

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 48959 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 8/04; C21D 8/02**
- (43) Date de publication : **31.12.2024**

-
- (21) N° Dépôt : **48959**
- (22) Date de Dépôt : **01.06.2018**
- (30) Données de Priorité : **02.06.2017 WO PCT/IB2017/053282**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2018/053950 01.06.2018**
- (71) Demandeur(s) : **ArcelorMittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **PERLADE, Astrid ; BEAUVAIS, Martin ; ZHU, Kangying ; DUMONT, Alice ; GIBOT, Alexandre**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation : 18731528.8

(54) Titre : **TÔLE D'ACIER POUR LA PRODUCTION DE PIÈCES TREMPÉES SOUS PRESSE, PIÈCE TREMPÉE SOUS PRESSE PRÉSENTANT UNE COMBINAISON DE RÉSISTANCE ÉLEVÉE ET DE DUCTILITÉ ÉLEVÉE APRÈS COLLISION, ET PROCÉDÉS DE PRODUCTION ASSOCIÉS**

(57) Abrégé : La présente invention concerne une tôle d'acier pour la production d'une pièce trempée sous presse, ayant une composition comprenant : 0,15 % = C = 0,22 %, 3,5 % = Mn < 4,2 %, 0,001 % = Si = 1,5 %, 0,020 % = Al = 0,9 %, 0,001 % = Cr = 1 %, 0,001 % = Mo = 0,3 %, 0,001 % = Ti = 0,040 %, 0,0003 % = B = 0,004 %, 0,001 % = Nb = 0,060 %, 0,001 % = N = 0,009 %, 0,0005 % = S = 0,003 %, 0,001 % = P = 0,020 %, la microstructure étant constituée de moins de 50 % de ferrite, de 1 % à 20 % d'austénite résiduelle, de la cémentite, de sorte que la densité de surface de particules de cémentite de plus de 60 nm soit inférieure à 10⁷/mm², le complément étant constitué de bainite et/ou de martensite, l'austénite résiduelle ayant une teneur moyenne en Mn d'au moins 1,1 * Mn %. L'invention concerne également une pièce en acier trempée sous presse obtenue par emboutissage à chaud de la tôle d'acier, et des procédés de production associés.

REVENDEICATIONS

1.- Tôle d'acier pour la fabrication d'une pièce en acier trempé à la presse, la tôle d'acier présentant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

	$0,15 \% \leq C \leq 0,22 \%$
5	$3,5 \% \leq Mn < 4,2 \%$
	$0,001 \% \leq Si \leq 1,5 \%$
	$0,3 \% \leq Al \leq 0,9 \%$
	$0,001 \% \leq Cr \leq 1 \%$
	$0,001 \% \leq Mo \leq 0,3 \%$
10	$0,001 \% \leq Ti \leq 0,040 \%$
	$0,0003 \% \leq B \leq 0,004 \%$
	$0,001 \% \leq Nb \leq 0,060 \%$
	$0,001 \% \leq N \leq 0,009 \%$
	$0,0005 \% \leq S \leq 0,003 \%$
15	$0,001 \% \leq P \leq 0,020 \%$
	Éventuellement $0,0001 \% \leq Ca \leq 0,003 \%$

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

ladite tôle d'acier présentant une microstructure comprenant, en fraction de surface :

	moins de 50 % de ferrite,
20	entre 1 % et 20 % d'austénite retenue, la fraction d'austénite retenue étant déterminée selon le procédé décrit dans la description,

25	de la cémentite, de sorte que la densité de surface des particules de cémentite dotées d'une dimension supérieure à 60 nm soit inférieure à $10^7/\text{mm}^2$, la densité de surface des particules de cémentite dotées d'une dimension supérieure à 60 nm étant déterminée selon le procédé décrit dans la description,
----	--

un complément constitué de bainite et/ou de martensite, l'austénite retenue présentant une teneur moyenne en Mn d'au moins $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, Mn% désignant la teneur en Mn dans la composition de l'acier.

30	2.- Tôle d'acier selon la revendication 1, dans laquelle la tôle d'acier est une tôle d'acier recuite, la microstructure de la tôle d'acier recuite étant telle que le complément est constitué de martensite.
----	--

3.- Tôle d'acier selon la revendication 2, dans laquelle la tôle d'acier comprend

un pré-revêtement métallique sur chacune de ses deux faces principales.

4.- Tôle d'acier selon la revendication 3, dans laquelle le pré-revêtement métallique est un pré-revêtement d'aluminium, d'alliage à base d'aluminium ou d'alliage d'aluminium.

5 5.- Tôle d'acier selon la revendication 3, dans laquelle le pré-revêtement métallique est un pré-revêtement de zinc-aluminium, d'alliage à base de zinc ou d'alliage de zinc.

6.- Tôle d'acier selon l'une des revendications 3 à 5, dans laquelle la tôle d'acier comprend une zone décarburée sur la surface de chacune des deux surfaces principales sous le pré-revêtement métallique, la profondeur $p_{50\%}$ de cette zone décarburée étant comprise entre 6 et 30 micromètres, $p_{50\%}$ étant la profondeur à laquelle la teneur en carbone est égale à 50 % de la teneur en C dans la composition de l'acier, et dans laquelle la tôle d'acier recuite ne contient pas de couche d'oxyde de fer à l'interface entre lesdites surfaces principales et ledit pré-revêtement métallique.

15 7.- Tôle d'acier selon la revendication 1, dans laquelle ladite tôle d'acier est une tôle d'acier non recuite, la microstructure de la tôle d'acier consistant en une fraction de surface :

entre 5 % et 20 % d'austénite retenue,
de la cémentite,

20 le complément étant constitué de bainite et/ou de martensite.

8.- Tôle d'acier selon la revendication 7, dans laquelle la tôle d'acier est une tôle d'acier laminée à chaud présentant une énergie Charpy spécifique KC_v , mesurée à 25 °C sur une éprouvette d'impact Charpy de 55x10 mm², avec des encoches en V de 2 mm de profondeur, avec un angle de 45° et un rayon de base de 0,25 mm, supérieure ou égale à 60 J/cm².

9.- Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle la tôle d'acier présente une épaisseur de 0,7 à 5 mm.

10.- Procédé de fabrication d'une tôle d'acier pour la fabrication d'une pièce en acier trempé à la presse selon la revendication 1, ledit procédé comprenant les étapes successives suivantes :

5 – fourniture d'un demi-produit en acier dont la composition comprend, en pourcentage en poids :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,22 \%$$

$$3,5 \% \leq Mn < 4,2 \%$$

$$0,001 \% \leq Si \leq 1,5 \%$$

$$0,3 \% \leq Al \leq 0,9 \%$$

10 $0,001 \% \leq Cr \leq 1 \%$

$$0,001 \% \leq Mo \leq 0,3 \%$$

$$0,001 \% \leq Ti \leq 0,040 \%$$

$$0,0003 \% \leq B \leq 0,004 \%$$

$$0,001 \% \leq Nb \leq 0,060 \%$$

15 $0,001 \% \leq N \leq 0,009 \%$

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

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

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

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

20 - le laminage à chaud de ce semi-produit pour obtenir une tôle d'acier laminée à chaud,

- l'enroulement de ladite tôle d'acier laminée à chaud à une température d'enroulement T_{coil} inférieure à 550 °C, de façon à obtenir une tôle d'acier enroulée,

- éventuellement, le laminage à froid de la tôle d'acier enroulée.

25 11.- Procédé selon la revendication 10, dans lequel ladite tôle d'acier enroulée est laminée à froid avec un taux de laminage à froid compris entre 30 % et 80 %.

12.- Procédé selon la revendication 11, dans lequel, après enroulement et avant laminage à froid, la tôle d'acier enroulée est recuite par lots à une température de recuit par lots T_{HBA} comprise entre 550 °C et 700 °C, la tôle d'acier enroulée étant maintenue à ladite température de recuit par lots T_{HBA} pendant une durée de recuit par lots t_{HBA} comprise entre 1 heure et 20 heures.

30

13.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, comprenant en

5 outre une étape de recuit de la tôle d'acier enroulée et éventuellement laminée à froid à une température de recuit T_A supérieure ou égale à 650 °C, l'étape de recuit comprenant le chauffage de la tôle d'acier enroulée et éventuellement laminée à froid à la température de recuit T_A , et le maintien de la tôle d'acier enroulée et éventuellement laminée à froid à la température de recuit T_A pendant une durée de recuit t_A comprise entre 30 s et 600 s.

14.- Procédé selon la revendication 13, dans lequel la température de recuit T_A est inférieure à Ae_3 .

15.- Procédé selon la revendication 13, dans lequel la température de recuit T_A est supérieure ou égale à Ae_3 .

10 16.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 13 à 15, dans lequel, après le maintien à la température de recuit T_A , la tôle d'acier est pré-revêtue de métal ou d'un alliage métallique par revêtement à chaud dans un bain, puis refroidie à température ambiante.

15 17.- Procédé selon la revendication 16, dans lequel la tôle d'acier est pré-revêtue de zinc, d'un alliage à base de zinc ou d'un alliage de zinc.

18.- Procédé selon la revendication 16, dans lequel la tôle d'acier est pré-revêtue d'aluminium, d'un alliage à base d'aluminium ou d'un alliage d'aluminium.

20 19.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 18, dans lequel la tôle d'acier est recuite à ladite température de recuit T_A pour obtenir, à l'issue du recuit, une décarburation de la surface de la tôle d'acier recuite sur une profondeur $p_{50\%}$ comprise entre 6 et 30 micromètres, $p_{50\%}$ étant la profondeur à laquelle la teneur en carbone est égale à 50 % de la teneur en C de la composition, et pour obtenir une tôle d'acier recuite ne présentant pas de couche d'oxyde de fer à sa surface.

25 20.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 19, dans lequel la tôle d'acier présente une épaisseur de 0,7 à 5 mm.

21.- Pièce en acier durcie à la presse, constituée d'un acier présentant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

	$0,15 \% \leq C \leq 0,22 \%$
	$3,5 \% \leq Mn < 4,2 \%$
5	$0,001 \% \leq Si \leq 1,5 \%$
	$0,020 \% \leq Al \leq 0,9 \%$
	$0,001 \% \leq Cr \leq 1 \%$
	$0,001 \% \leq Mo \leq 0,3 \%$
	$0,001 \% \leq Ti \leq 0,040 \%$
10	$0,0003 \% \leq B \leq 0,004 \%$
	$0,001 \% \leq Nb \leq 0,060 \%$
	$0,001 \% \leq N \leq 0,009 \%$
	$0,0005 \% \leq S \leq 0,003 \%$
	$0,001 \% \leq P \leq 0,020 \%$
15	éventuellement $0,0001 \% \leq Ca \leq 0,003 \%$
	le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables, dans laquelle la microstructure consiste, dans la majorité de ladite pièce d'acier trempée sous pression, en une fraction de surface, la microstructure étant présente dans au moins 95 % du volume de la pièce d'acier trempée sous pression :
20	au moins 50 % de martensite cloisonnée, moins de 30 % de ferrite, au moins 2 % d'austénite retenue, la fraction d'austénite retenue étant déterminée par diffraction des rayons X,
25	de la cémentite, de sorte que la densité de surface des particules de cémentite dotées d'une dimension supérieure à 60 nm soit inférieure à $10^7/\text{mm}^2$, la densité de surface des particules de cémentite dotées d'une dimension supérieure à 60 nm étant déterminée selon le procédé décrit dans la description, et 5 % maximum de martensite fraîche
30	l'austénite retenue présentant une teneur moyenne en C d'au moins 0,5 %, la teneur moyenne en C de l'austénite retenue étant déterminée selon le procédé décrit dans la description.

22.- Pièce d'acier durcie à la presse selon la revendication 21, dans laquelle l'austénite retenue présente une teneur moyenne en Mn d'au moins $1,1 \cdot Mn\%$, Mn% désignant la teneur en Mn dans la composition de l'acier.

23.- Pièce en acier revêtu durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 21 à 22, dans laquelle :

$$\text{Al} \geq 0,3 \%$$

5 24.- Pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 21 à 23, dans laquelle ladite pièce est revêtue d'un revêtement métallique.

25.- Pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 24, dans laquelle ledit revêtement métallique est un revêtement en alliage à base de zinc, ou en alliage de zinc.

10 26.- Pièce en acier durcie à la presse selon la revendication 24, dans laquelle ledit revêtement métallique est un revêtement en alliage à base d'aluminium, ou en alliage d'aluminium.

27.- Pièce en acier durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 21 à 26, dans laquelle ladite pièce en acier durcie à la presse présente une épaisseur comprise entre 0,7 mm et 5 mm.

15 28.- Procédé de fabrication d'une pièce en acier durci à la presse comprenant les étapes successives suivantes :

– fournir une tôle d'acier dont la composition comprend, en pourcentage en poids :

	$0,15 \% \leq \text{C} \leq 0,22 \%$
	$3,5 \% \leq \text{Mn} < 4,2 \%$
20	$0,001 \% \leq \text{Si} \leq 1,5 \%$
	$0,020 \% \leq \text{Al} \leq 0,9 \%$
	$0,001 \% \leq \text{Cr} \leq 1 \%$
	$0,001 \% \leq \text{Mo} \leq 0,3 \%$
	$0,001 \% \leq \text{Ti} \leq 0,040 \%$
25	$0,0003 \% \leq \text{B} \leq 0,004 \%$
	$0,001 \% \leq \text{Nb} \leq 0,060 \%$
	$0,001 \% \leq \text{N} \leq 0,009 \%$
	$0,0005 \% \leq \text{S} \leq 0,003 \%$

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

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

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

ladite tôle d'acier présentant une microstructure comprenant, en fraction de surface :

5 moins de 50 % de ferrite,

entre 1 % et 20 % d'austénite retenue, la fraction d'austénite retenue étant

déterminée par diffraction des rayons X,

de la cémentite, de sorte que la densité de surface des particules de cémentite dotées d'une dimension supérieure à 60 nm soit inférieure à $10^7/\text{mm}^2$, la densité de

10 surface des particules de cémentite dotées d'une dimension supérieure à 60 nm étant déterminée selon le procédé décrit dans la description,

un complément constitué de bainite et/ou de martensite,

l'austénite retenue présentant une teneur moyenne en Mn d'au moins $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, où Mn% désigne la teneur en Mn dans la composition de l'acier,

15 - la découpe de ladite feuille d'acier recuite selon une forme prédéterminée, afin d'obtenir une ébauche en acier,

- le chauffage de l'ébauche en acier à une température T_m comprise entre 800 °C et 950 °C et le maintien de l'ébauche en acier à ladite température T_m pendant un temps de maintien t_m compris entre 60 s et 600 s, de manière à obtenir une ébauche en acier

20 chauffée présentant une structure comprenant entre 70 % et 100 % d'austénite,

- le transfert de l'ébauche chauffée vers une presse de formage,

- le formage à chaud de ladite ébauche chauffée dans ladite presse de formage afin d'obtenir une pièce formée, puis

25 - le refroidissement de la pièce formée jusqu'à une température d'arrêt du refroidissement T_c comprise entre la température ambiante et $M_s - 100$ °C,

- le réchauffage de la pièce formée à partir de la température d'arrêt du refroidissement T_c jusqu'à une température de post-traitement T_{PT} comprise entre 350 °C et 550 °C, et le maintien de la pièce formée à ladite température de post-traitement T_{PT} pendant un temps de maintien t_{PT} compris entre 10 s et 600 s,

30 - le refroidissement de la pièce formée jusqu'à la température ambiante pour obtenir la pièce en acier trempé durcie à la presse.

29.- Procédé selon la revendication 28, dans lequel la pièce en acier trempé durcie à la presse présente une épaisseur comprise entre 0,7 mm et 5 mm.

30.- Procédé selon la revendication 28 ou 29, dans lequel la composition de la

tôle d'acier est telle que $Al \geq 0,3 \%$.

31.- Assemblage soudé comprenant une première pièce en acier et une deuxième pièce en acier soudées ensemble par soudage par résistance par points, l'assemblage soudé comprenant au moins une soudure par résistance par points reliant
5 la première pièce en acier à la deuxième pièce en acier, dans lequel

la première pièce en acier est une pièce en acier trempé durcie à la presse selon l'une quelconque des revendications 21 à 27,

la deuxième pièce d'acier est constituée d'un acier présentant une composition comprenant, en pourcentage en poids :

10	$0,04 \% \leq C \leq 0,38 \%$
	$0,05 \% \leq Mn \leq 4,2 \%$
	$0,001 \% \leq Si \leq 1,5 \%$
	$0,005 \% \leq Al \leq 0,9 \%$
	$0,001 \% \leq Cr \leq 2 \%$
15	$Mo \leq 0,65 \%$
	$Ni \leq 2 \%$
	$0,001 \% \leq Ti \leq 0,2 \%$
	$Nb \leq 0,1 \%$
	$B \leq 0,010 \%$
20	$0,0005 \% \leq N \leq 0,010 \%$
	$0,0001 \% \leq S \leq 0,05 \%$
	$0,0001 \% \leq P \leq 0,1 \%$
	$W \leq 0,30 \%$
	$Ca \leq 0,006 \%$,

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

ladite soudure par points par résistance présente une valeur alpha d'au moins 50 daN/mm^2 et un rapport de bouchage d'au moins 0,70, la valeur alpha désignant la charge maximale en essai transversal divisée par le diamètre de la soudure et l'épaisseur, le rapport de bouchage étant égal au diamètre du bouchon divisé par le
30 diamètre de la zone fondue MZ.

32.- Assemblage soudé selon la revendication 31, dans lequel la première pièce en acier présente une composition telle que $Al \geq 0,3 \%$, et dans lequel la différence entre la dureté Vickers de l'acier de base de la première pièce en acier et la valeur minimale de dureté Vickers dans la zone affectée thermiquement est inférieure à 25 % de la dureté

Vickers de l'acier de base de la première pièce durcie à la presse.

- 33.- Utilisation d'une pièce en acier trempé à la presse selon l'une quelconque des revendications 21 à 27, ou produite par un procédé selon la revendication 28, pour la fabrication d'une pièce anti-intrusion ou d'une pièce d'absorption d'énergie d'un véhicule automobile.
- 5