

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 52001 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 9/48; C23C 2/12; C23C 8/80; C23C 2/40; C23C 8/14; C23C 2/28**
- (43) Date de publication : **31.05.2023**

-
- (21) N° Dépôt : **52001**
- (22) Date de Dépôt : **05.03.2019**
- (30) Données de Priorité : **09.03.2018 WO PCT/IB2018/051546**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2019/051764 05.03.2019**
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **DRILLET, Pascal ; STUREL, Thierry ; BLAISE, Alexandre**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP19712851.5**
-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION DE PIÈCES DURCIES À LA PRESSE AVEC UNE PRODUCTIVITÉ ÉLEVÉE**
- (57) Abrégé : La présente invention porte sur un procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche d'acier pré-allié non estampée, qui comprend les étapes successives suivantes consistant : à fournir une bobine, une tôle ou une ébauche d'acier pré-revêtue non estampée composée d'un substrat en acier recouvert d'un pré-revêtement d'aluminium, d'alliage à base d'aluminium ou d'alliage d'aluminium, l'épaisseur de pré-revêtement étant comprise entre 10 et 35 micromètres de chaque côté de la bobine, tôle ou ébauche d'acier ; puis à chauffer la bobine, la tôle ou l'ébauche d'acier non estampée dans un four sous une atmosphère contenant au moins 5 % d'oxygène, jusqu'à une température ?1 comprise entre 750 et 1000 °C, pendant une durée t1 comprise entre t1min et t1max, où t1min = 23500/(?1 – 729,5) et t1max= 4,946 x 1041 x ?1-13,0 8, t1 désignant la durée totale dans le four, ?1 étant exprimée en °C et t1min et t1max étant exprimés en secondes ; puis à refroidir la bobine, la tôle ou l'ébauche d'acier non estampée à une vitesse de refroidissement Vr1 jusqu'à une température ?1 ; puis à maintenir la bobine, la tôle ou l'ébauche d'acier non estampée à une température ?2 comprise entre 100 et 500 °C, pendant une durée

t₂ comprise entre 3 et 45 minutes, de manière à obtenir un taux d'hydrogène diffusible inférieur à 0,35 ppm.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée, comprenant les étapes successives suivantes :

- 5
- la fourniture d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-revêtu non estampée composée d'un substrat en acier pouvant être traité thermiquement recouvert d'un pré-revêtement d'aluminium, ou d'un alliage à base d'aluminium, l'alliage à base d'aluminium désignant un alliage dans lequel l'aluminium est l'élément principal en pourcentage en poids, ou d'un alliage d'aluminium, l'alliage d'aluminium désignant un alliage dans lequel l'aluminium est supérieur à 50 % en poids, le pré-revêtement résultant directement d'un processus d'aluminisation par immersion à chaud sans traitement thermique supplémentaire, dans lequel l'épaisseur du pré-revêtement est comprise entre 10 et 35 micromètres sur chaque côté de la bobine, de la tôle ou de l'ébauche en acier, puis
- 10
- le chauffage de la bobine, de la tôle ou de l'ébauche en acier non estampée dans un four sous une atmosphère contenant au moins 5 % d'oxygène, jusqu'à une température θ_1 comprise entre 750 et 1000 °C, pendant une durée t_1 comprise entre t_{1min} et t_{1max} , dans lequel :
- 15
- $$t_{1min} = 23500/(\theta_1 - 729,5) \text{ et}$$
$$t_{1max} = 4,946 \times 10^{41} \times \theta_1^{-13,08},$$
$$t_1 \text{ désignant la durée totale dans le four,}$$
$$\theta_1 \text{ étant exprimée en } ^\circ\text{C} \text{ et } t_{1min} \text{ et } t_{1max} \text{ étant exprimées en secondes,}$$

alors
- 20
- le refroidissement de la bobine, de la tôle ou de l'ébauche en acier non estampée à une vitesse de refroidissement V_{r1} jusqu'à une température θ_1 , dans lequel ladite vitesse de refroidissement V_{r1} est choisie de façon que la somme des fractions de surface de bainite et de martensite soit inférieure à 30 % dans le substrat en acier et de façon à obtenir une structure en ferrite-perlite dans le substrat en acier, après ledit refroidissement V_{r1} et avant un chauffage ultérieur, puis
- 25
- le maintien de la bobine, de la tôle ou de l'ébauche en acier non estampée à une température θ_2 comprise entre 100 et 500°C, pendant une durée t_2
- 30

comprise entre 3 et 45 minutes, de manière à obtenir une teneur en hydrogène diffusible inférieure à 0,35 ppm, mesurée par analyse de désorption thermique comme indiqué dans la description.

- 5 2 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon la revendication 1, dans lequel ladite température θ_2 est supérieure ou égale à 100 °C et inférieure à 300 °C.
- 10 3 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon la revendication 1, dans lequel ladite température θ_2 est supérieure ou égale à 300 °C et inférieure ou égale à 400 °C.
- 15 4 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon la revendication 1, dans lequel ladite température θ_2 est supérieure à 400 °C et inférieure ou égale à 500 °C.
- 20 5 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel ladite durée t_2 est comprise entre 4 et 15 minutes.
- 25 6 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ladite température θ_i est égale à la température ambiante et dans lequel la bobine, la tôle ou l'ébauche non estampée, après refroidissement à température ambiante, est chauffée jusqu'à ladite température θ_2 .
- 30 7 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ladite température θ_i est égale à ladite température θ_2 .
- 8 Procédé de fabrication d'une bobine, d'une tôle ou d'une ébauche en acier pré-allié non estampée selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, comprenant en outre, immédiatement après le maintien de la bobine, de la tôle ou de l'ébauche en acier non

estampée à une température θ_2 comprise entre 100 et 500°C pendant une durée t_2 , le refroidissement de la bobine, de la tôle ou de l'ébauche en acier, jusqu'à la température ambiante.

5 9 Bobine, tôle ou ébauche en acier pré-allié non estampée, comprenant un substrat en
acier pouvant être traité thermiquement, recouvert d'un pré-revêtement allié contenant de
l'aluminium et du fer, l'aluminium n'étant pas présent sous forme d'aluminium libre, dans
10 laquelle ladite bobine, tôle ou ébauche en acier pré-allié non estampée contient une couche
d'interdiffusion à l'interface entre le substrat en acier et le pré-revêtement, avec une
épaisseur comprise entre 2 et 16 micromètres, la couche d'interdiffusion étant une couche
avec une structure ferritique $\alpha(\text{Fe})$, ayant Al et Si en solution solide, et une couche d'oxyde
contenant de l'alumine au-dessus du pré-revêtement allié, avec une épaisseur supérieure à
0,10 μm ,

- dans laquelle l'hydrogène diffusible est inférieur à 0,35 ppm, mesuré par analyse de
15 désorption thermique comme indiqué dans la description,

- et dans laquelle ledit substrat en acier a une microstructure de ferrite-perlite et dans
laquelle la somme des fractions de surface de bainite et de martensite est inférieure à 30 %
dans la microstructure de l'acier.

10 Bobine, tôle ou ébauche en acier pré-allié non estampée selon la revendication 9,
20 dans laquelle l'épaisseur de la couche d'interdiffusion est comprise entre 0,5 et 5 mm.

11 Bobine, tôle ou ébauche en acier pré-allié non estampée selon la revendication 10,
dans laquelle le substrat en acier a une épaisseur non uniforme.

12 Procédé de fabrication d'une pièce en acier revêtue et durcie à la presse, dans
lequel :

25 - une bobine, tôle ou ébauche en acier pré-allié non estampée selon l'une
quelconque des revendications 9 à 11 ou produite par un procédé selon
l'une quelconque des revendications 1 à 8 est fournie, puis

- si ladite tôle, bobine ou ébauche en acier pré-allié non estampée se
30 présente sous la forme d'une bobine ou d'une tôle, la bobine ou la tôle est
coupée de manière à obtenir une ébauche en acier pré-allié, puis

- ladite ébauche en acier pré-allié non estampée est chauffée de sorte que
la durée de chauffage ΔT_{20-700° entre 20 et 700°C, exprimée en s, soit
inférieure à $((26,22 \times th) - 0,5)$, th étant l'épaisseur, exprimée en

- 5 millimètres, de ladite ébauche en acier pré-allié non estampée, jusqu'à une température θ_3 , et l'ébauche en acier pré-allié non estampée est maintenue à ladite température θ_3 pendant une durée t_3 de façon à obtenir une structure austénitique partielle ou totale dans le substrat en acier, puis
- l'ébauche chauffée est transférée dans une presse, puis
 - l'ébauche chauffée est formée par pressage à chaud de manière à obtenir une pièce, puis
- 10 - la pièce est refroidie tout en la maintenant dans l'outillage de presse, de manière à obtenir une microstructure dans le substrat en acier comprenant au moins de la martensite et/ou de la bainite, et à obtenir une pièce revêtue durcie à la presse.
- 15 13 Procédé de fabrication d'une pièce en acier revêtue durcie à la presse, selon la revendication 12, dans lequel une ébauche en acier pré-allié non estampée fabriquée selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 est fournie, ladite ébauche en acier pré-allié non estampée n'étant pas refroidie à température ambiante entre le maintien à ladite température θ_2 et le chauffage à ladite température θ_3 .
- 20 14 Procédé de fabrication d'une pièce revêtue durcie à la presse selon la revendication 12 ou 13, dans lequel la différence ΔH_{diff} entre la teneur en hydrogène diffusible dans ladite pièce revêtue durcie à la presse et la teneur en hydrogène diffusible dans ladite ébauche pré-alliée non estampée, est inférieure à 0,10 ppm.
- 25 15 Procédé de fabrication d'une pièce revêtue durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, dans lequel le chauffage de ladite ébauche en acier pré-allié non estampée jusqu'à une température θ_3 est réalisé par un procédé choisi parmi le chauffage par induction, le chauffage par résistance ou le chauffage par conduction.
- 30 16 Procédé de fabrication d'une pièce revêtue durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, dans lequel la microstructure du substrat en acier de la pièce revêtue durcie à la presse comprend plus de 80 % de martensite.

17 Procédé de fabrication d'une pièce revêtue durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, dans lequel la pièce revêtue durcie à la presse a une limite d'élasticité supérieure à 1000 MPa.

5

18 Utilisation d'une pièce durcie à la presse fabriquée selon l'une quelconque des revendications 12 à 17 pour la fabrication de pièces structurelles ou de pièces de sécurité de véhicules.