

(12) BREVET D'INVENTION

- (11) N° de publication : **MA 50835 B1** (51) Cl. internationale : **B23K 103/10; B23K 26/14; B23K 26/36; C22C 38/06; C21D 9/50; C22C 38/00; C22C 38/04; B32B 15/01**
- (43) Date de publication : **31.01.2024**

-
- (21) N° Dépôt : **50835**
- (22) Date de Dépôt : **19.10.2018**
- (30) Données de Priorité : **20.10.2017 WO PCT/IB2017/056546**
- (86) Données relatives à la demande internationale selon le PCT: **PCT/IB2018/058129 19.10.2018**
- (71) Demandeur(s) : **Arcelormittal, 24-26 Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)**
- (72) Inventeur(s) : **SCHMIT, Francis ; BERNARDI, Quentin**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**
- (86) N° de dépôt auprès de l'organisme de validation : EP 18792541.7

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE FABRICATION DE TOLES D'ACIER ALUMINIEES DESTINEES ET TOLES D'ACIER ALUMINIEES ASSOCIÉE**
- (57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication d'une tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant : l'utilisation d'une bande d'acier pré-revêtue comprenant un substrat en acier (3) comportant, sur au moins l'une de ses faces principales, un pré-revêtement comprenant une couche d'alliage intermétallique et une couche d'alliage métallique, la couche d'alliage métallique étant une couche d'aluminium, une couche d'alliage d'aluminium ou une couche d'alliage à base d'aluminium ; la découpe au laser de ladite bande d'acier pré-revêtue de manière à obtenir au moins une tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant une surface de bord de coupe (13) résultant de l'opération de découpe, la surface de bord de coupe (13) comprenant une région de substrat (14) et une région de pré-revêtement (15) et l'épaisseur de la tôle d'acier pré-revêtue (1) étant comprise entre 0,8 mm et 5 mm. La découpe au laser est réalisée de telle sorte qu'elle conduit directement à l'obtention d'une zone (19) plus résistante à la corrosion au niveau de la surface de bord de coupe (13). La fraction de la surface de l'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone (19) plus résistante à la corrosion est supérieure ou égale à 9 % et la fraction de la surface de l'aluminium sur la

moitié inférieure de la région de substrat (14) de la zone (19) plus résistante à la corrosion est supérieure ou égale à 0,5 %.

REVENDEICATIONS

1.- Procédé de fabrication d'une tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant les étapes successives de :

- 5 - fourniture d'une bande d'acier pré-revêtue (2) comprenant un substrat en acier (3) ayant, sur au moins une de ses faces principales, un pré-revêtement (5), le pré-revêtement (5) comprenant une couche d'alliage intermétallique (9) et une couche d'alliage métallique (11) s'étendant au-dessus de la couche d'alliage intermétallique (9), la couche d'alliage métallique (11) étant une couche d'aluminium, une couche d'alliage d'aluminium ou une couche d'alliage à base d'aluminium,
- 10 - découpe au laser de ladite bande d'acier pré-revêtue (2) afin d'obtenir au moins une tôle d'acier pré-revêtue (1), ladite tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant une surface de bord de coupe (13) résultant de l'opération de découpe, la surface de bord de coupe (13) comprenant une région de substrat (14) et une région de pré-revêtement (15) et l'épaisseur de la tôle d'acier pré-revêtue (1) étant comprise entre 0,8 mm et 5 mm,
- 15 caractérisé en ce que la découpe au laser est effectuée de sorte qu'elle aboutit directement à une zone (19) plus résistante à la corrosion de la surface de bord de coupe (13), s'étendant sur toute la hauteur (h) de la surface de bord de coupe (13) et sur une longueur inférieure ou égale à la longueur de la surface de bord de coupe (13), la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone plus résistante à
- 20 la corrosion (19) de la surface de bord de coupe (13) résultant directement de l'opération de découpe au laser étant supérieure ou égale à 9 % et la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium sur la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) de la surface de bord de coupe (13) résultant directement de l'opération de découpe au laser étant supérieure ou égale à 0,5 %,
- 25 dans lequel l'étape de découpe au laser est réalisée en utilisant un gaz inerte comme gaz de soufflage, dans lequel l'étape de découpe au laser est réalisée à l'aide d'un laser à CO₂, et
- 30 dans lequel, afin d'obtenir la zone plus résistante à la corrosion (19), la découpe au laser est effectuée en utilisant une énergie linéaire de découpe au laser E comprise entre 0,18 kJ/cm et 0,29 kJ/cm et une pression de gaz de soufflage P comprise entre $P_{\text{min}} = 54,5 \times E - 7,8$ bars et P_{max} , moyennant quoi P_{max} est égal à 14 bars pour $E \leq 0,24$ kJ/cm et P_{max} est égal à $-80 \times E + 33,2$ bars pour $E > 0,24$ kJ/cm.

2.- Procédé selon la revendication 1, dans lequel la découpe au laser est effectuée de sorte que, dans ladite zone plus résistante à la corrosion (19) de la surface de bord de coupe (13), la fraction de surface d'aluminium sur la région de substrat (14) résultant directement de l'opération de découpe au laser est comprise entre 9 % et 70 %.

5 3.- Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, dans lequel le gaz de soufflage est choisi parmi l'argon, l'hélium, l'azote et les mélanges de ces gaz.

10 4.- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la découpe au laser est effectuée de sorte que la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium résultant directement de l'opération de découpe au laser sur la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la surface de bord de coupe (13) soit supérieure ou égale à 1,5 %.

15 5.- Procédé selon la revendication 4, dans lequel, afin d'obtenir la zone plus résistante à la corrosion (19), la découpe au laser est effectuée en utilisant une énergie linéaire de découpe au laser E comprise entre 0,18 kJ/cm et 0,29 kJ/cm et une pression de gaz de soufflage P comprise entre $P_{\text{min}} = 72,7 \times E - 11,1$ bars et P_{max} , moyennant quoi P_{max} est égal à 14 bars pour $E \leq 0,24$ kJ/cm et P_{max} est égal à $-80 \times E + 33,2$ bars pour $E > 0,24$ kJ/cm.

20 6. - Procédé selon la revendication 4 ou 5, dans lequel la découpe au laser est en outre effectuée de sorte que, dans ladite zone plus résistante à la corrosion (19), le rapport de la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) divisée par la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium dans la moitié inférieure de la région de substrat (14) est inférieur ou égal à 5,5 et la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la surface de bord de coupe (13) de la tôle d'acier pré-revêtue (1) résultant directement de l'opération de découpe au laser est supérieure ou égale à 11 %.

25 7.- Procédé selon la revendication 6, dans lequel, pour obtenir la zone plus résistante à la corrosion (19), la découpe au laser est effectuée en utilisant une énergie linéaire de découpe au laser E comprise entre 0,18 kJ/cm et 0,24 kJ/cm et une pression de gaz de soufflage comprise entre $P_{\text{min}} = 200 \times E - 34$ bars et $P_{\text{max}} = 14$ bars.

30 8.- Procédé de fabrication d'une tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant les étapes successives de :

- fourniture d'une bande d'acier pré-revêtue (2) comprenant un substrat en acier (3)

ayant, sur au moins une de ses faces principales, un pré-revêtement (5), le pré-revêtement (5) comprenant une couche d'alliage intermétallique (9) et une couche d'alliage métallique (11) s'étendant au-dessus de la couche d'alliage intermétallique (9), la couche d'alliage métallique (11) étant une couche d'aluminium, une couche d'alliage d'aluminium ou une

5 couche d'alliage à base d'aluminium,

- découpe au laser de ladite bande d'acier pré-revêtue (2) afin d'obtenir au moins une tôle d'acier pré-revêtue (1), ladite tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant une surface de bord de coupe (13) résultant de l'opération de découpe, la surface de bord de coupe (13) comprenant une région de substrat (14) et une région de pré-revêtement (15) et

10 l'épaisseur de la tôle d'acier pré-revêtue (1) étant comprise entre 0,8 mm et 5 mm,

caractérisé en ce que la découpe au laser est effectuée de sorte qu'elle aboutit directement à une zone (19) plus résistante à la corrosion de la surface de bord de coupe (13), s'étendant sur toute la hauteur (h) de la surface de bord de coupe (13) et sur une longueur inférieure ou égale à la longueur de la surface de bord de coupe (13), la fraction

15 de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) de la surface de bord de coupe (13) résultant directement de l'opération de découpe au laser étant supérieure ou égale à 9 % et la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium sur la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) de la surface de bord de coupe (13) résultant directement de l'opération

20 de découpe au laser étant supérieure ou égale à 0,5 %, dans lequel l'étape de découpe au laser est effectuée en utilisant un gaz inerte comme un gaz de soufflage,

dans lequel l'étape de découpe au laser est réalisée à l'aide d'un laser à solides, et dans lequel, afin d'obtenir la zone plus résistante à la corrosion (19), la découpe au laser est effectuée en utilisant une énergie linéaire de découpe au laser E comprise entre

25 0,08 kJ/cm et 0,34 kJ/cm et une pression de gaz de soufflage P comprise entre P_{min} et P_{max} , moyennant quoi $P_{\text{min}} = 64,3 \times E - 3,9$ bars lorsque $E > 0,2$ kJ/cm et $P_{\text{min}} = 9$ bars lorsque $E \leq 0,2$ kJ/cm et P_{max} est égale à $28,6 \times E + 8,3$ bars.

9.- Procédé selon la revendication 8, dans lequel le laser à solides est un laser Nd:YAG, un laser à fibre, un laser à disque ou un laser à diode.

10.- Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel la découpe au laser est effectuée de sorte que, dans ladite zone plus résistante à la corrosion (19) de la surface de bord de coupe (13), la fraction de surface d'aluminium sur la région de substrat (14)

30

résultant directement de l'opération de découpe au laser est comprise entre 9 % et 70 %.

11.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel la découpe au laser est effectuée de telle sorte que la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium résultant directement de l'opération de découpe au laser sur la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la surface de bord de coupe (13) soit supérieure ou égale à 1,5 %.

12.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, dans lequel le gaz de soufflage est choisi parmi l'argon, l'hélium, l'azote et les mélanges de ces gaz.

13.-

10 Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'épaisseur de

la tôle d'acier pré-revêtue (1) est comprise entre 1,0 mm et 1,8 mm, et plus particulièrement entre 1,0 et 1,5 mm.

14.-

15 Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la zone plus résistante à la corrosion (19) forme une première section de la surface de bord de coupe (13) s'étendant seulement sur une fraction de la longueur de la surface de bord de coupe (13) et dans lequel la découpe au laser est en outre effectuée de sorte que, dans une seconde section (20) de la surface de bord de coupe (13), s'étendant sur toute la hauteur de la surface de bord de coupe (13) et sur une fraction seulement de la longueur de la surface de bord de coupe (13), la fraction de surface d'aluminium sur la région de substrat (14) résultant directement de l'opération de découpe au laser soit comprise entre 0,3 % et 6 %.

25 15.- Procédé selon la revendication 4 dans lequel, afin d'obtenir la seconde section (20) de la surface de bord de coupe (13), la découpe au laser est effectuée sur la seconde section (20) en utilisant une énergie linéaire de découpe au laser supérieure ou égale à 0,6 kJ/cm.

16.- Procédé selon la revendication 5 dans lequel la pression du gaz de

soufflage est comprise entre 2 et 18 bars.

17.- Procédé de fabrication d'un flan soudé, comprenant les étapes de :

- production d'une première et une seconde tôle d'acier pré-revêtue (1), au moins une parmi la première et la seconde tôle d'acier pré-revêtue (1) étant produite en utilisant
5 le procédé selon l'une quelconque des revendications 14 à 16 ;

- le soudage bout à bout de la première et de la seconde tôle d'acier pré-revêtue (1) de manière à créer un joint de soudure entre lesdites tôles d'acier pré-revêtues (1) et à obtenir ainsi un blanc soudé, moyennant quoi l'étape de soudage bout à bout comprend une étape consistant à agencer la première et la seconde tôle d'acier pré-revêtue (1) de
10 sorte que la seconde section (20) d'au moins une des tôles d'acier pré-revêtues (1) soit en face d'un bord, et de préférence d'une seconde section (20), de l'autre tôle d'acier pré-revêtue (1).

18.- Procédé selon la revendication 17, dans lequel le soudage est une opération de soudage au laser.

15 19.- Procédé selon la revendication 17 ou la revendication 18, comprenant en outre, avant l'étape de soudage bout à bout, une étape de retrait, pour chacune des première et seconde tôles d'acier (1), de la couche d'alliage métallique (11') dans une zone de retrait (25) adjacente à la seconde section (20) de la tôle d'acier pré-revêtue (1) respective et dans lequel, pendant l'étape de soudage bout à bout, les tôles d'acier pré-
20 revêtues (1) sont soudées sur leurs bords où la couche d'alliage métallique (11') a été retirée.

20.- Procédé selon la revendication 19, dans lequel le retrait de la couche d'alliage métallique (11') est effectuée à l'aide d'un faisceau laser.

21.- Procédé selon la revendication 19 ou la revendication 20, dans lequel, au
25 cours de l'étape de retrait, la couche d'alliage intermétallique (9') est laissée dans la zone de retrait (25) sur au moins une partie de sa hauteur.

22.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 17 à 21, dans lequel le soudage est effectué à l'aide d'un fil d'apport ou d'une addition de poudre, le fil d'apport ou la poudre contenant de préférence des éléments d'alliage formant de l'austénite.

23.- Procédé de fabrication d'une pièce en acier durcie à la presse comprenant les étapes successives de :

- mise en œuvre du procédé selon les revendications 17 à 22 afin d'obtenir un blanc soudé ;
- 5 - le chauffage du blanc soudé de manière à obtenir une structure au moins partiellement austénitique dans les tôles d'acier pré-revêtues (1) constituant le blanc soudé ;
- le formage à chaud du blanc soudé dans une presse pour obtenir une pièce en acier formée à chaud ; et
- 10 - le refroidissement de la pièce en acier dans la presse afin d'obtenir une pièce en acier durcie à la presse.

24.- Procédé de fabrication d'une pièce en acier selon la revendication 23, dans lequel la vitesse de refroidissement est égale ou supérieure à la vitesse de refroidissement martensitique ou bainitique critique des tôles d'acier (1).

15 25.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) comprenant :

- une partie de substrat en acier (3') portant, sur au moins une de ses faces, une partie de pré-revêtement (5'), la partie de pré-revêtement (5') comprenant une partie de couche d'alliage intermétallique (9') et une partie de couche d'alliage métallique (11') s'étendant sur la partie de couche d'alliage intermétallique (9'), la partie de couche d'alliage métallique (11') étant une couche d'aluminium, une couche d'alliage d'aluminium ou une
- 20 couche d'alliage à base d'aluminium, l'épaisseur de la tôle d'acier pré-revêtue (1) étant comprise entre 0,8 mm et 5 mm, et
- au moins une surface de bord découpée au laser (13), la surface de bord découpée au laser (13) comprenant une partie de substrat (14) et au moins une partie de pré-
- 25 revêtement (15),
- dans laquelle la tôle d'acier pré-revêtue (1) comprend, sur la surface de bord découpée au laser (13), une pluralité de stries de solidification,
- dans laquelle la surface de bord découpée au laser (13) comprend une zone plus
- 30 résistante à la corrosion (19), s'étendant sur toute la hauteur (h) de la surface de bord découpée au laser (13) et sur une longueur inférieure ou égale à la longueur de la surface

de bord découpée au laser (13),

et dans laquelle la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) est supérieure ou égale à 9 % et la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium sur la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) est supérieure ou égale à 0,5 %.

26.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) selon la revendication 25, dans laquelle la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) est comprise entre 9 % et 70 %.

27.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) selon la revendication 24 ou la revendication 25, dans laquelle la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium sur la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) est supérieure ou égale à 1,5 %.

28.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) selon la revendication 27, dans laquelle le rapport (R) de la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) divisée par la fraction de surface ($S_{\text{Inférieure}}$) d'aluminium dans la moitié inférieure de la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) est inférieur ou égal à 5,5 et la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la zone plus résistante à la corrosion (19) est supérieure ou égale à 11 %.

29.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) selon l'une quelconque des revendications 25 à 28, dans laquelle la zone plus résistante à la corrosion (19) s'étend sur toute la longueur de la surface de bord découpée au laser (13).

30.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) selon l'une quelconque des revendications 25 à 28, dans laquelle la longueur de la zone plus résistante à la corrosion (19) est strictement inférieure à la longueur totale de la surface de bord découpée au laser (13) et la surface de bord découpée au laser (13) comprend en outre une seconde section (20) s'étendant sur toute la hauteur de la surface de bord découpée au laser (13) et sur une fraction seulement de la longueur de la surface de bord découpée au laser (13), et dans laquelle la fraction de surface (S_{Totale}) d'aluminium sur la région de substrat (14) de la seconde section

(20) est comprise entre 0,3 % et 6 %.

31.- Tôle d'acier pré-revêtue (1) selon l'une quelconque des revendications 25 à 30, dans laquelle l'épaisseur de la tôle d'acier pré-revêtue (1) est comprise entre 1,0 mm et 1,8 mm, et plus particulièrement entre 1,0 mm et 1,5 mm.