

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 53640 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 8/02; C21D 9/46; C22C 38/06; C22C 38/04; C22C 38/02**
- (43) Date de publication : **31.05.2023**

(21) N° Dépôt : **53640**

(22) Date de Dépôt : **17.09.2019**

(30) Données de Priorité : **20.09.2018 WO PCT/IB2018/057253**

(86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2019/057795 17.09.2019**

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

(72) Inventeur(s) : **ALIBEIGI, Samaneh**

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

(86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation: **EP19772880.1**

(54) Titre : **TÔLE D'ACIER LAMINÉE À FROID ET REVÊTUE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION**

(57) Abrégé : L'invention concerne une tôle d'acier laminée à froid et traitée thermiquement présentant une composition comprenant les éléments suivants satisfaisant : 0,13 % = carbone = 0,18 %, 1,1 % = manganèse = 1,8 %, 0,5 % = silicium = 0,9 %, 0,6 % = aluminium = 1 %, 0,002 % = phosphore = 0,02 %, 0 % = soufre = 0,003 %, 0 % = azote = 0,007 %, et pouvant contenir un ou plusieurs des éléments facultatifs suivants : 0,05 % = chrome = 1 %, 0,001 % = molybdène = 0,5 %, 0,001 % = niobium = 0,1 %, 0,001 % = titane = 0,1 %, 0,01 % = cuivre = 2 %, 0,01 % = nickel = 3 %, 0,0001 % = calcium = 0,005 %, 0 % = vanadium = 0,1 %, 0 % = bore = 0,003 %, 0 % = cérium = 0,1 %, 0 % = magnésium = 0,010 %, 0 % = zirconium ? 0,010 %, la composition restante étant composée de fer et d'impuretés inévitables dues au traitement, la microstructure de ladite tôle d'acier comprenant, en fraction surfacique, 60 à 75 % de ferrite, 20 à 30 % de bainite, 10 à 15 % d'austénite résiduelle et 0 % à 5 % de martensite, les quantités cumulées d'austénite résiduelle et de ferrite étant situées entre 70 % et 80 %.

REVENDEICATIONS

1. Tôle d'acier laminée à froid dont la composition comprend les éléments suivants, exprimés en pourcentage en poids :

5	$0,13 \% \leq \text{Carbone} \leq 0,18 \%$
	$1,1 \% \leq \text{Manganèse} \leq 1,8 \%$
	$0,5 \% \leq \text{Silicium} \leq 0,9 \%$
	$0,6 \% \leq \text{Aluminium} \leq 1 \%$
	$0,002 \% \leq \text{Phosphore} \leq 0,02 \%$
10	$0 \% \leq \text{Soufre} \leq 0,003 \%$
	$0 \% \leq \text{Azote} \leq 0,007 \%$

et pouvant contenir un ou plusieurs des éléments facultatifs suivants

	$0,05 \% \leq \text{Chrome} \leq 1 \%$
	$0,001 \% \leq \text{Molybdène} \leq 0,5 \%$
15	$0,001 \% \leq \text{Niobium} \leq 0,1 \%$
	$0,001 \% \leq \text{Titane} \leq 0,1 \%$
	$0,01 \% \leq \text{Cuivre} \leq 2 \%$
	$0,01 \% \leq \text{Nickel} \leq 3 \%$
	$0,0001 \% \leq \text{Calcium} \leq 0,005 \%$
20	$0 \% \leq \text{Vanadium} \leq 0,1 \%$
	$0 \% \leq \text{Bore} \leq 0,003 \%$
	$0 \% \leq \text{Cérium} \leq 0,1 \%$
	$0 \% \leq \text{Magnésium} \leq 0,010 \%$
	$0 \% \leq \text{Zirconium} \leq 0,010 \%$

25 la composition restante étant composée de fer et d'impuretés inévitables causées par le traitement, la microstructure de ladite tôle d'acier comprenant, en fraction surfacique, 60 à 75 % de ferrite, 20 à 30 % de bainite, 10 à 15 % d'austénite résiduelle et 0 à 5 % de martensite, dans laquelle les quantités cumulées d'austénite résiduelle et de ferrite se situent entre 70 % et 80 %.

30

2. Tôle d'acier laminée à froid selon la revendication 1, dans laquelle la composition

comprend de 0,6 % à 0,8 % de silicium.

3. Tôle d'acier laminée à froid selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la composition comprend de 0,14 % à 0,18 % de carbone.

5

4. Tôle d'acier laminée à froid selon la revendication 3, dans laquelle la composition comprend de 0,6 % à 0,8 % d'aluminium.

10

5. Tôle d'acier laminée à froid selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la composition comprend de 1,2 % à 1,8 % de manganèse.

6. Tôle d'acier laminée à froid selon la revendication 5, dans laquelle la composition comprend de 1,3 % à 1,7 % de manganèse.

15

7. Tôle d'acier laminée à froid selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle les quantités cumulées de ferrite et d'austénite résiduelle sont comprises entre 73 % et 80 % et le pourcentage d'austénite résiduelle est inférieur à 13 %.

20

8. Tôle d'acier laminée à froid selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la quantité de martensite est comprise entre 0 % et 3 %.

9. Tôle d'acier laminée à froid selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle la teneur en carbone de l'austénite résiduelle est comprise entre 0,9 % et 1,1 %.

25

10. Tôle d'acier laminée à froid selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle ladite tôle d'acier a une résistance à la traction de 600 MPa ou plus, et un allongement total de 31 % ou plus.

30

11. Tôle laminée à froid selon la revendication 10, dans laquelle ladite tôle d'acier a une limite d'élasticité de 320 MPa ou plus et un allongement total de 33 % ou plus.

12. Tôle d'acier laminée à froid selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans laquelle la tôle d'acier est revêtue.

13. Procédé de production d'une tôle d'acier laminée à froid comprenant les étapes

5

successives suivantes :

- fournir une composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ;
- réchauffer ledit produit semi-fini à une température comprise entre 1150 °C et 1280 °C ;

10

- laminier ledit produit semi-fini dans le domaine austénitique, dans lequel la température de finition du laminage à chaud devant être comprise entre $Ac1 + 50$ °C et $Ac1 + 250$ °C, afin d'obtenir une tôle d'acier laminée à chaud ;
- refroidir la tôle à une vitesse de refroidissement supérieure à 30 °C/s jusqu'à une température de bobinage inférieure à 625 °C ; et bobiner ladite tôle laminée à chaud ;

15

- refroidir ladite tôle laminée à chaud jusqu'à la température ambiante ;
- effectuer facultativement un processus d'élimination de la calamine sur ladite tôle d'acier laminée à chaud ;
- effectuer facultativement un recuit sur la tôle d'acier laminée à chaud à une température comprise entre 400 °C et 750 °C ;

20

- effectuer facultativement un processus d'élimination de la calamine sur ladite tôle d'acier laminée à chaud ;
- laminier à froid ladite tôle d'acier laminée à chaud avec un taux de réduction compris entre 35 et 90 %, de manière à obtenir une tôle d'acier laminée à froid,

25

- effectuer ensuite un recuit à une température de trempage comprise entre $Ac1 + 30$ °C et $Ac3$ pendant une durée comprise entre 10 et 500 secondes en chauffant ladite tôle d'acier laminée à froid par un chauffage en deux étapes dans lequel :

- au cours de la première étape du chauffage, la tôle d'acier laminée à froid est chauffée à une vitesse de chauffage comprise entre 10 °C/s et 40 °C/s jusqu'à une plage de températures comprise entre 550 °C et 650 °C ;
- 5
- ensuite, au cours de la seconde étape, la tôle d'acier laminée à froid est chauffée à une vitesse de chauffage comprise entre 1 °C/s et 5 °C/s depuis une plage de températures comprise entre 550 °C et 650 °C jusqu'à la température de trempage de recuit à laquelle elle est maintenue,
- 10
- puis, refroidir la tôle d'acier laminée à froid lors d'un refroidissement en deux étapes dans lequel :
 - dans la première étape du refroidissement, la tôle d'acier laminée à froid est refroidie à une vitesse de refroidissement inférieure à 5 °C/s jusqu'à une plage de températures comprise entre 600 °C et 720 °C
- 15
- ensuite, au cours de la seconde étape, la tôle est refroidie à une vitesse de refroidissement comprise entre 10 °C/s et 100 °C/s à partir d'une plage de températures comprise entre 600 °C et 720 °C jusqu'à une température de survieillessement
- 20
- puis, ladite tôle d'acier laminée à froid est ensuite soumise à un survieillessement à une plage de températures comprise entre 250 °C et 470 °C pendant 5 à 500 secondes et
 - ensuite refroidie à température ambiante pour obtenir une tôle d'acier laminée à froid.
- 25
14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel la température d'enroulement est inférieure à 600 °C.
- 30
15. Procédé selon la revendication 13 ou 14, dans lequel la première température de laminage de finition est comprise entre $A_{c1} + 50$ °C et $A_{c1} + 200$ °C.
16. Procédé selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel la vitesse de

refroidissement après le recuit est inférieure à 3 °C/s dans la plage de températures comprise entre 625 °C et 720 °C.

- 5 17. Procédé de production d'une tôle d'acier laminée à froid selon l'une quelconque des revendications 13 à 16, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid est recuite entre Ac1 +30 °C et Ac3 et la température de recuit est choisie de manière à assurer la présence d'au moins 30 % d'austénite à la fin du trempage.
- 10 18. Procédé de production d'une tôle d'acier laminée à froid selon l'une des revendications 13 à 17, dans lequel la tôle d'acier laminée à froid peut être revêtue dans une plage de températures comprise entre 400 °C et 480 °C.
- 15 19. Utilisation d'une tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 ou d'une tôle d'acier produite selon le procédé des revendications 13 à 18, pour la fabrication de pièces structurelles ou de pièces de sécurité d'un véhicule.
20. Véhicule comprenant une pièce obtenue selon la revendication 19.