

## (12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 49115 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 8/04; C21D 9/46; F27B 9/36; F27B 9/24; C21D 9/48**
- (43) Date de publication : **30.04.2021**

---

(21) N° Dépôt : **49115**

(22) Date de Dépôt : **08.12.2017**

(30) Données de Priorité : **19.12.2016 WO PCT/IB2016/001774**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2017/001531 08.12.2017**

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

(72) Inventeur(s) : **BLAISE, Alexandre**

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

**(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: EP17829010.2**

---

(54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION DE PIÈCES EN ACIER ALUMINIÉ FORMÉES PAR PRESSAGE À CHAUD**

(57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce revêtue durcie à la presse consistant à utiliser un four comprenant N zones, chaque zone du four étant respectivement chauffée à une température de réglage T1F, T2F, TiF, ..., TNF, à mettre en œuvre les étapes successives suivantes consistant à : utiliser une tôle d'acier d'une épaisseur th comprise entre 0,5 et 5 mm, comprenant un substrat en acier recouvert d'un prérevêtement en alliage d'aluminium d'une épaisseur comprise entre 15 et 50 µm, le coefficient d'émissivité étant égal à  $0,15(1 + a)$ , a étant compris entre 0 et 2,4, puis découper ladite tôle d'acier pour obtenir une ébauche d'acier prérevêtue, puis placer l'ébauche d'acier prérevêtue dans la zone 1 du four pendant une durée ti comprise entre 5 et 600 s, TiF et t1 étant tels que :  $T1F_{max} > T1F > T1F_{min}$ , avec :  $T1F_{max} = (598 + A eBt1 + CeDt1)$  et  $T1F_{min} = (550 + A' eB't1 + C'eD't1)$ , et A, B, C, D, A', B', C, D' étant tels que : A = (762 e0,071 th - 426 e-0,86 th) (1 - 0,345a), B = (-0,031 e-2,151 th - 0,039 e-0,094 th) (1 + 0,191a), C = (394 e0,193 th - 434,3 e-1,797 th) (1 - 0,364a), D = (-0,029 e-2,677 th - 0,011 e-0,298 th) (1 + 0,475a), A' = (625 e0,123 th - 476 e-1,593 th) (1 - 0,345a), B' = (-0,059 e-2,109 th - 0,039 e-0,091 th) (1 + 0,191a), C' = (393 e0,190 th - 180 e-1,858 th) (1 - 0,364a),

$D' = (-0,044 e^{-2,915 t_h} - 0,012 e^{-0,324 t_h}) (1 + 0,475a)$ ,  $T1F$ ,  $T1F_{max}$  et  $T1F_{min}$  étant en ° Celsius,  $t1$  étant en s., et  $t_h$  étant en mm, puis transférer l'ébauche d'acier prérevêtue dans la zone 2 du four chauffée à une température de réglage  $T2F = T1?$  et maintenir de manière isotherme l'ébauche d'acier prérevêtue pendant une durée  $t2$ ,  $T2F$  et  $t2$  étant tels que :  $t2_{min} = t2 = t2_{max}$  avec :  $t2_{min} = 0,95 t2^*$  et  $t2_{max} = 1,05 t2^*$  avec :  $t2^* = t1^2 (-0,0007 t_h^2 + 0,0025 t_h - 0,0026) + 33\,952 - (55,52 \times T2F)$ ,  $T2F$  étant en ° Celsius,  $t2$ ,  $t2_{min}$ ,  $t2_{max}$ ,  $t2^*$  étant en s., et  $t_h$  étant en mm, puis transférer l'ébauche d'acier prérevêtue dans d'autres zones (3, ..., i, ..., N) du four, de façon à atteindre une température d'ébauche maximale  $TMB$  comprise entre 850 °C et 950 °C, la vitesse de chauffage moyenne  $VA$  de l'ébauche entre  $T2F$  et  $T??$  étant comprise entre 5 et 500 °C/s, puis transférer l'ébauche d'acier chauffée du four dans une presse, puis former à chaud l'ébauche d'acier chauffée dans ladite presse de façon à obtenir une pièce, puis refroidir la pièce à une vitesse de refroidissement afin d'obtenir une microstructure dans le substrat en acier comprenant au moins un constituant choisi parmi la martensite ou la bainite.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pièce enduite durcie à la presse comprenant :

- la fourniture d'un four (F) comprenant N zones, N étant non-inférieur à 2, chaque zone du four 1, 2...i,..., N étant respectivement chauffée à une température de pose

$$\theta_{1F}, \theta_{2F}, \dots, \theta_{iF}, \dots, \theta_{NF}$$

5 - l'exécution des étapes successives suivantes, dans cet ordre :

- la fourniture d'au moins une tôle d'acier d'une épaisseur comprise entre 0,5 et 5 mm, comprenant un substrat en acier recouvert par un pré-revêtement en alliage d'aluminium d'une épaisseur comprise entre 15 et 50 micromètres, le coefficient d'émissivité à température ambiante de ladite tôle d'acier étant égal à  $0,15(1+\alpha)$ ,  $\alpha$  étant compris entre 0 et 2,4, puis

10

- la découpe de ladite au moins une tôle d'acier afin d'obtenir au moins une ébauche en acier pré-enduite, puis

- la mesure de l'émissivité de ladite au moins une ébauche en acier pré-enduite, puis

15

- le placement de ladite au moins une ébauche en acier pré-enduite dans la zone de four 1 pendant une durée  $t_1$  comprise entre 5 et 600 s, dans lequel  $\theta_{1F}$  et  $t_1$  sont tels que :

$$\theta_{1Fmax} > \theta_{1F} > \theta_{1Fmin}$$

20

avec :  $\theta_{1Fmax} = (598 + A e^{Bt_1} + C e^{Dt_1})$

et  $\theta_{1Fmin} = (550 + A' e^{B't_1} + C' e^{D't_1})$

A, B, C, D, A', B', C', D' étant tels que :

$$A = (762 e^{0.071 th} - 426 e^{-0.86 th}) (1 - 0.345\alpha)$$

$$B = (-0.031 e^{-2.151 th} - 0.039 e^{-0.094 th}) (1 + 0.191\alpha)$$

$$C = (394 e^{0.193 th} - 434.3 e^{-1.797 th}) (1 - 0.364\alpha)$$

$$D = (-0.029 e^{-2.677 th} - 0.011 e^{-0.298 th}) (1 + 0.475\alpha)$$

$$A' = (625 e^{0.123 th} - 476 e^{-1.593 th}) (1 - 0.345\alpha)$$

$$B' = (-0.059 e^{-2.109 th} - 0.039 e^{-0.091 th}) (1 + 0.191\alpha)$$

$$C' = (393 e^{0.190 th} - 180 e^{-1.855 th}) (1 - 0.364\alpha)$$

$$D' = (-0.044 e^{-2.915 th} - 0.012 e^{-0.324 th}) (1 + 0.475\alpha)$$

- où  $\theta_{1F}$ ,  $\theta_{1Fmax}$ ,  $\theta_{1Fmin}$  sont en degré Celsius,  $t_1$  est en seconde, et  $th$  est en mm, puis
- le transfert de ladite au moins une ébauche en acier pré-enduite dans ladite zone de four 2 chauffée à une température de pose  $\theta_{2F} = \theta_{18}$  et le maintien isotherme de
- 5 l'ébauche en acier pré-enduite pendant une durée  $t_2$ ,  $\theta_{2F}$  et  $t_2$  étant tels que :

$$t_{2min} \geq t_2 \geq t_{2max}$$

$$\text{avec : } t_{2min} = 0.95 t_2^* \text{ et } t_{2max} = 1.05 t_2^*$$

$$\text{avec : } t_2^* = t_1^2 (-0.0007 th^2 + 0.0025 th - 0.0026) + 33952 - (55.52 \times \theta_{2F})$$

- où  $\theta_{2F}$  est en degré Celsius,  $t_2$ ,  $t_{2min}$ ,  $t_{2max}$ ,  $t_2^*$  sont en seconde, et  $th$  est en mm, puis
- 10 - le transfert de ladite au moins une ébauche en acier pré-enduite dans d'autres zones (3, ..., i, ..., N) du four, de façon à atteindre une température d'ébauche maximale  $\theta_{MB}$  comprise entre 850°C et 950°C, la vitesse de chauffage moyenne  $V_a$  de l'ébauche entre  $\theta_{2F}$  et  $\theta_{MB}$  étant comprise entre 5 et 500°C/s, puis
- le transfert de l'au moins une ébauche en acier chauffée du four vers une presse,
- 15 puis
- le formage à chaud de ladite au moins une ébauche en acier chauffée dans ladite presse de façon à obtenir au moins une pièce, puis
  - le refroidissement de ladite au moins une pièce à une vitesse de refroidissement afin d'obtenir une microstructure dans ledit substrat en acier comprenant au moins un
- 20 constituant choisi parmi de la martensite ou de la bainite.

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la vitesse de chauffage  $V_a$  est comprise entre 50 et 100°C/s.

3. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel ledit pré-revêtement comprend, en poids, 5 à 11% de Si, 2 à 4% de Fe, éventuellement entre 0,0015 et 0,0030% de Ca, le reste étant de l'aluminium et des impuretés inhérentes au traitement.

5

4. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ledit chauffage à la vitesse  $V_a$  est effectué par infrarouge.

5. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel ledit chauffage à la vitesse  $V_a$  est effectué par induction.

10

6. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ladite au moins une ébauche en acier possède une épaisseur qui n'est pas constante et qui varie entre  $th_{min}$  et  $th_{max}$ , le rapport  $th_{max}/th_{min}$  étant  $\leq 1,5$ , et dans lequel ledit procédé de fabrication est mis en œuvre dans ladite zone de four 1 avec  $\theta_{1F}$  et  $t_1$  déterminés avec  $th=th_{min}$ , et mis en œuvre dans ladite zone de four 2 avec  $\theta_{2F}$  et  $t_2$  déterminés avec  $th=th_{max}$ .

15

7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel, après le maintien de l'au moins une ébauche en acier pré-enduite dans ladite zone de four 2, et avant le transfert de ladite au moins une ébauche en acier pré-enduite dans les autres zones du four, l'au moins une ébauche en acier pré-enduite est refroidie à température ambiante, de façon à obtenir une ébauche en acier enduite refroidie.

20

8. Procédé de fabrication selon la revendication 7, dans lequel ladite ébauche en acier enduite refroidie présente un rapport  $Mn_{surf}/Mn_s$  compris entre 0,33 et 0,60,  $Mn_{surf}$  étant la teneur en Mn, en pourcentage en poids, sur la surface de ladite ébauche en acier enduite refroidie, et  $Mn_s$  étant la teneur en Mn, en pourcentage en poids, du substrat en acier.

25

30

9. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 7 ou 8, dans lequel ladite vitesse de chauffage  $V_a$  est supérieure à 30°C/s.

10. Procédé de fabrication selon la revendication 9, dans lequel ladite vitesse de chauffage est obtenue par chauffage par résistance.

11. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel :

5 - plusieurs lots d'ébauches ayant une épaisseur  $t_h$  sont prévus, dans lequel au moins l'un ( $B_1$ ) est un lot avec  $\alpha = \alpha_1$  et au moins un est un lot ( $B_2$ ) avec  $\alpha = \alpha_2$ , dans lequel  $\alpha_1 \neq \alpha_2$ ,

- ledit lot ( $B_1$ ) est durci à la presse dans des conditions de traitement ( $\theta_{1F}(\alpha_1)$ ,  $t_1(\alpha_1)$ ,  $\theta_2(\alpha_1)$ ,  $t_2(\alpha_1)$ ) choisies selon la revendication 1, puis

10 - ledit lot ( $B_2$ ) est durci à la presse dans des conditions de traitement ( $\theta_{1F}(\alpha_2)$ ,  $t_1(\alpha_2)$ ,  $\theta_2(\alpha_2)$ ,  $t_2(\alpha_2)$ ) choisies selon la revendication 1,

- les températures et les durées dans les zones de four (3,...i,...N) sont identiques pour ( $B_1$ ) et ( $B_2$ ).

15 12. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 ou 11, dans lequel, après la découpe de ladite au moins une ébauche en acier et avant le placement de ladite au moins une ébauche en acier pré-enduite dans ladite zone de four 1, l'émissivité de ladite ébauche en acier pré-enduite à température ambiante est mesurée.

20 13. Ébauche en acier enduite refroidie fabriquée selon la revendication 7, dans laquelle ladite ébauche en acier enduite refroidie présente un rapport  $Mn_{surf}/Mn_s$  compris entre 0,33 et 0,60,  $Mn_{surf}$  étant la teneur en Mn, en pourcentage en poids, sur la surface de ladite ébauche en acier enduite refroidie, et  $Mn_s$  étant la teneur en Mn, en pourcentage en poids, du substrat en acier.

25

14. Dispositif de chauffage d'ébauches afin de fabriquer des pièces durcies à la presse à partir d'ébauches chauffées, comprenant :

30 - un dispositif de mesure en ligne de l'émissivité des ébauches à température ambiante avant le chauffage, qui comprend de préférence une source d'infrarouges orientée vers les ébauches à caractériser, et un capteur qui reçoit le flux réfléchi de façon à mesurer la réflectivité,

- un four (F) comprenant N zones, N étant non-inférieur à 2, chaque zone de four 1, 2,...,i,..., N ayant un moyen de chauffage ( $H_1$ ,  $H_2$ ...,  $H_i$ ,  $H_N$ ) destiné à régler indépendamment la température  $\theta_{1F}$ ,  $\theta_{2F}$ ...,  $\theta_{iF}$ ...,  $\theta_{NF}$  dans chaque zone de four,

- un dispositif de transfert en continu et successivement des ébauches de chaque zone  $i$  vers la zone  $i+1$  ;

- un dispositif informatisé destiné à calculer les valeurs  $\theta_{1Fmax}$ ,  $\theta_{1Fmin}$ ,  $t_{2min}$ ,  $t_{2max}$  selon la revendication 1,

5 - un dispositif de transmission des températures calculées au moyen de chauffage ( $H_1$ ,  $H_2...$ ,  $H_i$ ,  $H_N$ ) et à modifier finalement l'énergie fournie audit moyen de chauffage afin d'obtenir lesdites températures calculées si ladite variation d'émissivité est détectée.

10 15. Utilisation des pièces en acier fabriquées avec un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 pour la fabrication de pièces structurelles ou de sécurité de véhicules.