 38/54;  
C21D 1/673; C21D 6/00;  
C21D 8/02; C21D 9/46;  
C22C 21/02; C22C 38/02;  
C22C 38/06; C22C 38/22;  
C22C 38/26; C22C 38/28;  
C22C 38/32; C22C 38/38;  
C22C 38/44; C22C 38/46;  
C22C 38/48; C22C 38/50;  
B32B 15/01**

- 
- (21) N° Dépôt : **47702**
- (22) Date de Dépôt : **10.06.2016**
- (30) Données de Priorité : **09.07.2015 WO PCT/IB2015/001156**
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **DRILLET, Pascal ; POIRIER, Maria ; SARKAR, Sujay**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP19194164.0**
- 
- (54) Titre : **ACIER POUR UNE TREMPÉ À LA PRESSE ET PIÈCE TREMPÉE À LA PRESSE FABRIQUÉE À PARTIR D'UN TEL ACIER**
- (57) Abrégé : Pièce en acier trempé sous pression dans laquelle la composition chimique de l'acier comprend, en poids: 0,062% = C = 0,095%, 1,4% = Mn = 1,9%, 0,2% = Si = 0,5%, 0,020% = Al = 0,070%, 0,02 % = Cr = 0,1%, où: 1,5% = (C + Mn + Si + Cr) = 2,7%, 0,040% = Nb = 0,060%, 3,4 x N = Ti = 8 x N où: 0,044% = (Nb + Ti) = 0,090%, 0,0005 = B = 0,004%, 0,001% = N = 0,009%, 0,0005% = S = 0,003%, 0,001% = P = 0,020%, facultativement: 0,0001% = Ca = 0,003%, le reste étant Fe et impuretés incontournables, et dont la microstructure comprend, dans la majorité de la pièce, en fractions de surface: moins de 40% de bainite, moins de 5% d'austénite, moins de 5% de ferrite, le reste étant de la martensite, ledit martensite constituée de martensite fraîche et de martensite auto-trempée.

1  
REVENDICATIONS

1. Pièce en acier trempée à la presse, dans laquelle la composition chimique de l'acier comprend, en poids :

- 5  $0,062 \% \leq C \leq 0,095 \%$   
 $1,4 \% \leq Mn \leq 1,9 \%$   
 $0,2 \% \leq Si \leq 0,5 \%$   
 $0,020 \% \leq Al \leq 0,070 \%$   
 $0,02 \% \leq Cr \leq 0,1 \%$
- 10 où :  $1,5 \% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7 \%$   
 $0,040 \% \leq Nb \leq 0,060 \%$   
 $3,4 \times N \leq Ti \leq 7 \times N$   
où :  $0,044 \% \leq (Nb + Ti) \leq 0,090 \%$   
 $0,0002 \% \leq B \leq 0,004 \%$
- 15  $0,001 \% \leq N \leq 0,009 \%$   
 $0,0005 \% \leq S \leq 0,003 \%$   
 $0,001 \% \leq P \leq 0,020 \%$   
éventuellement :  $0,0001 \% \leq Ca \leq 0,003 \%$ ,

le reste étant du Fe et des impuretés inévitables,

20 et dans laquelle la microstructure comprend, dans la majorité de ladite pièce, en fractions de surface : moins de 40 % de bainite, moins de 5 % d'austénite, moins de 5 % de ferrite, le reste étant de la martensite, ladite martensite consistant en martensite fraîche et en martensite auto-trempée.

25 2. Pièce en acier trempée à la presse selon la revendication 1, dans laquelle  $1,7 \% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,3 \%$ .

3. Pièce en acier trempée à la presse selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle  $0,065 \% \leq C \leq 0,095 \%$ .

30

4. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la microstructure comprend au moins 5 %, en fraction de surface, de martensite auto-trempée.

35 5. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des

revendications 1 à 4, dans laquelle la somme des fractions de surface de martensite fraîche et de martensite auto-trempée est comprise entre 65 et 100 %.

5 6. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la taille moyenne des nitrures de titane est inférieure à 2 micromètres dans les zones extérieures comprises entre un quart de l'épaisseur de la pièce et la surface la plus proche de la pièce.

10 7. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la longueur moyenne des sulfures est inférieure à 120 micromètres dans les zones extérieures comprises entre un quart de l'épaisseur de la pièce et la surface la plus proche de la pièce.

15 8. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant au moins une zone déformée à chaud (A) avec une quantité de déformation  $\bar{\varepsilon}_c$  supérieure à 0,15, et au moins une zone (B) ayant subi le même cycle de refroidissement lors du trempage à la presse que la zone (A), dans laquelle la quantité de déformation  $\bar{\varepsilon}_c$  est inférieure à 0,05.

20 9. Pièce en acier trempée à la presse selon la revendication 8, dans laquelle la différence de dureté entre ladite au moins une zone (B) et ladite au moins une zone déformée à chaud (A) est supérieure à 20 HV.

25 10. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, dans laquelle la largeur de latte moyenne de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone déformée à chaud (A) est réduite de plus de 50 % en comparaison avec la largeur de latte de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone (B).

30 11. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans laquelle la largeur de latte moyenne de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone déformée à chaud (A) est inférieure à 1  $\mu\text{m}$ .

35 12. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des

revendications 8 à 11, dans laquelle la largeur de latte moyenne de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone (B) est comprise entre 1 et 2,5  $\mu\text{m}$ .

5 13. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, laquelle pièce est revêtue d'un revêtement métallique.

14. Pièce en acier trempée à la presse selon la revendication 13, dans laquelle ledit revêtement métallique est un alliage à base de zinc, ou un alliage de zinc.

10 15. Pièce en acier trempée à la presse selon la revendication 13, dans laquelle ledit revêtement métallique est un alliage à base d'aluminium, ou un alliage d'aluminium.

15 16. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans laquelle la limite d'élasticité est comprise entre 700 et 950 MPa, la contrainte de traction TS est comprise entre 950 et 1200 MPa, et l'angle de flexion est supérieur à 75°.

20 17. Pièce en acier trempée à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, laquelle pièce en acier trempé à la presse a une épaisseur variable.

18. Pièce en acier trempée à la presse selon la revendication 17, dans laquelle ladite épaisseur variable est produite par un procédé de laminage flexible continu.

25 19. Pièce en acier soudée au laser trempée à la presse, dans laquelle au moins une première pièce en acier de la soudure est une pièce selon la revendication 15, soudée avec au moins une deuxième pièce en acier, dont la composition contient de 0,065 à 0,38 % en poids de carbone, et dans laquelle le métal de soudure entre au moins une première pièce en acier et ladite au moins une deuxième pièce en acier a une teneur en aluminium inférieure à 0,3 % en poids, et dans laquelle l'au moins une première pièce en acier, l'au  
30 moins une deuxième pièce en acier, et ledit métal de soudure, sont trempés à la presse dans la même opération.

20. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempée à la presse, comprenant les étapes successives suivantes :

35 - obtention d'un demi-produit en acier dont la composition est selon l'une quelconque des

revendications 1 à 3, puis

- laminage à chaud de ce demi-produit pour que soit obtenu une tôle d'acier laminée à chaud, puis

5 - bobinage de ladite tôle d'acier laminée à chaud à une température de bobinage  $T_c$  comprise entre  $550^{\circ}\text{C}$  et  $M_s$ ,  $M_s$  étant la température de début de transformation martensitique de ladite tôle d'acier, de façon que soit obtenue une tôle d'acier bobinée, puis

- éventuellement laminage à froid de ladite tôle d'acier bobinée, puis

10 - recuit de la tôle d'acier à une température de recuit  $T_a$  afin que soient obtenus moins de 10 % de fraction de zone non recristallisée, de façon que soit obtenue une tôle d'acier recuite, puis

- découpage de la tôle d'acier recuite sous une forme prédéterminée, de façon que soit obtenue une ébauche, puis

15 - chauffage de ladite ébauche et maintien de ladite ébauche à une température  $T_m$  comprise entre  $890$  et  $950^{\circ}\text{C}$ , le temps de maintien  $D_m$  à ladite température étant compris entre 1 et 10 minutes, de façon que soit obtenue une ébauche chauffée, puis

- transfert de ladite ébauche chauffée dans une presse de formage, la durée du transfert  $D_t$  étant inférieure à 10 secondes, puis

- formage à chaud de ladite ébauche chauffée dans ladite presse de formage de façon que soit obtenue une pièce façonnée, puis

20 - refroidissement de ladite pièce façonnée à une vitesse de refroidissement  $CR_1$  comprise entre  $40$  et  $360^{\circ}\text{C/s}$  dans la plage de température comprise entre  $750$  et  $450^{\circ}\text{C}$ , et à une vitesse de refroidissement  $CR_2$  comprise entre  $15$  et  $150^{\circ}\text{C/S}$  dans la plage de température comprise entre  $450^{\circ}\text{C}$  et  $250^{\circ}\text{C}$ , où  $CR_2 < CR_1$ .

25 21. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon la revendication 20, dans lequel ladite tôle laminée à froid est laminée à froid avec un rapport de laminage compris entre 50 et 80 %.

30 22. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 et 21, dans lequel ladite température de recuit  $T_a$  est comprise entre  $800$  et  $850^{\circ}\text{C}$ .

35 23. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 22, dans lequel ladite température de recuit  $T_a$  est comprise entre  $800$  et  $835^{\circ}\text{C}$ .

24. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 23, dans lequel ladite ébauche est formée à froid avant le chauffage de ladite ébauche à ladite température  $T_m$ .

5

25. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 24, dans lequel ledit formage à chaud est effectué avec une quantité de déformation  $\bar{\varepsilon}_c$  supérieure à 0,15 dans au moins une zone déformée à chaud de la pièce.

10

26. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 25, dans lequel ladite tôle d'acier recuite est pré-revêtue d'un pré-revêtement métallique, avant découpage de ladite ébauche d'acier recuite sous une forme prédéterminée.

15

27. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon la revendication 26, dans lequel ledit pré-revêtement métallique est du zinc, ou un alliage à base de zinc, ou un alliage de zinc.

20

28. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon la revendication 26, dans lequel ledit pré-revêtement métallique est de l'aluminium, ou un alliage à base d'aluminium, ou un alliage d'aluminium.

25

29. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon la revendication 26, dans lequel ladite tôle pré-revêtue est pré-revêtue avec au moins une couche intermétallique contenant de l'Al et du fer, et éventuellement du silicium, et dans lequel ledit pré-revêtement ne contient ni Al libre, ni phase  $\tau_5$  du type  $Fe_3Si_2Al_{12}$ , ni phase  $\tau_6$  du type  $Fe_2Si_2Al_9$ .

30

30. Procédé pour fabriquer une pièce en acier trempé à la presse selon la revendication 26, dans lequel ledit pré-revêtement métallique comprend une couche d'aluminium ou d'un alliage à base d'aluminium ou d'un alliage d'aluminium, revêtue par une couche de zinc ou d'un alliage à base de zinc ou d'un alliage de zinc.

35

31. Procédé pour fabriquer une pièce en acier soudée au laser trempée à la

presse, comprenant les étapes successives suivantes :

- obtention d'au moins une première tôle d'acier dont la composition est selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, pré-revêtue d'un pré-revêtement métallique en aluminium, ou en alliage à base d'aluminium, ou en alliage d'aluminium, puis
- 5 - obtention d'au moins une deuxième tôle d'acier dont la composition contient de 0,065 à 0,38 % en poids de carbone, pré-revêtue d'un pré-revêtement métallique en aluminium, ou en alliage à base d'aluminium, ou en alliage d'aluminium, puis
- retrait d'une partie de l'épaisseur du pré-revêtement en aluminium au niveau des côtés supérieur et inférieur le long d'un côté de la périphérie de l'au moins une première tôle
- 10 d'acier et de l'au moins une deuxième tôle d'acier, puis,
- création d'une ébauche soudée par soudage au laser de l'au moins une première tôle d'acier et de l'au moins une deuxième tôle d'acier, de façon que la teneur en aluminium du métal soudé soit inférieure à 0,3 % en poids, le soudage au laser étant effectué le long de la périphérie où une partie du pré-revêtement en aluminium a été retirée,
- 15 - chauffage de ladite ébauche soudée et maintien de ladite ébauche soudée à une température  $T_m$  comprise entre 890 et 950°C, le temps de maintien  $D_m$  à ladite température étant compris entre 1 et 10 minutes, de façon que soit obtenue une ébauche soudée chauffée, puis
- transfert de ladite ébauche soudée chauffée dans une presse de formage, la durée du
- 20 transfert  $D_t$  étant inférieure à 10 secondes, puis
- formage à chaud de ladite ébauche soudée chauffée dans ladite presse de formage de façon que soit obtenue une pièce façonnée soudée, puis
- refroidissement de ladite pièce façonnée soudée à une vitesse de refroidissement  $CR_1$  comprise entre 40 et 360°C/s dans la plage de température comprise entre 750 et 450°C,
- 25 et à une vitesse de refroidissement  $CR_2$  comprise entre 15 et 150°C/S dans la plage de température comprise entre 450°C et 250°C, où  $CR_2 < CR_1$ .

32. Procédé pour fabriquer une pièce en acier soudée trempée à la presse ou une pièce en acier soudée au laser trempée à la presse selon l'une quelconque des

30 revendications 20 à 31, dans lequel ledit temps de maintien  $D_m$  est compris entre 1 et 6 minutes.

33. Utilisation d'une pièce selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, ou fabriquée selon l'une quelconque des revendications 20 à 32, pour la fabrication de pièces

35 de structure ou de sécurité de véhicules.