

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/005780 A1

(43) Date de la publication internationale
14 janvier 2016 (14.01.2016)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

C21D 8/02 (2006.01) C22C 38/04 (2006.01)
C21D 8/04 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01) C22C 38/12 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01) C22C 38/14 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/IB2014/001312

(22) Date de dépôt international :

11 juillet 2014 (11.07.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(71) Déposant : ARCELORMITTAL INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO SL [ES/ES]; CL/Chavarrí, 6, E-48910
Sestao, Bizkaia (ES).

(72) Inventeurs : PIPARD, Jean-Marc; 6 Derrière la Loi, F-
57130 Vaux (FR). PERLADE, Astrid; 10 parc de l'Ab-
baye, F-57050 Le Ban-Saint-Martin (FR). WEBER, Bas-
tien; 20, rue des Roseaux, F-57000 Metz (FR). MILANI,
Aurélie; 3 Clos Sainte Barbe, F-57330 Volmerange-Les-
Mines (FR). PECHENOT, Florence; 9 rue des Prêles, F-
57000 Metz (FR).

(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; ArcelorMittal France,
Research & Development Intellectual Property, 6, rue

Campra - Immeuble Le Cézanne, F-93200 Saint-Denis
(FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

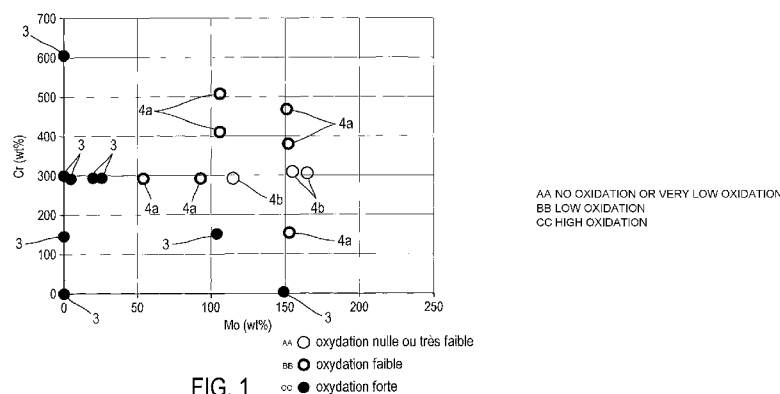
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,
TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM,
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : HOT-ROLLED STEEL SHEET AND ASSOCIATED MANUFACTURING METHOD

(54) Titre : TÔLE D'ACIER LAMINÉE À CHAUD ET PROCÉDÉ DE FABRICATION ASSOCIÉ



(57) Abstract : The invention mainly relates to a sheet of hot-rolled steel having an elastic limit higher than 680 MPa at least in the direction across the rolling direction, and no higher than 840 MPa, with a strength of 780 MPa and 950 MPa, an elongation at break higher than 10% and hole expansion ratio (Ac) no lower than 45%, in which the chemical composition includes, the contents being given as weight percentages: 0.04% < C < 0.08%, 1.2% < Mn < 1.9%, 0.1% < Si < 0.3%, 0.07% < Ti < 0.125%, 0.05% < Mo < 0.25%, 0.16% < Cr < 0.55% when 0.05% < Mo < 0.11% or 0.10% < Cr < 0.55% when 0.11% < Mo < 0.25%, Nb < 0.045%, 0.005% ≤ Al < 0.1%, 0.002% < N < 0.01%, S < 0.004%, P < 0.020%, the remainder consisting of iron and inevitable impurities from the production process, in which the microstructure consists of granular bainite with a surface percentage higher than 70%, and ferrite with a surface percentage lower than 20%, the possible complement consisting of lower bainite, martensite and residual austenite, the sum of the contents of martensite and residual austenite being lower than 5%. The invention also relates to the method for manufacturing such a sheet.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2016/005780 A1

L'invention porte principalement sur une tôle d'acier laminée à chaud de limite d'élasticité supérieure à 680 MPa au moins en sens travers de la direction de laminage, et inférieure ou égale à 840 MPa, de résistance comprise entre 780 MPa et 950 MPa, d'allongement à rupture supérieur à 10% et de rapport d'expansion de trou (Ac) supérieur ou égal à 45%, dont la composition chimique comprend, les teneurs étant exprimées en poids : $0,04\% < C < 0,08\%$ $1,2\% < Mn < 1,9\%$ $0,1\% < Si < 0,3\%$ $0,07\% < Ti < 0,125\%$ $0,05\% < Mo < 0,25\%$ $0,16\% < Cr < 0,55\%$ lorsque $0,05\% < Mo < 0,11\%$, ou $0,10\% < Cr < 0,55\%$ lorsque $0,11\% < Mo < 0,25\%$ $Nb < 0,045\%$ $0,005\% \leq Al < 0,1\%$ $0,002\% < N < 0,01\%$ $S < 0,004\%$ $P < 0,020\%$ le reste étant constitué de fer et d'impuretés inévitables provenant de l'élaboration, dont la microstructure est constituée de bainite granulaire dont le pourcentage surfacique est supérieur à 70%, et de ferrite dont le pourcentage surfacique est inférieur à 20%, le complément éventuel étant constitué de bainite inférieure, de martensite et d'austénite résiduelle, la somme des teneurs en martensite et en austénite résiduelle étant inférieure à 5%. L'invention porte également sur le procédé de fabrication d'une telle tôle.

Tôle d'acier laminée à chaud et procédé de fabrication associé.

L'invention concerne principalement une tôle d'acier laminée à chaud.

5 L'invention concerne en outre un procédé permettant de fabriquer une telle tôle d'acier.

Le besoin d'allègement des véhicules automobiles et d'accroissement de la sécurité ont conduit à l'élaboration d'aciers à haute résistance.

10 On a historiquement commencé par développer des aciers comprenant des éléments d'addition de façon à obtenir principalement un durcissement par précipitation.

Puis, on a proposé des aciers « Dual Phase » qui comportent de la martensite au sein d'une matrice ferritique de façon à obtenir un durcissement structural.

15 Afin d'obtenir des niveaux de résistance supérieure combinés à une aptitude à la déformation, on a développé des aciers « TRIP » (Transformation Induced Plasticity) dont la microstructure est constituée d'une matrice ferritique comportant de la bainite et de l'austénite résiduelle qui, sous l'effet d'une déformation, par exemple lors d'une opération d'emboutissage, se transforme en martensite.

20 Pour atteindre une résistance mécanique supérieure à 800 MPa, des aciers multiphasés à structure majoritairement bainitique ont été proposés. Ces aciers sont utilisés dans l'industrie, et particulièrement dans l'industrie automobile, pour réaliser des pièces structurales.

25 Ce type d'acier est décrit dans la publication EP 2 020 451. Afin d'obtenir un allongement à rupture supérieur à 10% ainsi qu'une résistance mécanique supérieure à 800 MPa, les aciers décrits dans cette publication comportent, outre la présence connue de carbone, de manganèse et de silicium, du molybdène et du vanadium. La microstructure de ces aciers comprend essentiellement de la bainite supérieure (au moins 80%) ainsi que de la bainite inférieure, de la
30 martensite et de l'austénite résiduelle.

Cependant, la fabrication de ces aciers est coûteuse du fait de la présence de molybdène et de vanadium.

De plus, certaines pièces automobiles telles que les poutres de pare-choc et les bras de suspension, sont fabriquées par des opérations de mise en forme combinant différents modes de déformation. Certaines caractéristiques microstructurales de l'acier peuvent se révéler bien adaptées à un mode de déformation, mais peu favorables vis-à-vis d'un autre mode. Certaines parties des pièces doivent présenter une haute résistance à l'allongement, d'autres doivent présenter une bonne aptitude à la mise en forme d'un bord découpé. Cette dernière propriété est évaluée par la méthode d'expansion de trou décrite dans la norme ISO 16630 :2009.

Un type d'acier palliant ces inconvénients est exempt de molybdène et de vanadium, et comprend du titane et du niobium dans des teneurs spécifiques, ces deux éléments conférant notamment à la tôle la résistance visée, le durcissement nécessaire et le rapport d'expansion de trou visé.

Les tôles d'acier faisant l'objet de la présente invention sont soumises à un bobinage à chaud, cette opération permettant notamment de faire précipiter les carbures de titane et de conférer à la tôle un maximum de durcissement.

Or il a été constaté que pour certains aciers comprenant des éléments plus oxydables que le fer tels que du silicium, du manganèse, du chrome et de l'aluminium, certaines tôles résultantes bobinées à haute température présentent des défauts de surface. Ces défauts peuvent être amplifiés par une déformation ultérieure réalisée sur ces tôles. Pour éviter ces défauts, il est ainsi nécessaire, soit d'effectuer un refroidissement rapide des bobines à l'aide d'un procédé supplémentaire conduisant à un coût plus élevé, soit d'effectuer l'opération de bobinage à plus basse température, ce qui provoque une diminution de la précipitation du titane.

L'invention vise donc à mettre à disposition une tôle pour laquelle l'opération de bobinage à haute température n'engendre pas la formation des défauts de surface précités.

Par ailleurs, l'invention vise une tôle d'acier à l'état non revêtu ou galvanisé. La composition et les caractéristiques mécaniques de l'acier doivent être compatibles avec les contraintes et les cycles thermiques des procédés de revêtement de zinc au trempé en continu.

L'invention a également pour but de proposer un procédé de fabrication d'une tôle d'acier ne nécessitant pas d'efforts de laminage importants, ce qui permet d'en assurer la fabrication dans une large gamme d'épaisseur, par exemple entre 1,5 et 4,5 millimètres.

5 Enfin, l'invention vise une tôle d'acier laminé à chaud de coût de fabrication économique, présentant conjointement une limite d'élasticité supérieure à 680 MPa au moins en sens travers de la direction de laminage, et inférieure ou égale à 840 MPa, une résistance mécanique comprise entre 780 MPa et 950 MPa, un allongement à rupture supérieur à 10% et un rapport d'expansion de trou (Ac)
10 supérieur ou égal à 45%.

A cet effet, la tôle de l'invention est essentiellement caractérisée en ce que sa composition chimique comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$$0,04\% \leq C \leq 0,08\%$$

$$1,2\% \leq Mn \leq 1,9\%$$

15 $0,1\% \leq Si \leq 0,3\%$

$$0,07\% \leq Ti \leq 0,125\%$$

$$0,05\% \leq Mo \leq 0,25\%$$

$$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%, \text{ ou}$$

$$0,10\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,11\% < Mo \leq 0,25\%$$

20 $Nb \leq 0,045\%$

$$0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0,002\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,004\%$$

$$P < 0,020\%$$

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

dont la microstructure est constituée de bainite granulaire dont le pourcentage surfacique est supérieur à 70%, et de ferrite dont le pourcentage surfacique est inférieur à 20%, le complément éventuel étant constitué de bainite inférieure, de
30 martensite et d'austénite résiduelle, la somme des teneurs en martensite et en austénite résiduelle étant inférieure à 5%.

La tôle de l'invention peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

5 $0,27\% \leq Cr \leq 0,52\%$ lorsque $0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%$, ou

$0,10\% \leq Cr \leq 0,52\%$ lorsque $0,11\% < Mo \leq 0,25\%$

- la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq Mo \leq 0,18\%$, et

$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\%$ lorsque $0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%$, ou

10 $0,10\% \leq Cr \leq 0,55\%$ lorsque $0,11\% < Mo \leq 0,18\%$

- la composition chimique comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq C \leq 0,07\%$

$1,4\% \leq Mn \leq 1,6\%$

$0,15\% \leq Si \leq 0,3\%$

15 $Nb \leq 0,04\%$

$0,01\% \leq Al \leq 0,07\%$

- la composition chimique comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,040\% \leq Tieff \leq 0,095\%$

où $Tieff = Ti - 3,42 \times N$,

20 Ti étant la teneur en titane exprimée en poids

N étant la teneur en azote exprimée en poids

- la tôle d'acier est bobinée et décapée, l'opération de bobinage étant menée

à une température comprise entre 525 °C et 635 °C suivie d'une opération de décapage, et la profondeur des défauts superficiels dus à l'oxydation répartis sur

25 n zones d'oxydation i de la dite tôle bobinée, i étant compris entre 1 et n, et les n

zones d'oxydation s'étendant sur une longueur l_{ref} d'observation, satisfait :

- un premier critère de profondeur maximale défini par

$$P_i^{\max} \leq 8 \text{ micromètres}$$

avec P_i^{\max} : profondeur maximale d'un défaut dû à l'oxydation sur la zone

30 d'oxydation i de la dite tôle bobinée, et

- un second critère de profondeur moyenne défini par

$$\frac{1}{l_{ref}} \sum_i^n P_i^{moy} \times l_i \leq 2,5 \text{ micromètres}$$

avec P_i^{moy} : profondeur moyenne des défauts dus à l'oxydation sur une zone d'oxydation i, et

l_i : longueur de la zone d'oxydation i

- la longueur l_{ref} d'observation des défauts dus à l'oxydation est supérieure ou égale à 100 micromètres.

- la longueur l_{ref} d'observation des défauts dus à l'oxydation est supérieure ou égale à 500 micromètres.

- la tôle est bobinée en spires jointives à une tension minimale de bobinage de 3 tonnes-force.

10 L'invention porte en outre sur un procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud de limite d'élasticité supérieure à 680 MPa au moins en sens travers de la direction de laminage, et inférieure ou égale à 840 MPa, de résistance comprise entre 780 MPa et 950 MPa et d'allongement à rupture supérieur à 10%, qui est essentiellement caractérisé en ce qu'on approvisionne
15 sous forme de métal liquide un acier dont la composition comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$$0,04\% \leq C \leq 0,08\%$$

$$1,2\% \leq Mn \leq 1,9\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,3\%$$

20 $0,07\% \leq Ti \leq 0,125\%$

$$0,05\% \leq Mo \leq 0,25\%$$

$$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%, \text{ ou}$$

$$0,10\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,11\% < Mo \leq 0,25\%$$

$$Nb \leq 0,045\%$$

25 $0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$

$$0,002\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,004\%$$

$$P < 0,020\%$$

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

30 en ce qu'on effectue un traitement sous vide ou au SiCa, dans ce dernier cas, la composition comprend en outre, les teneurs étant exprimées en poids

$$0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%,$$

en ce que les quantités de titane [Ti] et d'azote [N] dissoutes dans le métal liquide satisfont à $(\%[Ti]) \times (\%[N]) < 6 \cdot 10^{-4} \%^2$, en ce qu'on coule l'acier pour obtenir un demi-produit coulé,

en ce qu'on réchauffe éventuellement le dit demi-produit à une température comprise entre 1160°C et 1300°C, puis

en ce qu'on lamine à chaud ledit demi-produit coulé avec une température de fin de laminage comprise entre 880°C et 930 °C, le taux de réduction de l'avant-dernière passe étant inférieur à 0,25, le taux de la dernière passe étant inférieur à 0,15, la somme des deux taux de réduction étant inférieure à 0,37, la température de début de laminage de l'avant dernière passe étant inférieure à 960 °C, de façon à obtenir un produit laminé à chaud, puis

en ce qu'on refroidit le dit produit laminé à chaud à une vitesse comprise entre 50 et 150 °C/s de façon à obtenir une tôle d'acier laminé à chaud,

et en ce qu'on bobine la dite tôle à une température comprise entre 525 et 635 °C.

Le procédé de l'invention peut également comporter les caractéristiques optionnelles suivantes considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniques possibles :

- la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,27\% \leq Cr \leq 0,52\%$ lorsque $0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%$, ou

$0,10\% \leq Cr \leq 0,52\%$ lorsque $0,11\% < Mo \leq 0,25\%$

- la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq Mo \leq 0,18\%$, et

$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\%$ lorsque $0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%$, ou

$0,10\% \leq Cr \leq 0,55\%$ lorsque $0,11\% < Mo \leq 0,18\%$

- la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq C \leq 0,08\%$

$1,4\% \leq Mn \leq 1,6\%$

$0,15\% \leq Si \leq 0,3\%$

$Nb \leq 0,04\%$

$0,01\% \leq Al \leq 0,07\%$

- on bobine la tôle à une température comprise entre 580 et strictement 630 °C.

- on bobine la tôle à une température comprise entre 530 et 600 °C,

on décape la dite tôle, puis

on réchauffe la tôle décapée à une température comprise entre 600 et 750 °C, puis on refroidit la tôle décapée réchauffée à une vitesse comprise entre 5 et 20°C/s,

et on revêt de zinc la tôle obtenue dans un bain de zinc adapté.

5 - on bobine la tôle en spires jointives à une tension minimale de bobinage de 3 tonnes-force.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront clairement de la description qui en est donnée ci-dessous, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux figures annexées parmi lesquelles :

10 - la figure 1 est un graphique illustrant les résultats en termes d'oxydation en cœur de bobine des tôles de l'invention et des tôles de l'art antérieur, bobinées à une température de 590°C, comprenant différents teneurs en chrome et en molybdène,

15 - la figure 2 est une représentation schématique de la surface d'une tôle vue en coupe illustrant la répartition des défauts superficiels dus à l'oxydation sur une tôle bobinée et décapée, en vue de la définition d'un critère d'oxydation admissible,

20 - la figure 3 est un graphique représentant l'évolution de la limite d'élasticité mesurée dans le sens de laminage en fonction de la teneur en titane efficace des tôles de l'invention pour lesquelles les teneurs en titane et en azote varient,

- la figure 4 est un graphique représentant l'évolution de la limite d'élasticité dans le sens travers à la direction de laminage en fonction de la teneur en titane efficace des tôles de l'invention pour lesquelles les teneurs en titane et en azote varient,

25 - la figure 5 est un graphique représentant l'évolution de la résistance maximale en traction dans le sens de laminage en fonction de la teneur en titane efficace des tôles de l'invention pour lesquelles les teneurs en titane et en azote varient,

30 - la figure 6 est un graphique représentant l'évolution de la résistance maximale en traction dans le sens travers du laminage en fonction de la teneur en titane efficace des tôles de l'invention pour lesquelles les teneurs en titane et en azote varient,

- la figure 7 est une photographie prise au Microscope Electronique à Balayage représentant l'état de surface en coupe d'une tôle après décapage dont

la composition se situe en dehors de la portée de l'invention et qui ne satisfait pas aux critères d'oxydation,

- la figure 8 est une photographie prise au Microscope Electronique à Balayage représentant l'état de surface en coupe d'une tôle de l'invention après décapage qui satisfait aux critères d'oxydation,

- la figure 9 est une photographie prise au Microscope Electronique à Balayage représentant l'état de surface en coupe d'une tôle de l'invention après décapage dont la composition diffère de celle de la tôle représentée sur la figure 8 et qui satisfait également aux critères d'oxydation, et

- la figure 10 est une photographie prise au Microscope Electronique à Balayage représentant la microstructure d'une tôle de l'invention.

Les inventeurs ont découvert que les défauts de surface présents sur certaines tôles bobinées à hautes températures, notamment au-dessus d'une température de 570°C, sont principalement localisés au niveau du cœur de la bobine. Dans cette région, les spires sont jointives, et la pression partielle d'oxygène est telle que seuls des éléments plus oxydables que le fer comme par exemple le silicium, le manganèse ou le chrome peuvent encore s'oxyder au contact d'atomes d'oxygène.

Le diagramme de phase fer-oxygène à 1 atmosphère montre que l'oxyde de fer, la wustite, formé à hautes températures n'est plus stable en deçà de 570°C et se décompose à l'équilibre thermodynamique en deux autres phases: l'hématite et la magnétite, l'un des produits de cette réaction étant l'oxygène.

Les inventeurs ont ainsi identifié que les conditions sont réunies pour qu'en cœur de bobine, l'oxygène ainsi libéré se combine avec les éléments plus oxydables que le fer, soit notamment le manganèse, le silicium, le chrome et l'aluminium présents à la surface de la tôle. Les joints de grains de la microstructure finale constituent naturellement des courts-circuits de diffusion pour ces éléments par rapport à une diffusion homogène dans la matrice. Il en résulte une oxydation plus marquée et plus profonde au niveau des joints de grains.

Lors de l'opération de décapage visant à éliminer la couche de calamine, les oxydes ainsi formés sont également retirés, laissant place à des défauts (manques de continuité) sensiblement perpendiculaires à la peau de la tôle d'environ 3 à 5 micromètres.

Si ces défauts ne provoquent pas de dégradation particulière des performances en fatigue pour une tôle non soumise à déformation, ce n'est pas le cas lorsque la tôle est déformée et plus particulièrement dans la zone située en intrados d'un pli de déformation où la profondeur du défaut peut atteindre 25 micromètres.

Pour une température de bobinage d'environ 590°C, ces défauts de surface sont naturellement présents en cœur de bobine où la surface de la tôle reste le plus longtemps soumise à des hautes températures, notamment supérieures à 570°C.

Les inventeurs ont alors trouvé une composition de tôle permettant d'éviter la formation d'oxydation intergranulaire en cœur de bobine au niveau des grains de la microstructure finale après décapage, l'oxydation intergranulaire intervenant sur les joints de grains de la microstructure finale.

A cet effet, il a été identifié que la composition de la tôle doit comporter du chrome et du molybdène définis dans des teneurs particulières. De façon surprenante, les inventeurs ont mis en évidence que de telles tôles ne présentent pas les défauts de surfaces précités.

Selon l'invention, la teneur en poids en carbone de la tôle est comprise entre 0,040% et 0,08 %. Cette gamme de teneur en carbone permet d'obtenir simultanément un allongement à rupture élevé et une résistance mécanique Rm supérieure à 780 MPa.

Par ailleurs, la teneur maximale en poids en carbone est fixée à 0,08% ce qui permet d'obtenir un rapport d'expansion de trou Ac% supérieur ou égal à 45%.

De préférence, la teneur en poids en carbone est comprise entre 0,05% et 0,07%.

Selon l'invention, la teneur en poids en manganèse est comprise entre 1,2% et 1,9 %. Présent en telle quantité, le manganèse participe à la résistance de la tôle et limite la formation d'une bande de ségrégation centrale. Il contribue à obtenir un rapport d'expansion de trou Ac% supérieur ou égal à 45%. De préférence, la teneur en poids en manganèse est comprise entre 1,4% et 1,6%.

Une teneur en poids en aluminium comprise entre 0,005% et 0,1% permet d'assurer la désoxydation de l'acier pendant sa fabrication. De préférence, la teneur en poids en aluminium est comprise entre 0,01% et 0,07%.

Le titane est présent dans l'acier de la tôle de l'invention en quantité comprise entre 0,07% et 0,125% en poids.

En outre, il est prévu que la teneur en poids de l'azote soit comprise entre 0,002% et 0,01%. Quoique la teneur en azote puisse être extrêmement basse, on fixe sa valeur limite à 0,002% de façon à ce que la fabrication puisse être réalisée dans des conditions économiquement satisfaisantes.

Concernant le niobium, sa teneur en poids dans la composition de l'acier est inférieure à 0,045%. Au-delà d'une teneur en poids de 0,045 %, la recristallisation de l'austénite est retardée. La structure contient alors une fraction significative de grains allongés, ce qui ne permet plus d'atteindre le rapport d'expansion de trou Ac% visé. De préférence, la teneur en poids en niobium est inférieure à 0,04%.

La composition de l'invention comporte également du chrome en quantité comprise entre 0,10% et 0,55%. Une telle teneur en chrome permet d'améliorer la qualité de surface. Comme on le verra plus loin, la teneur en chrome est définie conjointement avec la teneur en molybdène.

Selon l'invention, le silicium est présent dans la composition chimique de la tôle, selon une teneur en poids comprise entre 0,1% et 0,3%. Le silicium retarde la précipitation de la cémentite. Dans les quantités définies selon l'invention, celle-ci précipite en quantité très faible, c'est-à-dire en teneur surfacique inférieure à 1,5% et sous une forme très fine. Cette morphologie plus fine de la cémentite permet d'obtenir une aptitude à l'expansion de trou élevée, supérieure ou égale à 45%. De préférence, la teneur en poids en silicium est comprise entre 0,15% et 0,3%.

La teneur en soufre de l'acier selon l'invention ne doit pas être supérieure à 0,004% dans le but de limiter la formation de sulfures, notamment de sulfures de manganèse. Les faibles teneurs en soufre et en azote présents dans la composition de la tôle favorisent l'aptitude à l'expansion de trou.

La teneur en phosphore de l'acier selon l'invention est inférieure à 0,020% dans le but de favoriser l'aptitude à l'expansion de trou et la soudabilité.

Selon l'invention, la composition de la tôle comporte du chrome et du molybdène dans des teneurs spécifiques.

On se réfère aux tableaux 1 à 4 ainsi qu'à la figure 1 pour expliciter les limites des teneurs en chrome et en molybdène dans la composition de la tôle de l'invention.

Les tableaux 1 à 4 montrent l'influence de la composition d'une tôle et des conditions de fabrication de cette tôle sur la limite d'élasticité, la résistance maximale en traction, l'allongement total à rupture, l'expansion de trou et un critère d'oxydation pris en milieu ou cœur de bobine et en axe de bande, ces notions de cœur de bobine et d'axe de bande étant explicitées plus loin.

La méthode d'expansion de trou est décrite dans la norme ISO 16630 :2009 de la façon suivante : après réalisation d'un trou par découpe dans une tôle, on utilise un outil tronconique de façon à réaliser une expansion au niveau des bords de ce trou. C'est au cours de cette opération que l'on peut observer un endommagement précoce au voisinage des bords du trou lors de l'expansion, cet endommagement s'amorçant sur des particules de seconde phase ou aux interfaces entre les différents constituants microstructuraux dans l'acier.

La méthode d'expansion de trou consiste ainsi à mesurer le diamètre initial D_i du trou avant emboutissage, puis le diamètre final D_f du trou après emboutissage, déterminé au moment où l'on observe des fissures traversantes dans l'épaisseur de la tôle sur les bords du trou. On détermine alors l'aptitude à l'expansion de trou $Ac\%$ selon la formule suivante : $Ac\% = 100 \times \frac{(D_f - D_i)}{D_i}$. Ac permet donc de quantifier l'aptitude d'une tôle à résister à un emboutissage au niveau d'un orifice découpé. Selon cette méthode, le diamètre initial est de 10 millimètres.

Comme explicité plus haut, on cherche à éviter la formation d'oxydation intergranulaire se caractérisant par des manques de continuité en surface de la tôle bobinée et décapée.

Il s'agit donc d'obtenir une surface pour laquelle la profondeur de ces défauts est suffisamment réduite pour qu'après mise en forme de la tôle, l'augmentation du facteur d'intensité de contrainte local associé à ces défauts engendré par cette mise en forme ne porte pas atteinte à la durée de vie en fatigue de la tôle.

Les inventeurs ont mis en évidence que deux critères relatifs à la présence de défauts de la tôle bobinée, devaient être satisfaits pour permettre d'obtenir d'excellentes performances en fatigue. Plus précisément, ces critères doivent être respectés dans une zone de la bobine qui est soumise à des conditions spécifiques : cette zone est située en cœur de bobine et en axe de bande où la

pression partielle d'oxygène est plus faible mais suffisante pour que des éléments plus oxydables que le fer puissent être oxydés. Ce phénomène est observé lorsque le bobinage est réalisé en spires jointives à une tension minimale de bobinage de 3 tonnes-force.

5 On définit le cœur de bobine comme étant la zone en longueur de la bobine à laquelle on retranche de part et d'autre, une zone d'extrémité, la longueur de chacune des zones d'extrémité étant égale à 30% de la longueur totale de la bobine. On définit de façon similaire l'axe de bande comme étant une zone centrée sur le milieu de la bande dans le sens transversal au sens de laminage, et
10 de largeur égale à 60% de la largeur de la bande.

En référence à la figure 2, ces deux critères d'oxydation sont évalués sur une tôle 1 en milieu de bobine et en axe de bande sur une longueur d'observation l_{ref} . Cette longueur d'observation est choisie pour caractériser de façon représentative l'état de surface. La longueur d'observation l_{ref} est fixée à 100
15 micromètres, mais peut aller jusqu'à 500 micromètres voire au-delà si l'on souhaite renforcer les exigences en terme de critère d'oxydation.

Les défauts dus à l'oxydation 2 sont répartis sur n zones d'oxydation O_i de la dite tôle bobinée 1, i étant compris entre 1 et n. Chaque zone d'oxydation O_i s'étend selon une longueur l_i , et est considérée comme distincte de la zone
20 voisine O_{i+1} si ces deux zones O_i , O_{i+1} sont séparées par une zone exempte de tout défaut d'oxydation d'au moins 3 micromètres de longueur. Le premier critère [1] auxquels doivent satisfaire les défauts 2 de la tôle 1 est un critère de profondeur maximale répondant à $P_i^{max} \leq 8 \text{ micromètres}$, P_i^{max} étant la profondeur maximale d'un défaut dû à l'oxydation 2 sur chaque zone d'oxydation O_i .

25 Le second critère [2] auquel doivent satisfaire les défauts 2 de la tôle 1 est un critère de profondeur moyenne traduisant la présence plus ou moins grande des zones d'oxydation sur la zone d'observation de longueur l_{ref} . Ce second

critère est défini par $\frac{1}{l_{ref}} \sum_i^n P_i^{moy} \times l_i \leq 2,5 \text{ micromètres}$, P_i^{moy} étant la profondeur moyenne des défauts dus à l'oxydation sur une zone d'oxydation O_i .

Sur les tableaux 1 à 4 ainsi que sur la figure 1, les résultats d'oxydation de surface sont représentés comme suit :

- oxydation nulle ou très faible : critères [1] et [2] satisfaits
- oxydation faible : critères satisfaits
- oxydation forte : critères non satisfaits

5 Une oxydation nulle ou très faible permet d'obtenir une excellente tenue à la fatigue, même sur des pièces mises déformées de façon importante, c'est-à-dire présentant un taux de déformation plastique équivalent allant jusqu'à 39%, le taux de déformation plastique équivalente étant défini en tout de la pièce déformée à partir des déformations principales ε_1 et ε_2 , par la formule :

$$10 \quad \overline{\varepsilon}_c = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2)}.$$

Le tableau 1 représente les résultats obtenus pour des compositions n'entrant pas dans le cadre de la tôle de l'invention.

Le tableau 2 représente les résultats obtenus pour des compositions de la tôle de l'invention, laquelle est destinée à être non revêtue et pour une 15 température de bobinage constante de 590 °C, à l'exception de l'exemple 5.

Le tableau 3 représente les résultats obtenus pour des compositions de la tôle de l'invention, laquelle est également destinée à être non revêtue et pour des températures de bobinage variant de 526 °C à 625 °C.

Le tableau 4 représente les résultats obtenus pour des compositions de la 20 tôle de l'invention, laquelle est destinée à être galvanisée et pour une température de bobinage variant de 535 °C à 585 °C.

Les contre-exemples 1 et 10 du tableau 1 montrent que lorsque les teneurs en chrome et en molybdène ne satisfont pas aux conditions de l'invention, les critères d'oxydation ne sont pas satisfaits.

25 Les contre-exemples 5, 6, 7 et 9 montrent qu'en présence de chrome mais sans molybdène, l'oxydation n'est également pas admissible. Le contre-exemple 9 illustre par ailleurs que l'ajout de nickel ne permet pas d'obtenir de résultats satisfaisants sur les critères d'oxydation.

A l'inverse, le contre-exemple 4 montre qu'en présence de molybdène mais avec une infime teneur en chrome, l'oxydation de surface ne répond pas aux critères prédéfinis.

Enfin, les contre-exemples 2, 3 et 8 montrent que les teneurs respectives en chrome et molybdène doivent être suffisantes.

Le tableau 2 illustre les résultats obtenus pour une composition de la tôle comportant du chrome et du molybdène dans des teneurs respectives comprises entre 0,15 % et 0,51% pour le chrome et entre 0,05 % et 0,16% pour le molybdène.

Le tableau 3 illustre les résultats obtenus pour une composition de la tôle comportant du chrome et du molybdène dans des teneurs respectives comprises entre 0,30 % et 0,32 % pour le chrome et entre 0,15 % et 0,17% pour le molybdène.

Et le tableau 4 illustre les résultats obtenus pour une composition de la tôle comportant du chrome et du molybdène dans des teneurs respectives comprises entre 0,31% et 0,32% pour le chrome et entre 0,15 % et 0,16% pour le molybdène. Chacun des exemples des tableaux 2, 3 et 4 répondent aux critères d'oxydation défini précédemment.

La figure 7 illustre la présence de défauts de surface pour une tôle 9 qui ne satisfait pas les critères d'oxydation précédemment définis et dont la composition comporte 0,3% de chrome et 0,02% de molybdène.

Les figures 8 et 9 illustrent l'état de surface de deux tôles 10,11 qui satisfont les critères d'oxydation et dont la composition respective comporte pour la figure 8 0,3% de chrome, et 0,093% de molybdène, et pour la figure 9 0,3% de chrome et 0,15% de molybdène.

On rappelle que le bobinage des tôles faisant l'objet des résultats présentés sur les tableaux 2 à 4 est réalisé en spires jointives à une tension minimale de bobinage de 3 tonnes-force.

Sur la figure 1, sont représentés les points expérimentaux obtenus pour des contre-exemples et des exemples à une température de bobinage de 590 °C. Plus précisément, les points expérimentaux 3 correspondent aux contre-exemples du tableau 1, les points expérimentaux 4a correspondant aux exemples du tableau 2 pour lesquels l'oxydation de surface est faible et les points expérimentaux 4b correspondent aux exemples du tableau 2 pour lesquels l'oxydation de surface est

nulle ou très faible. Au regard de ce qui précède, on définit ainsi que la composition de la tôle de l'invention comporte du chrome et du molybdène avec une teneur en poids en chrome comprise entre 0,16% et 0,55% lorsque la teneur en molybdène est comprise entre 0,05% et 0,11%, et une teneur en poids en chrome comprise entre 0,10% et 0,55% lorsque la teneur en molybdène est strictement supérieure à 0,11% et inférieure ou égale à 0,25%. La teneur en molybdène est ainsi comprise entre 0,05% et 0,25% en respectant les teneurs en chrome exprimées précédemment.

De préférence, la teneur en poids en chrome est comprise entre 0,27 % et 0,52% et la teneur en poids en molybdène est comprise entre 0,05% et 0,18%.

La microstructure de la tôle de l'invention comporte de la bainite granulaire.

La bainite granulaire se distingue de la bainite supérieure et inférieure. On se réfère ici à l'Article *Characterisation and Quantification of Complex Bainitic Microstructures in High and Ultra-High Strength Steels – Materials Science Forum Vol 500-501, pp 387-394 ; Nov2005* pour la définition de la bainite granulaire.

En accord avec cet article, on définit la bainite granulaire composant la microstructure de la tôle de l'invention comme présentant une proportion importante de grains adjacents fortement désorientés et une morphologie irrégulière des grains. Le pourcentage surfacique de bainite granulaire est supérieur à 70%.

Par ailleurs, la ferrite est présente dans une fraction surfacique n'excédant pas 20%. Le complément éventuel est constitué de bainite inférieure, de martensite et d'austénite résiduelle, la somme des teneurs en martensite et en austénite résiduelle étant inférieure à 5%.

La figure 10 représente la microstructure d'une tôle de l'invention comportant ainsi de la bainite granulaire 12, des ilots de martensite et d'austénite 13 et de la ferrite 14.

Il a été déterminé selon l'invention qu'un critère à prendre en considération pour la limite d'élasticité et la résistance maximale en traction est le titane dit efficace.

En supposant que la précipitation du titane intervienne sous forme de nitrure et compte tenu du rapport stœchiométrique de ces deux éléments dans le nitrure de titane, le titane efficace Tieff représente la quantité de titane excédentaire susceptible de précipiter sous forme de carbures. Ainsi le titane

efficace se définit selon la formule $T_{ieff} = T_i - 3,42 \times N$, T_i étant la teneur en titane exprimée en poids, et N étant la teneur en azote exprimée en poids.

Les tableaux 2 à 4 présentent les valeurs de titane efficace pour chaque composition testée.

5 Les figures 3 à 6 illustrent les résultats obtenus respectivement en limite d'élasticité et en résistance maximale en traction, en fonction de la teneur en titane efficace pour différentes compositions pour lesquelles les couples des teneurs en titane et en azote varient. Les figures 3 et 5 illustrent ces propriétés dans le sens de laminage de la tôle, et les figures 4 et 6 illustrent ces propriétés
10 dans le sens travers du laminage de la tôle

Sur ces figures 3 à 6, les points expérimentaux 5,5a matérialisés par des ronds pleins correspondent à une composition pour laquelle la teneur en titane varie entre 0,071% et 0,076% et la teneur en azote varie entre 0,0070% et 0,0090%, les points expérimentaux 6,6a matérialisés par des losanges pleins
15 correspondent à une composition pour laquelle la teneur en titane varie entre 0,087% et 0,091% et la teneur en azote varie entre 0,0060% et 0,0084%, les points expérimentaux 7,7a matérialisés par des triangles pleins correspondent à une composition pour laquelle la teneur en titane varie entre 0,088% et 0,092%, et la teneur en azote varie entre 0,0073% et 0,0081%, et les points expérimentaux
20 8,8a matérialisés par des carrés pleins correspondent à une composition pour laquelle la teneur en titane varie entre 0,098% et 0,104% et la teneur en azote varie entre 0,0048% et 0,0070%.

On constate au regard de ces figures que c'est bien le titane efficace qu'il faut considérer.

25 Plus précisément, dans le sens de laminage (figures 3 et 5), les critères en limite d'élasticité et en résistance maximale en traction sont respectés pour une teneur en titane efficace variant entre 0,055% et 0,095%. Dans le sens travers du laminage (figures 4 et 6), les critères en limite d'élasticité et en résistance maximale en traction sont respectés pour une teneur en titane efficace variant
30 entre 0,040% et 0,070%.

On définit ainsi que la composition peut comporter une teneur en titane efficace variant entre 0,040% et 0,095%, de préférence entre 0,055% et 0,070% où les critères sont respectés à la fois dans le sens de laminage et en sens travers.

L'avantage présenté par la considération du titane efficace réside notamment dans la possibilité d'utiliser une teneur haute en azote pour éviter de limiter la teneur en azote ce qui est contraignant pour le procédé d'élaboration de la tôle.

5 Le procédé de fabrication d'une tôle d'acier précédemment définie comprend les étapes suivantes :

On approvisionne sous forme de métal liquide un acier dont la composition comprend, les teneurs étant exprimées en poids:

$$0,04\% \leq C \leq 0,08\%$$

10 $1,2\% \leq Mn \leq 1,9\%$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,3\%$$

$$0,07\% \leq Ti \leq 0,125\%$$

$$0,05\% \leq Mo \leq 0,25\%$$

$$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%, \text{ ou}$$

15 $0,10\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,11\% < Mo \leq 0,25\%$

$$Nb \leq 0,045\%$$

$$0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$$

$$0,002\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$S \leq 0,004\%$$

20 $P < 0,020$

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

Dans le métal liquide contenant une teneur en azote [N] dissous, on ajoute le titane [Ti] de façon que les quantités de titane [Ti] et d'azote [N] dissoutes dans le métal liquide satisfassent à $\%[Ti] \%[N] < 6 \cdot 10^{-4} \%^2$.

25 On effectue ensuite sur le métal liquide soit un traitement sous vide, soit un traitement au silico- calcium (SiCa), auquel cas il sera prévu que la composition comprend en outre en teneur en poids en $0,0005 \leq Ca \leq 0,005\%$.

30 Dans ces conditions, les nitrures de titane ne précipitent pas précocement sous forme grossière dans le métal liquide, ce qui aurait pour effet de réduire l'aptitude à l'expansion de trou. La précipitation du titane intervient à plus basse température sous forme de carbonitrures fins répartis uniformément. Cette précipitation fine contribue au durcissement et à l'affinement de la microstructure.

Puis on coule l'acier pour obtenir un demi-produit coulé. Ceci peut se faire préférentiellement par coulée continue. Très préférentiellement, la coulée peut

être réalisée entre cylindres contra-rotatifs pour obtenir un demi-produit coulé sous forme de brames minces ou de bandes minces. En effet, ces modes de coulée conduisent à une diminution de la taille des précipités, favorables à l'expansion de trou sur le produit obtenu à l'état final.

5 Le demi-produit obtenu est ensuite réchauffé à une température comprise entre 1160 et 1300°C. En deçà de 1160 °C, la résistance mécanique en traction visée de 780 MPa n'est pas atteinte. Naturellement, dans le cas d'une coulée directe de brames minces, l'étape de laminage à chaud des demi produits débutant à plus de 1160°C peut se faire directement après coulée, c'est à dire
10 sans refroidissement du demi produit jusqu'à température ambiante, et donc sans qu'il ne soit nécessaire d'effectuer une étape de réchauffage. Puis, on lamine à chaud ledit demi-produit coulé avec une température de fin de laminage comprise entre 880 et 930 °C, le taux de réduction de l'avant dernière passe étant inférieure à 0,25, le taux de la dernière passe étant inférieure à 0,15, la somme des deux
15 taux de réduction étant inférieure à 0,37, la température de début de laminage de l'avant dernière passe étant inférieure à 960 °C, de façon à obtenir un produit laminé à chaud.

On lamine donc au cours des deux dernières passes à une température inférieure à la température de non recristallisation, ce qui empêche la
20 recristallisation de l'austénite. On vise ainsi à ne pas provoquer une déformation excessive de l'austénite lors de ces deux dernières passes.

Ces conditions permettent de créer un grain le plus équiaxe possible afin de satisfaire les exigences relatives au rapport d'expansion de trou Ac%.

Après laminage, on refroidit le produit laminé à chaud à une vitesse
25 comprise entre 50 et 150 °C/s de façon à obtenir une tôle d'acier laminé à chaud.

Enfin, on bobine la tôle obtenue à une température comprise entre 525 et 635°C.

Dans le cas de la fabrication d'une tôle non revêtue et en référence aux tableaux 2 et 3, la température de bobinage sera comprise entre 525 et 635°C
30 afin que la précipitation soit la plus dense et la plus durcissante possible ce qui permet de satisfaire à une résistance mécanique en traction supérieure à 780 MPa en sens long comme en sens travers. Conformément aux résultats présentés dans ces tableaux, ces températures de bobinage permettent d'obtenir une tôle pour laquelle le critère d'oxydation est satisfait.

En référence au tableau 3, on remarque que l'augmentation de la température de bobinage (exemples 11 et 13) engendre des défauts dus à l'oxydation absents pour des températures de bobinage plus faible. Néanmoins, la composition de la tôle de l'invention permet de pouvoir bobiner à des hautes températures tout en respectant le critère d'oxydation.

Dans le cas de la fabrication d'une tôle destinée à être soumise à une opération de galvanisation et en référence au tableau 4, la température de bobinage sera comprise entre 530 et 600 °C et ce, quelle que soit la direction souhaitée des propriétés dans le sens de laminage ou en sens travers et afin de compenser la précipitation complémentaire intervenant lors du traitement de réchauffage associé à l'opération de galvanisation. Conformément aux résultats présentés dans ce tableau, ces températures de bobinage permettent d'obtenir une tôle pour laquelle le critère d'oxydation est satisfait.

Dans ce dernier cas, la tôle bobinée sera ensuite décapée selon une technique conventionnelle bien connue en elle-même, puis réchauffée à une température comprise entre 550 et 750 °C. La tôle sera alors refroidie à une vitesse comprise entre 5 et 20°C/s, puis revêtue de zinc dans un bain de zinc adapté.

Toutes les tôles d'acier selon l'invention ont été laminées avec un taux de réduction inférieur de 0,15 dans l'avant-dernière passe de laminage, et un taux de réduction inférieur à 0,07 dans la dernière passe de laminage, la déformation cumulée lors de ces deux passes étant inférieure à 0,37. A l'issue du laminage à chaud, on obtient donc une austénite peu déformée.

Ainsi, l'invention permet de mettre à disposition des tôles d'acier présentant des caractéristiques mécaniques de traction élevées et une bonne aptitude à la mise en forme par emboutissage. Les pièces embouties fabriquées à partir de ces tôles présentent une grande résistance à la fatigue en raison de la minimisation ou de l'absence de défauts superficiels après emboutissage.

Composition chimique (en %)													
	C	Mn	Si	Al	Cr	Mo	Nb	Ti	Ni	P	S	N	Tieff
Contre-Exemple 1	0,049	1,64	0,21	0,03	0	0	0,041	0,112	-	-	0,003	0,004	0,097
Contre-Exemple 2	0,062	1,59	0,24	0,08	0,29	0,005	0,031	0,109	-	0,015	0,002	0,007	0,085
Contre-Exemple 3	0,060	1,58	0,23	0,04	0,29	0,026	0,031	0,114	-	0,015	0,001	0,006	0,093
Contre-Exemple 4	0,069	1,86	0,24	0,03	0,003	0,15	0,024	0,102	-	0,020	0,001	0,005	0,085
Contre-Exemple 5	0,053	1,30	0,21	0,04	0,15	0	0,030	0,105	-	0,014	0,002	0,006	0,084
Contre-Exemple 6	0,054	1,63	0,21	0,04	0,30	0	0,031	0,105	-	0,014	0,002	0,006	0,084
Contre-Exemple 7	0,055	1,65	0,24	0,04	0,61	0	0,031	0,080	-	0,017	0,001	0,006	0,059
Contre-Exemple 8	0,067	1,59	0,24	0,04	0,15	0,10	0,028	0,115	-	0,009	0,001	0,006	0,094
Contre-Exemple 9	0,065	1,61	0,24	0,04	0,33	0	0,031	0,123	0,230	0,013	-	0,008	0,095
Contre-Exemple 10	0,053	1,78	0,22	0,02	0	0	0,030	0,105	-	0,012	0,001	0,006	0,084
	Température de bobinage (°C)	Limite d'élasticité Re (Mpa)	Résistance maximale en traction Rm (Mpa)	Allongement total à rupture (%)	Expansion de trou Ac (Méthode ISO) (%)	Critère d'oxydation en coeur de bobine	Légende du critère d'oxydation						
Contre-Exemple 1	590	816,5	821	14,8	66,47	●	○	oxydation nulle ou très faible : critère satisfait					
Contre-Exemple 2	590	785	814	17,2	NA	●	●	oxydation faible : critère satisfait					
Contre-Exemple 3	590	810	835	16,8	NA	●	●	oxydation forte : critère non satisfait					
Contre-Exemple 4	590	NA	NA	NA	NA	●	●						
Contre-Exemple 5	590	747	778	17,4	53	●	●						
Contre-Exemple 6	590	768	797	17,5	49	●	●						
Contre-Exemple 7	590	NA	NA	NA	NA	●	●						
Contre-Exemple 8	590	854	877	14,3	NA	●	●						
Contre-Exemple 9	590	829	849	15,9	NA	●	●						
Contre-Exemple 10	590	764	786	15,5	72	●	●						

NA : non déterminé

Tableau 1 : Conditions d'essais et résultats obtenus pour des conditions ne correspondant pas à l'invention

Composition chimique (en %)													
	C	Mn	Si	Al	Cr	Mo	Nb	Ti	P	S	N	Tieff	
Exemple 1	0,06	1,6	0,2	0,06	0,29	0,09	0,031	0,110	0,015	0,002	0,007	0,086	
Exemple 2	0,06	1,6	0,2	0,04	0,29	0,05	0,034	0,115	0,015	0,001	0,006	0,094	
Exemple 3	0,06	1,6	0,2	0,04	0,29	0,11	0,034	0,111	0,015	0,001	0,006	0,090	
Exemple 4	0,06	1,5	0,2	0,06	0,38	0,15	0,026	0,100	0,017	0,001	0,006	0,078	
Exemple 5	0,07	1,5	0,2	0,04	0,30	0,16	0,030	0,100	0,016	0,001	0,005	0,083	
Exemple 6	0,06	1,5	0,3	0,03	0,41	0,11	0,033	0,093	0,017	0,002	0,009	0,063	
Exemple 7	0,06	1,5	0,3	0,03	0,51	0,11	0,033	0,094	0,017	0,002	0,01	0,059	
Exemple 8	0,06	1,5	0,2	0,05	0,28	0,15	0	0,098	0,017	0,001	0,003	0,087	
Exemple 9	0,080	1,61	0,23	0,04	0,15	0,15	0,028	0,113	0,012	0,001	0,006	0,092	
Exemple 10	0,06	1,5	0,21	0,05	0,47	0,15	0,030	0,074	0,015	0,002	0,008	0,047	
	Température de bobinage (°C)	Limite d'élasticité Re (Mpa)	Résistance maximale en traction Rm (Mpa)	Allongement total à rupture (%)	Expansion de trou Ac (Méthode ISO) (%)	Critère d'oxydation en coeur de bobine	Légende du critère d'oxydation						
Exemple 1	590	808	841	15,8	NA	●	○	oxydation nulle ou très faible : critère satisfait					
Exemple 2	590	820	848	15,9	NA	●	●	oxydation faible : critère satisfait					
Exemple 3	590	823	854	15	NA	○	●	oxydation forte : critère non satisfait					
Exemple 4	590	792	832	16,5	58	●							
Exemple 5	595	810	893	13,3	59	○							
Exemple 6	590	766	801	15,6	NA	●							
Exemple 7	590	761	798	17,8	NA	●							
Exemple 8	590	787	818	15,2	71	○							
Exemple 9	590	823*	854	15,9	NA	●							
Exemple 10	590	796	834	15,2	56	●							

* : valeur estimée
 NA : non déterminé

Tableau 2 : Conditions d'essais et résultats obtenus pour des compositions de tôles selon l'invention bobinées à 590 °C et non revêtues

Composition chimique (en %)													
C	Mn	Si	Al	Cr	Mo	Nb	Ti	P	S	N	Tieff		
Exemple 11	0,059	1,54	0,23	0,04	0,31	0,16	0,093	0,013	0,001	0,007	0,067		
Exemple 12	0,060	1,53	0,23	0,04	0,31	0,15	0,088	0,012	0,001	0,007	0,063		
Exemple 13	0,065	1,48	0,20	0,04	0,31	0,17	0,101	0,016	0,001	0,007	0,078		
Exemple 14	0,065	1,50	0,21	0,04	0,30	0,16	0,102	0,016	0,001	0,005	0,085		
Exemple 15	0,064	1,49	0,20	0,04	0,30	0,16	0,104	0,016	0,001	0,005	0,087		
Exemple 16	0,057	1,52	0,25	0,04	0,32	0,15	0,087	0,018	0,001	0,009	0,057		
Exemple 17	0,062	1,46	0,22	0,06	0,32	0,16	0,074	0,015	0,002	0,008	0,047		
	Température de bobinage	Limite d'élasticité Re (Mpa)	Résistance maximale en traction Rm (Mpa)	Allongement total à rupture (%)	Expansion de trou Ac (Méthode ISO) (%)	Critère d'oxydation en coeur de bobine	Légende du critère d'oxydation						
Exemple 11	615	737	836	22,7	72	○	oxydation nulle ou très faible : critère satisfait						
Exemple 12	585	695	829	15,2	72	○	oxydation faible : critère satisfait						
Exemple 13	625	772	852	18,8	55	○	* : mesures effectuées dans le sens travers du laminage NA : non déterminé						
Exemple 14	595	802	876	17,7	53	○							
Exemple 15	565	752	857	17,4	53	○							
Exemple 16	535	732	846	15,5	NA	○							
Exemple 17	526	720*	792*	17,3*	71,3	○							

Tableau 3 : Conditions d'essais et résultats obtenus pour des compositions de tôles selon l'invention non revêtues, bobinées à une température variant entre 526 et 625°C

Composition chimique (en %)												
	C	Mn	Si	Al	Cr	Mo	Nb	Ti	P	S	N	Tieff
Exemple 18	0,06	1,54	0,23	0,04	0,32	0,16	0,029	0,093	0,011	0,001	0,007	0,067
Exemple 19	0,06	1,54	0,23	0,04	0,31	0,16	0,029	0,093	0,011	0,001	0,007	0,070
Exemple 20	0,06	1,53	0,23	0,04	0,31	0,16	0,029	0,093	0,012	0,001	0,007	0,069
Exemple 21	0,06	1,54	0,23	0,03	0,31	0,15	0,030	0,091	0,012	0,001	0,007	0,065
	Température de bobinage (°C)	Limite d'élasticité Re (Mpa)	Résistance maximale en traction Rm (Mpa)	Allongement total à rupture (%)	Expansion de trou Ac (Méthode ISO) (%)	Critère d'oxydation en coeur de bobine	Légende du critère d'oxydation					
Exemple 18	565	805	839	14,9	63	○	○	oxydation nulle ou très faible : critère satisfait				
Exemple 19	535	811	850	13,5	48	○	●	oxydation faible : critère satisfait				
Exemple 20	540	790	826	13,6	50	○	●	oxydation forte : critère non satisfait				
Exemple 21	585	807	862	15,8	NA	○						

NA : non déterminé

Tableau 4 : Conditions d'essais et résultats obtenus pour des tôles selon l'invention, bobinées à une température variant entre 535 et 585°C et destinées à être galvanisées

REVENDICATIONS

5 1. Tôle d'acier laminé à chaud de limite d'élasticité supérieure à 680 MPa au moins en sens travers de la direction de laminage, et inférieure ou égale à 840 MPa, de résistance comprise entre 780 MPa et 950 MPa, d'allongement à rupture supérieur à 10% et de rapport d'expansion de trou (Ac) supérieur ou égal à 45%, dont la composition chimique comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

10 $0,04\% \leq C \leq 0,08\%$

$$1,2\% \leq Mn \leq 1,9\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,3\%$$

$$0,07\% \leq Ti \leq 0,125\%$$

15 $0,05\% \leq Mo \leq 0,25\%$

$$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%, \text{ ou}$$

$$0,10\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,11\% < Mo \leq 0,25\%$$

$$Nb \leq 0,045\%$$

$$0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$$

20 $0,002\% \leq N \leq 0,01\%$

$$S \leq 0,004\%$$

$$P < 0,020\%$$

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

dont la microstructure est constituée de bainite granulaire dont le pourcentage surfacique est supérieur à 70%, et de ferrite dont le pourcentage surfacique est inférieur à 20%, le complément éventuel étant constitué de bainite inférieure, de martensite et d'austénite résiduelle, la somme des teneurs en martensite et en
30 austénite résiduelle étant inférieure à 5%.

2. Tôle d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce que la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,27\% \leq Cr \leq 0,52\%$ lorsque $0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%$, ou
 $0,10\% \leq Cr \leq 0,52\%$ lorsque $0,11\% < Mo \leq 0,25\%$

3. Tôle d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce que la
5 composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq Mo \leq 0,18\%$, et en ce que
 $0,16\% \leq Cr \leq 0,55\%$ lorsque $0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%$, ou
 $0,10\% \leq Cr \leq 0,55\%$ lorsque $0,11\% < Mo \leq 0,18\%$

10 4. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce que la composition chimique comprend, les teneurs étant
exprimées en poids :

$0,05\% \leq C \leq 0,07\%$
15 $1,4\% \leq Mn \leq 1,6\%$
 $0,15\% \leq Si \leq 0,3\%$
 $Nb \leq 0,04\%$
 $0,01\% \leq Al \leq 0,07\%$

20 5. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisée
en ce que la composition chimique comprend, les teneurs étant exprimées en
poids :

$0,040\% \leq Tieff \leq 0,095\%$

où $Tieff = Ti - 3,42 \times N$,

25 Ti étant la teneur en titane exprimée en poids

N étant la teneur en azote exprimée en poids

6. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisée en ce qu'elle est bobinée et décapée, l'opération de bobinage étant
30 menée à une température comprise entre 525 °C et 635 °C suivie d'une opération
de décapage, et en ce que la profondeur des défauts superficiels dus à
l'oxydation répartis sur n zones d'oxydation i de la dite tôle bobinée, i étant

compris entre 1 et n, et les n zones d'oxydation s'étendant sur une longueur l_{ref} d'observation, satisfait :

- un premier critère de profondeur maximale défini par

$$P_i^{max} \leq 8 \text{ micromètres}$$

5 avec P_i^{max} : profondeur maximale d'un défaut dû à l'oxydation sur la zone d'oxydation i de la dite tôle bobinée, et

- un second critère de profondeur moyenne défini par

$$\frac{1}{l_{ref}} \sum_i^n P_i^{moy} \times l_i \leq 2,5 \text{ micromètres}$$

avec P_i^{moy} : profondeur moyenne des défauts dus à l'oxydation sur une zone
10 d'oxydation i, et

l_i : longueur de la zone d'oxydation i

7. Tôle d'acier selon la revendication 6, caractérisée en ce que la longueur
 l_{ref} d'observation des défauts dus à l'oxydation est supérieure ou égale à 100
15 micromètres.

8. Tôle d'acier selon la revendication 7, caractérisée en ce que la longueur
 l_{ref} d'observation des défauts dus à l'oxydation est supérieure ou égale à 500
micromètres.

20 9. Tôle d'acier selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle est bobinée en spires jointives à une tension minimale de bobinage de 3 tonnes-force.

25 10. Procédé de fabrication d'une tôle d'acier laminée à chaud de limite d'élasticité supérieure à 680 MPa au moins en sens travers de la direction de laminage, et inférieure ou égale à 840 MPa, de résistance comprise entre 780 MPa et 950 MPa et d'allongement à rupture supérieur à 10%, caractérisé en ce
30 qu'on approvisionne sous forme de métal liquide un acier dont la composition comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$$0,04\% \leq C \leq 0,08\%$$

$$1,2\% \leq Mn \leq 1,9\%$$

$$0,1\% \leq Si \leq 0,3\%$$

$$0,07\% \leq Ti \leq 0,125\%$$

5 $0,05\% \leq Mo \leq 0,25\%$

$$0,16\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,05\% \leq Mo \leq 0,11\%, \text{ ou}$$

$$0,10\% \leq Cr \leq 0,55\% \text{ lorsque } 0,11\% < Mo \leq 0,25\%$$

$$Nb \leq 0,045\%$$

$$0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$$

10 $0,002\% \leq N \leq 0,01\%$

$$S \leq 0,004\%$$

$$P < 0,020\%$$

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

15 en ce qu'on effectue un traitement sous vide ou au SiCa, dans ce dernier cas, la composition comprend en outre, les teneurs étant exprimées en poids

$$0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%,$$

en ce que les quantités de titane [Ti] et d'azote [N] dissoutes dans le métal liquide satisfont à $(\%[Ti]) \times (\%[N]) < 6 \cdot 10^{-4} \text{ \%}^2$, en ce qu'on coule l'acier pour obtenir un

20 demi-produit coulé,

en ce qu'on réchauffe éventuellement le dit demi-produit à une température comprise entre 1160°C et 1300°C, puis

en ce qu'on lamine à chaud ledit demi-produit coulé avec une température de fin de laminage comprise entre 880°C et 930 °C, le taux de réduction de l'avant-

25 dernière passe étant inférieur à 0,25, le taux de la dernière passe étant inférieur à 0,15, la somme de ces deux taux de réduction étant inférieure à 0,37, la

température de début de laminage de l'avant dernière passe étant inférieure à 960 °C, de façon à obtenir un produit laminé à chaud, puis

30 en ce qu'on refroidit le dit produit laminé à chaud à une vitesse comprise entre 50 et 150 °C/s de façon à obtenir une tôle d'acier laminé à chaud,

et en ce qu'on bobine la dite tôle à une température comprise entre 525 et 635 °C.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,27\% \leq \text{Cr} \leq 0,52\%$ lorsque $0,05\% \leq \text{Mo} \leq 0,11\%$, ou

$0,10\% \leq \text{Cr} \leq 0,52\%$ lorsque $0,11\% < \text{Mo} \leq 0,25\%$

5 12. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq \text{Mo} \leq 0,18\%$, et en ce que

$0,16\% \leq \text{Cr} \leq 0,55\%$ lorsque $0,05\% \leq \text{Mo} \leq 0,11\%$, ou

$0,10\% \leq \text{Cr} \leq 0,55\%$ lorsque $0,11\% < \text{Mo} \leq 0,18\%$

10

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que la composition de l'acier comprend, les teneurs étant exprimées en poids :

$0,05\% \leq \text{C} \leq 0,08\%$

$1,4\% \leq \text{Mn} \leq 1,6\%$

15

$0,15\% \leq \text{Si} \leq 0,3\%$

$\text{Nb} \leq 0,04\%$

$0,01\% \leq \text{Al} \leq 0,07\%$

20

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce qu'on bobine la tôle à une température comprise entre 580 et strictement 630 °C.

25

15. Procédé de fabrication d'une tôle laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 10 à 13, caractérisé en ce qu'on bobine la tôle à une température comprise entre 530 et 600 °C,

en ce qu'on décape la dite tôle, puis

en ce qu'on réchauffe la tôle décapée à une température comprise entre 600 et 750 °C, puis en ce qu'on refroidit la tôle décapée réchauffée à une vitesse comprise entre 5 et 20°C/s,

30

et en ce qu'on revêt de zinc la tôle obtenue dans un bain de zinc adapté.

16. Procédé de fabrication d'une tôle laminée à chaud selon l'une quelconque des revendications 10 à 15, caractérisé en ce qu'on bobine la tôle en spires jointives à une tension minimale de bobinage de 3 tonnes-force.

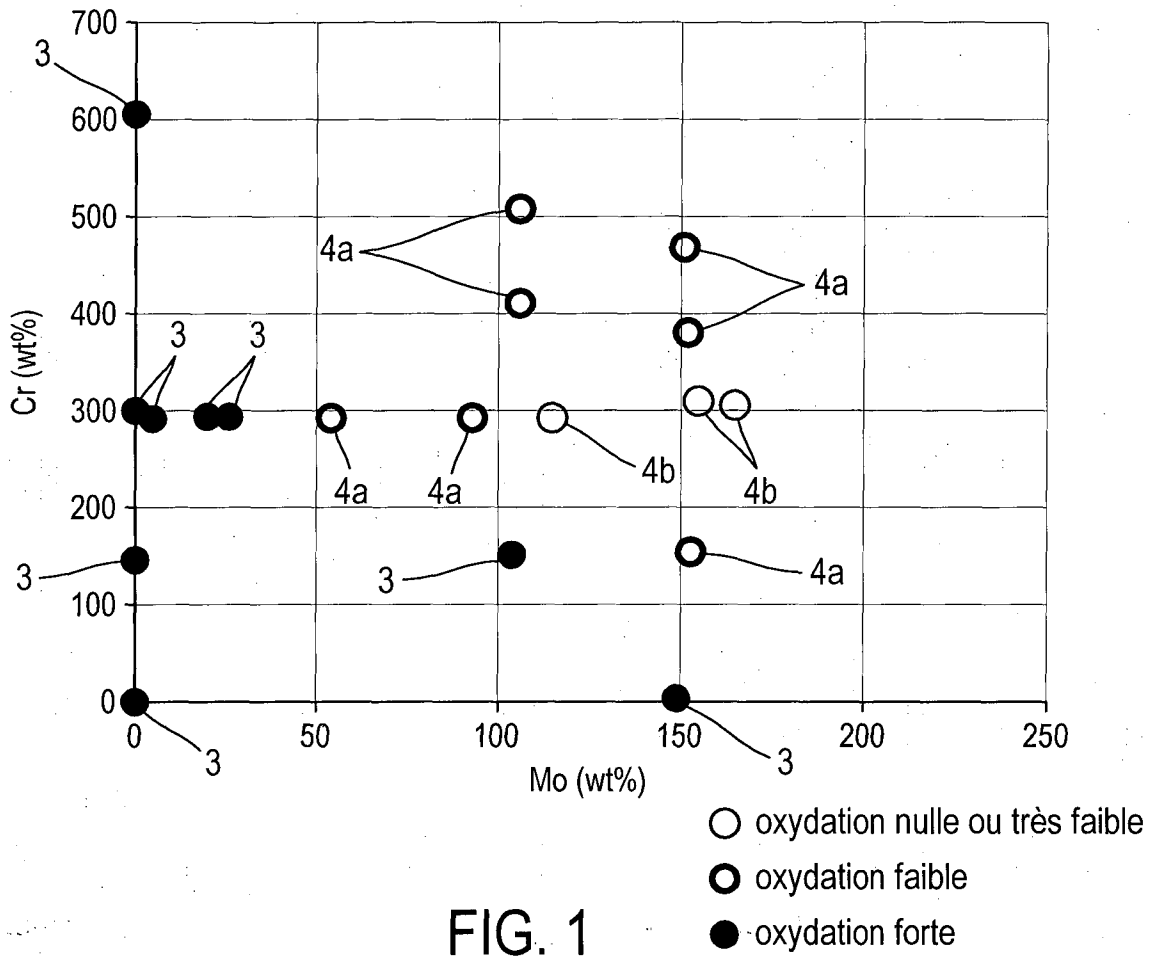


FIG. 1

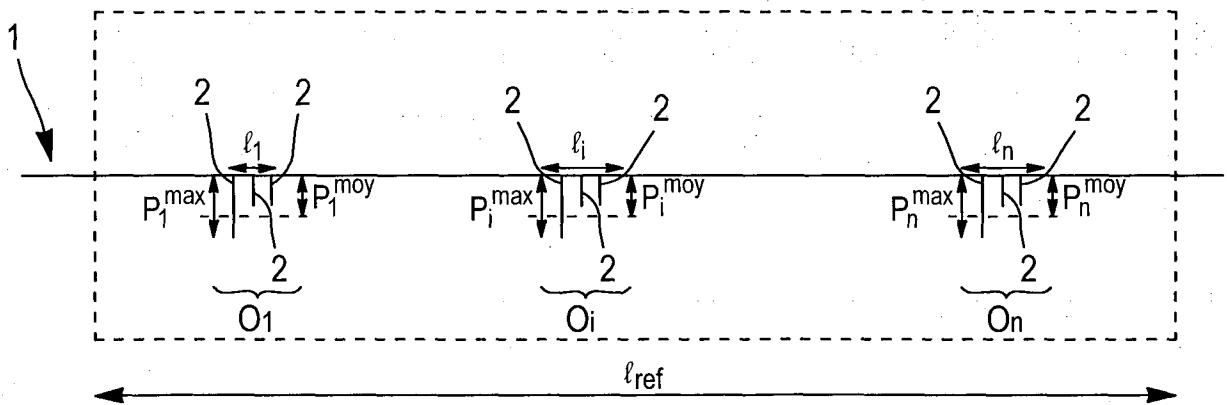


FIG. 2

2 / 5

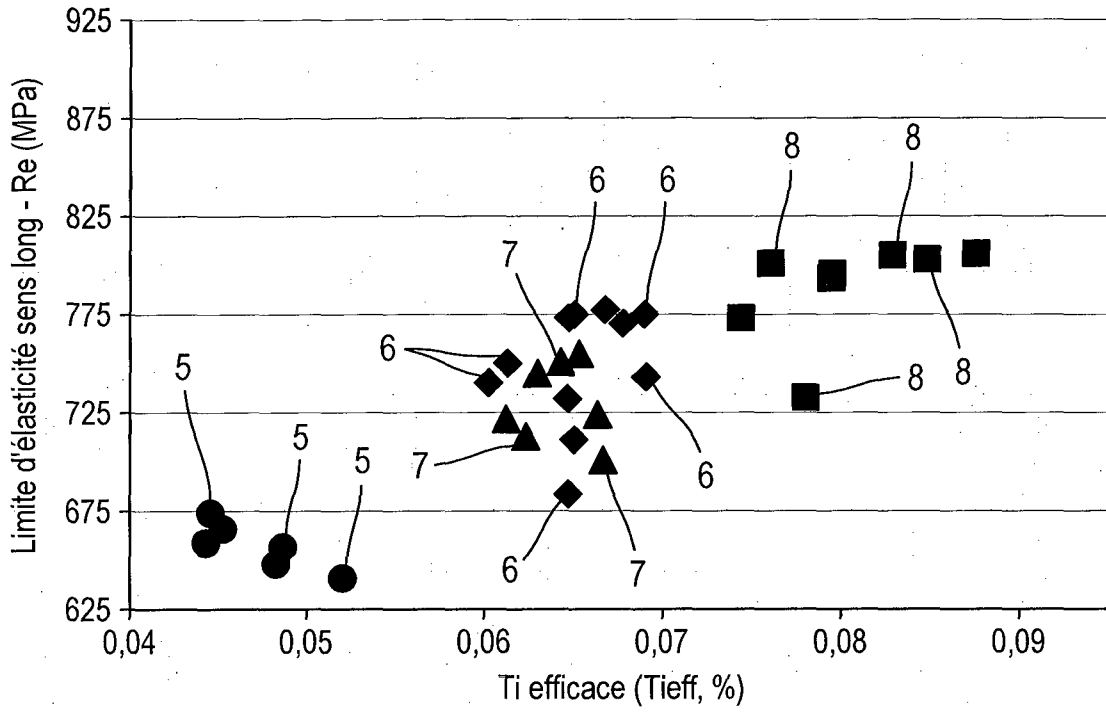


FIG. 3

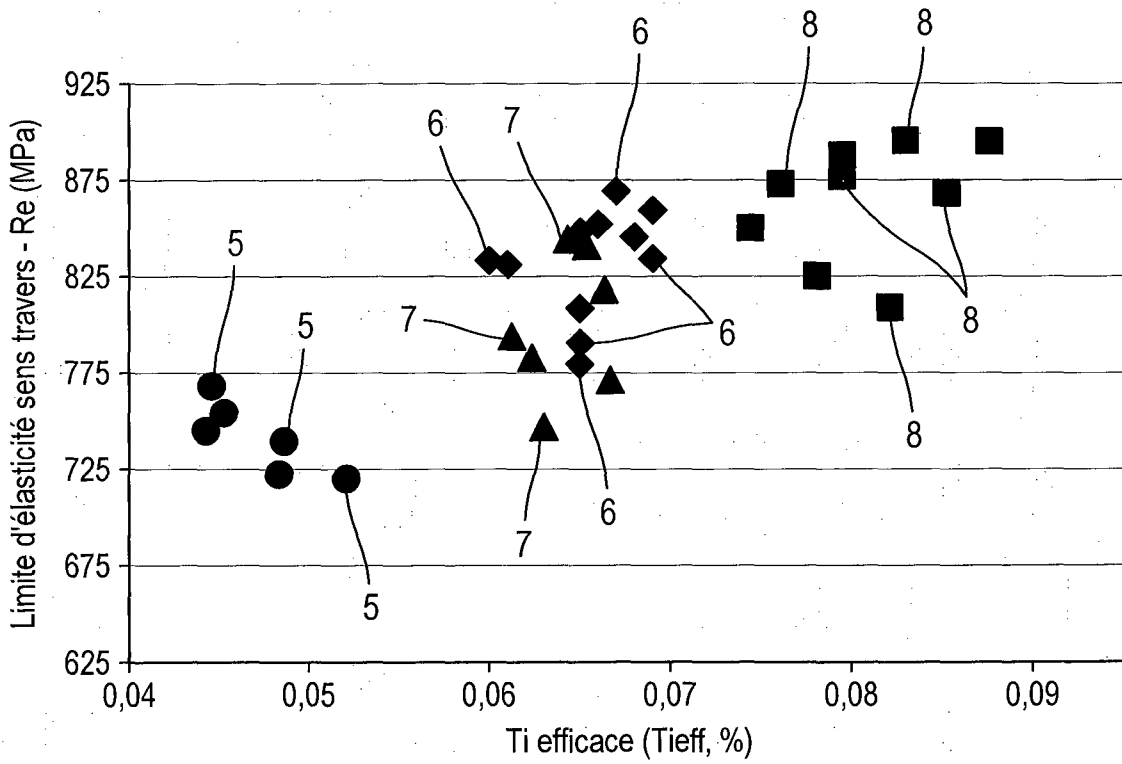


FIG. 4

3 / 5

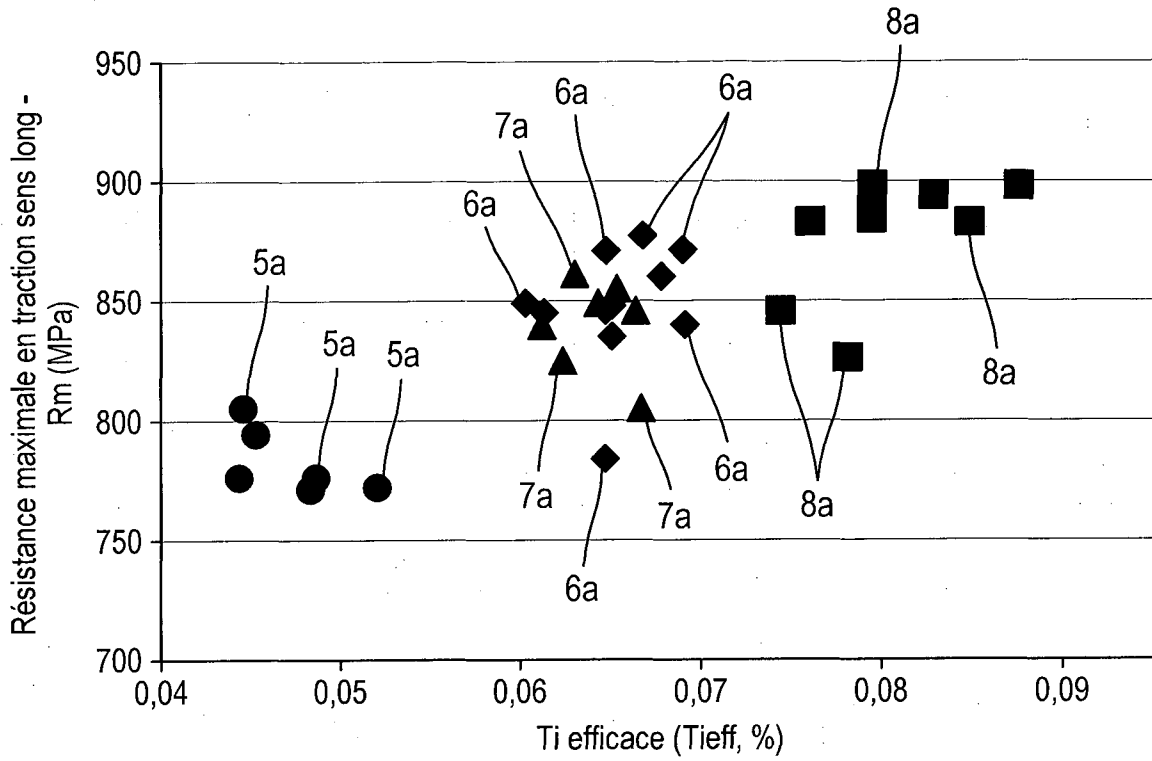


FIG. 5

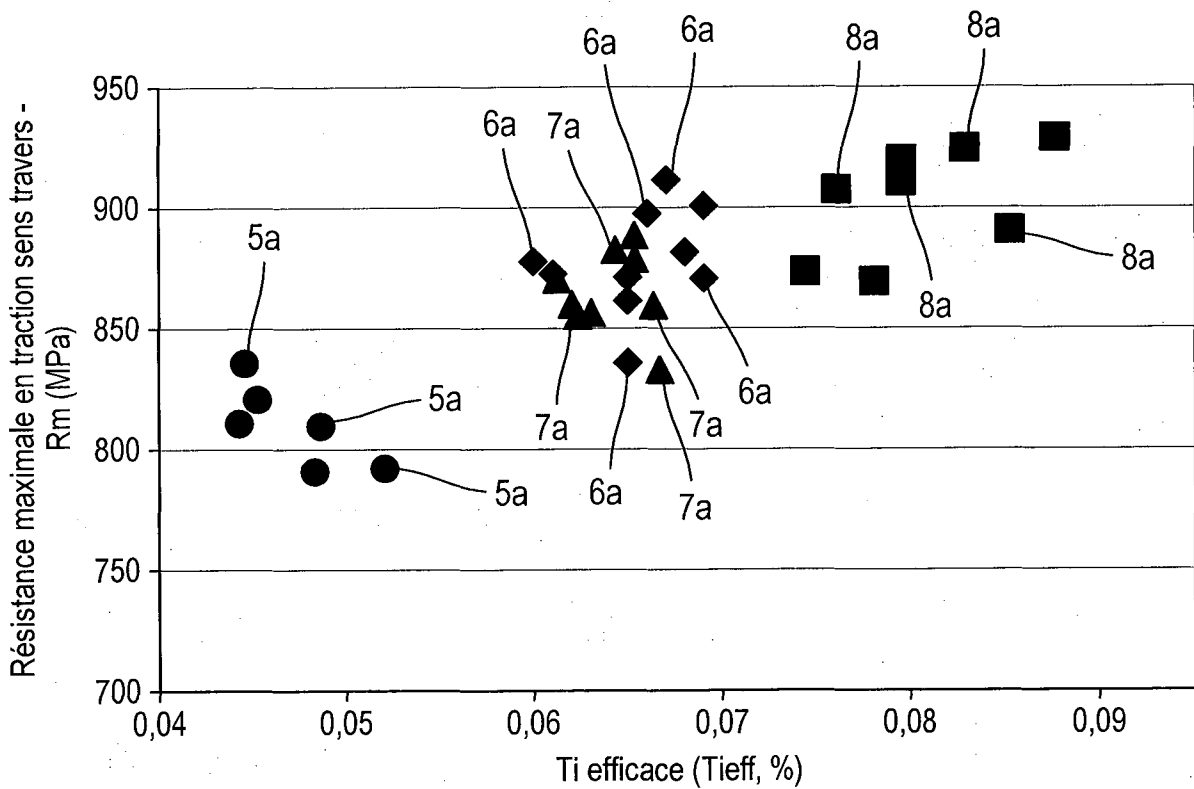


FIG. 6

4 / 5

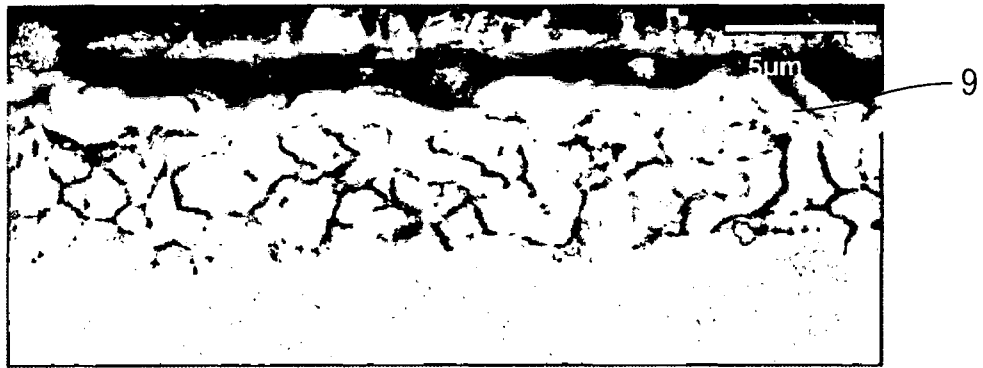


FIG. 7

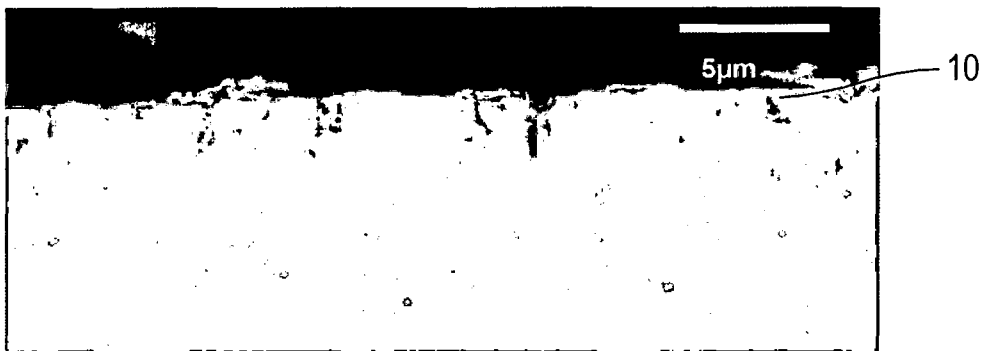


FIG. 8

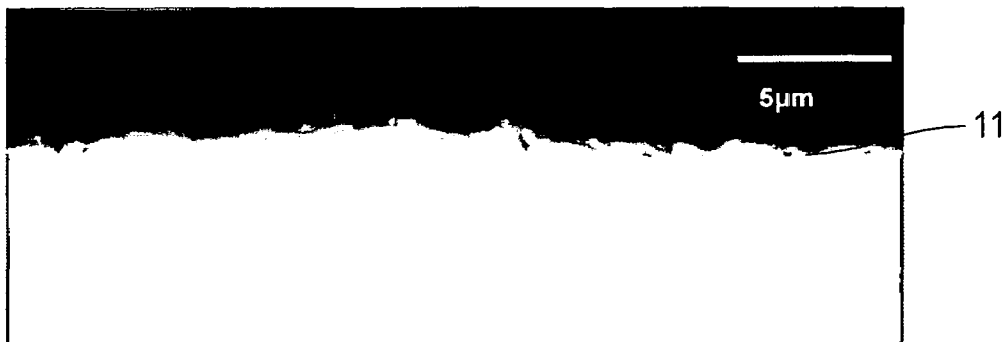


FIG. 9

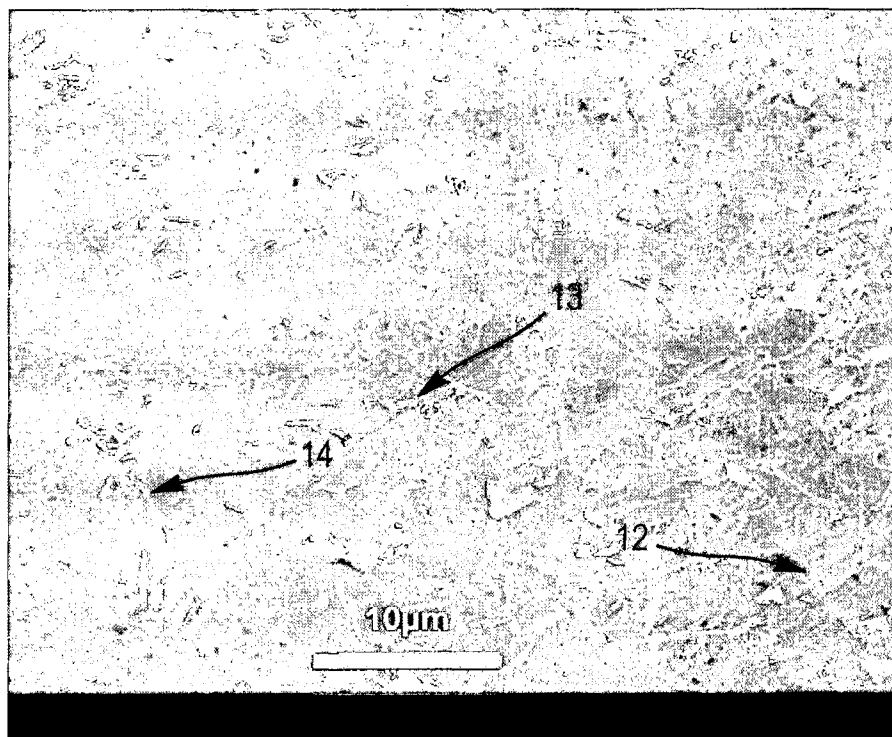


FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2014/001312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. C21D8/02 C21D8/04 C21D9/46 C22C38/00 C22C38/02
 C22C38/04 C22C38/06 C22C38/12 C22C38/14
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 C21D C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2013/011791 A1 (JFE STEEL CORP [JP]; GOTO SOTA [JP]; NAKATA HIROSHI [JP]; KAMI CHIKARA) 24 January 2013 (2013-01-24)	1-9
Y	abstract page 25; table 1	10-16
Y	----- WO 2012/127125 A1 (ARCELORMITTAL INVEST Y DESARROLLO SL [ES]; PERLADE ASTRID [FR]; AMARD) 27 September 2012 (2012-09-27) page 23 - page 24; claim 9 page 3, line 15 - line 30 page 14; table 1	10-16
A	----- US 2002/162613 A1 (KASHIMA TAKAHIRO [JP] ET AL) 7 November 2002 (2002-11-07) the whole document	1-16
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 April 2015	Date of mailing of the international search report 04/05/2015
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Martinez Miró, M
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB2014/001312

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004 218077 A (NIPPON STEEL CORP) 5 August 2004 (2004-08-05) the whole document -----	1-16
A	EP 1 462 535 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 29 September 2004 (2004-09-29) the whole document -----	1-16
A	US 2010/221573 A1 (DRILLET PASCAL [FR] ET AL) 2 September 2010 (2010-09-02) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2014/001312

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2013011791	A1	24-01-2013	CN 103687975 A EP 2735622 A1 WO 2013011791 A1	26-03-2014 28-05-2014 24-01-2013
WO 2012127125	A1	27-09-2012	CA 2830853 A1 CN 103534365 A EP 2689045 A2 JP 2014514443 A KR 20130135972 A MA 35008 B1 US 2014230970 A1 WO 2012127125 A1 WO 2012127136 A2	27-09-2012 22-01-2014 29-01-2014 19-06-2014 11-12-2013 03-04-2014 21-08-2014 27-09-2012 27-09-2012
US 2002162613	A1	07-11-2002	JP 3417878 B2 JP 2001020039 A US 2002162613 A1	16-06-2003 23-01-2001 07-11-2002
JP 2004218077	A	05-08-2004	JP 4288146 B2 JP 2004218077 A	01-07-2009 05-08-2004
EP 1462535	A1	29-09-2004	CA 2461831 A1 CN 1540024 A DE 602004000998 T2 EP 1462535 A1 JP 4341396 B2 JP 2004315957 A KR 20040084807 A US 2004187982 A1	27-09-2004 27-10-2004 21-09-2006 29-09-2004 07-10-2009 11-11-2004 06-10-2004 30-09-2004
US 2010221573	A1	02-09-2010	AR 067594 A1 AT 534756 T BR PI0814514 A2 CA 2694069 A1 CN 101784688 A EP 2020451 A1 EP 2171112 A1 ES 2375429 T3 JP 5298127 B2 JP 2010533791 A KR 20100037147 A KR 20130010030 A MA 31525 B1 RU 2010105699 A UA 98798 C2 US 2010221573 A1 WO 2009034250 A1 ZA 201000290 A	14-10-2009 15-12-2011 03-02-2015 19-03-2009 21-07-2010 04-02-2009 07-04-2010 29-02-2012 25-09-2013 28-10-2010 08-04-2010 24-01-2013 01-07-2010 27-08-2011 25-06-2012 02-09-2010 19-03-2009 27-10-2010

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/IB2014/001312

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C21D8/02 C21D8/04 C21D9/46 C22C38/00 C22C38/02 C22C38/04 C22C38/06 C22C38/12 C22C38/14 ADD. Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB					
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) C21D C22C Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data					
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS					
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents				no. des revendications visées
X	WO 2013/011791 A1 (JFE STEEL CORP [JP]; GOTO SOTA [JP]; NAKATA HIROSHI [JP]; KAMI CHIKARA) 24 janvier 2013 (2013-01-24)				1-9
Y	abrégé page 25; tableau 1				10-16
Y	----- WO 2012/127125 A1 (ARCELORMITTAL INVEST Y DESARROLLO SL [ES]; PERLADE ASTRID [FR]; AMARD) 27 septembre 2012 (2012-09-27) page 23 - page 24; revendication 9 page 3, ligne 15 - ligne 30 page 14; tableau 1				10-16
A	----- US 2002/162613 A1 (KASHIMA TAKAHIRO [JP] ET AL) 7 novembre 2002 (2002-11-07) le document en entier ----- -/--				1-16
<input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée			"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 15 avril 2015			Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/05/2015		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016			Fonctionnaire autorisé Martinez Miró, M		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/IB2014/001312

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	JP 2004 218077 A (NIPPON STEEL CORP) 5 août 2004 (2004-08-05) le document en entier -----	1-16
A	EP 1 462 535 A1 (JFE STEEL CORP [JP]) 29 septembre 2004 (2004-09-29) le document en entier -----	1-16
A	US 2010/221573 A1 (DRILLET PASCAL [FR] ET AL) 2 septembre 2010 (2010-09-02) le document en entier -----	1-16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/IB2014/001312

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2013011791	A1	24-01-2013	CN 103687975	A 26-03-2014
			EP 2735622	A1 28-05-2014
			WO 2013011791	A1 24-01-2013

WO 2012127125	A1	27-09-2012	CA 2830853	A1 27-09-2012
			CN 103534365	A 22-01-2014
			EP 2689045	A2 29-01-2014
			JP 2014514443	A 19-06-2014
			KR 20130135972	A 11-12-2013
			MA 35008	B1 03-04-2014
			US 2014230970	A1 21-08-2014
			WO 2012127125	A1 27-09-2012
			WO 2012127136	A2 27-09-2012

US 2002162613	A1	07-11-2002	JP 3417878	B2 16-06-2003
			JP 2001020039	A 23-01-2001
			US 2002162613	A1 07-11-2002

JP 2004218077	A	05-08-2004	JP 4288146	B2 01-07-2009
			JP 2004218077	A 05-08-2004

EP 1462535	A1	29-09-2004	CA 2461831	A1 27-09-2004
			CN 1540024	A 27-10-2004
			DE 602004000998	T2 21-09-2006
			EP 1462535	A1 29-09-2004
			JP 4341396	B2 07-10-2009
			JP 2004315957	A 11-11-2004
			KR 20040084807	A 06-10-2004
			US 2004187982	A1 30-09-2004

US 2010221573	A1	02-09-2010	AR 067594	A1 14-10-2009
			AT 534756	T 15-12-2011
			BR PI0814514	A2 03-02-2015
			CA 2694069	A1 19-03-2009
			CN 101784688	A 21-07-2010
			EP 2020451	A1 04-02-2009
			EP 2171112	A1 07-04-2010
			ES 2375429	T3 29-02-2012
			JP 5298127	B2 25-09-2013
			JP 2010533791	A 28-10-2010
			KR 20100037147	A 08-04-2010
			KR 20130010030	A 24-01-2013
			MA 31525	B1 01-07-2010
			RU 2010105699	A 27-08-2011
			UA 98798	C2 25-06-2012
			US 2010221573	A1 02-09-2010
			WO 2009034250	A1 19-03-2009
			ZA 201000290	A 27-10-2010
