

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 47998 B1**
- (43) Date de publication : **30.11.2023**
- (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 38/00;  
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 : **47998**
- (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 : EP 19194169.9

---

(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 presse 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%, 0,0002 = B = 0,004%, 0,001% =N = 0,009%, 0,0005% = S = 0,003%, 0,001% = P = 0,020%, en option : 0,0001% = Ca =0,003%, le reste étant Fe et impuretés inévitables, et dans lequel la microstructure comprend, en majorité en partie, en fractions superficielles : moins de 40% de bainite, moins de 5% d'austénite, moins de 5% de ferrite, le reste étant de la martensite, dit martensite composée de martensite fraîche et de martensite auto-revenue.

RENDICATIONS

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

$$0,062 \leq C \leq 0,095 \%$$

5

$$1,4 \% \leq Mn \leq 1,9 \%$$

$$0,2 \% \leq Si \leq 0,5 \%$$

$$0,020 \% \leq Al \leq 0,070 \%$$

$$0,02 \% \leq Cr \leq 0,1 \%,$$

$$\text{dans lequel : } 1,5 \% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7 \%$$

10

$$0,040 \% \leq Nb \leq 0,060 \%$$

$$3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N$$

$$\text{dans lequel : } 0,044 \% \leq (Nb + Ti) \leq 0,090 \%$$

$$0,0002 \leq B \leq 0,004 \%$$

$$0,001 \% \leq N \leq 0,009 \%$$

15

$$0,0005 \% \leq S \leq 0,003 \%$$

$$0,001 \% \leq P \leq 0,020 \%$$

$$\text{facultativement : } 0,0001 \% \leq Ca \leq 0,003 \%,$$

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

20

et dans laquelle la microstructure comprend, dans la majorité de ladite partie, 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 étant composée de martensite fraîche et de martensite autotempérée, la partie en acier durcie à la presse présentant une épaisseur comprise entre 0,8 et 4 mm.

2 Pièce en acier durci à la presse selon la revendication 1, dans laquelle :

25

$$1,7 \% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,3 \%$$

3 Pièce en acier durci à la presse selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle :

$$0,065 \% \leq C \leq 0,095 \%$$

4 Pièce en acier durcie 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 autotempérée.

30

5 Pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 4 dans laquelle la somme de martensite fraîche et de fractions de surface de martensite autotempérées est comprise entre 65 et 100 %.

5 6 Pièce en acier durcie 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 d'épaisseur de la pièce et la surface la plus proche de la pièce.

10 7 Pièce en acier durcie 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 d'épaisseur de la pièce et la surface la plus proche de la pièce.

15 8 Pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant au moins une zone déformée à chaud (A) d'une quantité de déformation  $\overline{\varepsilon_c}$  supérieure à 0,15 et au moins une zone (B) ayant connu le même cycle de refroidissement en durcissement à la presse que la zone (A), où la quantité de déformation  $\overline{\varepsilon_c}$  est inférieure à 0,05.

9 Pièce durcie 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 (A) est supérieure à 20 HV.

20 10 Pièce durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 8 et 9, dans laquelle la largeur moyenne de la latte de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone déformée à chaud (A) est réduite de plus de 50 % par rapport à la largeur de la latte de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone (B).

25 11 Pièce durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans laquelle la largeur moyenne de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone déformée à chaud (A) est inférieure à 1  $\mu\text{m}$ .

30 12 Pièce durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans laquelle la largeur moyenne de latte de la structure martensitique-bainitique dans ladite au moins une zone (B), est comprise entre 1 et 2,5  $\mu\text{m}$ .

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

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

5 15 Pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 13, dans laquelle ledit revêtement métallique est un alliage à base d'aluminium, ou un alliage d'aluminium.

10 16 Pièce durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, dans laquelle la contrainte de déformation 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°.

17 Pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, dans laquelle ladite pièce en acier durcie présente une épaisseur variable.

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

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

20

20 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durci à la presse comprenant les étapes suivantes et successives :

- 25
- fourniture d'un demi-produit d'acier présentant une composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, puis
  - laminage à chaud de ce semi-produit pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud, puis
  - bobinage de ladite feuille d'acier laminée à chaud à une température de bobinage Tc comprise entre 550°C et Ms, Ms étant la température de début de
- 30

transformation martensitique de ladite feuille d'acier, de manière à obtenir une feuille d'acier soudée d'une épaisseur comprise entre 1,5 et 4 mm, puis

- éventuellement laminage à froid de ladite feuille d'acier bobinée pour atteindre une épaisseur de la feuille d'acier comprise entre 0,8 et 2,5 mm, puis
- 5 - recuit de la tôle d'acier à une température de recuit  $T_a$  afin d'obtenir moins de 10 % de la fraction de zone non recristallisée, afin d'obtenir une feuille d'acier recuite, puis
- découpe de ladite feuille d'acier recuite selon une forme prédéterminée, afin d'obtenir un blanc, puis
- 10 - chauffage dudit blanc et maintien dudit blanc à une température  $T_m$  comprise entre 890 et 950°C, la durée de maintien  $D_m$  à ladite température étant comprise entre 1 et 10 minutes, de manière à obtenir un blanc chauffé, puis
- transfert dudit blanc chauffé dans une presse formatrice, la durée du transfert  $D_t$  étant inférieure à 10 s, puis
- 15 - formation à chaud dudit blanc chauffé dans ladite presse formatrice afin d'obtenir une partie formée, puis
- refroidissement dudit élément formé à un débit de refroidissement  $CR_1$  compris entre 40 et 360°C/s dans une plage de température comprise entre 750 et 450°C, et à un débit de refroidissement  $CR_2$  compris entre 15 et 150°C/s dans
- 20 une plage de température de 450°C et 250°C, dans lequel  $CR_2 < CR_1$ .

21 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 20, dans lequel ladite feuille laminée à froid est laminée à froid avec un ratio de laminage compris entre 50 et 80 %.

25 22 Procédé de fabrication d'une tôle d'acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 21, dans lequel ladite température de recuit  $T_a$  est comprise entre 800 et 850°C.

23 Procédé de fabrication d'une tôle d'acier durcie 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°C.

30 24 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 23, dans lequel ledit blanc est formé à froid avant de chauffer ledit blanc à ladite température  $T_m$ .

25 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie 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  $\overline{\varepsilon}_c$  supérieure à 0,15 dans au moins une zone déformée à chaud de la pièce,

5 26 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 20 à 25, dans lequel ladite tôle d'acier recuite est pré-revêtue avec un pré-revêtement métallique, avant de couper ledit blanc en acier recuit selon une forme prédéterminée.

10 27 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 26, dans lequel ledit pré-revêtement métallique est en zinc, ou en alliage à base de zinc, ou en alliage de zinc.

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

15 29 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 26 dans laquelle ladite feuille pré-revêtue est pré-revêtue d'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  $\tau_5$  de type  $Fe_3Si_2Al_{12}$ , ni phase  $\tau_6$  de  $Fe_3Si_2Al_{12}$ .

20 30 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 26, dans lequel ledit pré-revêtement métallique comprend une couche d'aluminium ou un alliage à base d'aluminium ou un alliage d'aluminium, recouvert d'une couche d'alliage à base de zinc ou de zinc ou d'un alliage de zinc.

25 31 Procédé de fabrication d'une pièce d'acier soudée au laser durcie à la presse, comprenant les étapes successives suivantes :

30 - fourniture d'au moins une première feuille d'acier avec une composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, pré-revêtue avec un pré-revêtement métallique d'aluminium, ou un alliage à base d'aluminium ou un alliage d'aluminium, la première feuille d'acier présentant une épaisseur comprise entre 0,8 et 4 mm, puis

- fourniture d'au moins une seconde feuille d'acier avec une composition contenant, de 0,065 à 0,38 % de carbone en poids, pré-revêtue d'un pré-revêtement métallique d'aluminium, d'un alliage à base d'aluminium ou d'un alliage d'aluminium, puis
- 5 - l'enlèvement d'une partie de l'épaisseur du pré-revêtement en aluminium sur les côtés supérieurs et inférieurs le long d'un côté de la périphérie de l'au moins une première feuille d'acier et l'au moins une deuxième feuille d'acier, puis
- la création d'un blanc soudé par soudage au laser de l'au moins une première
- 10 feuille d'acier et de l'au moins une seconde feuille d'acier, de sorte que la teneur en aluminium dans le métal de soudure est inférieure à 0,3 % en poids, le soudage laser étant effectué le long de la périphérie dans laquelle une partie du pré-revêtement d'aluminium a été retirée,
- le chauffage dudit blanc et le maintien dudit blanc à une température  $T_m$  comprise entre 890 et 950°C, la durée de maintien  $D_m$  à ladite température
- 15 étant comprise entre 1 et 10 minutes, de manière à obtenir un blanc chauffé, puis
- le transfert dudit blanc chauffé dans une presse formatrice, la durée du transfert  $D_t$  étant inférieure à 10 s, puis
- la formation à chaud dudit blanc soudé chauffé dans ladite presse formatrice
- 20 afin d'obtenir une pièce soudée,
- le refroidissement de ladite pièce formée soudée à un débit de refroidissement  $CR_1$  compris entre 40 et 360°C/s dans une plage de température comprise entre 750 et 450°C, et à un débit de refroidissement  $CR_2$  compris entre 15 et 150°C/s dans une plage de température de 450°C et 250°C, dans lequel  $CR_2 < CR_1$ .
- 25

32 Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse ou d'une pièce en acier soudée au laser selon l'une quelconque des revendications 20 à 31, dans lequel ladite durée de retenue  $D_m$  est comprise entre 1 et 6 minutes

30 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 structurelles ou de sécurité de véhicules.