



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2003/10/10
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2004/04/29
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2005/04/12
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2003/002985
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2004/035838
(30) Priorité/Priority: 2002/10/14 (02/12753) FR

(51) Cl.Int.⁷/Int.Cl.⁷ C21D 8/04, C22C 38/06, C22C 38/04,
C22C 38/02
(71) Demandeur/Applicant:
USINOR, FR
(72) Inventeurs/Inventors:
MARSAL, JOEL, FR;
KIRCH, FERNANDE, FR;
MESCOLINI, DOMINIQUE, FR
(74) Agent: OGILVY RENAULT LLP/S.E.N.C.R.L.,S.R.L.

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION DE TOLES D'ACIER DURCISSABLES PAR CUISSON, TOLES D'ACIER ET
PIECES AINSI OBTENUES
(54) Title: METHOD FOR MAKING HARDENABLE STEEL PLATES BY FIRING, RESULTING STEEL PLATES

(57) **Abrégé/Abstract:**

L'invention concerne un procédé de fabrication de tôles d'acier durcissables par cuisson comprenant - l'élaboration d'un acier dont la composition comprend, exprimées en en poids, $0,03 \leq C \leq 0,06$, $0,50 \leq Mn \leq 1,10$, $0,08 \leq Si \leq 0,20$, $0,015 \leq Al \leq 0,070$, $N \leq 0,007$, $Ni \leq 0,040$, $Cu \leq 0,040$, $P \leq 0,035$, $S \leq 0,015$, $Mo \leq 0,010$, $Ti \leq 0,005$; étant entendu qu'elle comprend également du bore en une quantité telle que $0,64 \leq \frac{B}{N} \leq 1,60$ le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration, - la coulée d'une brame de cet acier, puis un laminage à chaud de cette brame pour obtenir une tôle, la température de fin de laminage étant supérieure à celle du point Ar3, - un bobinage de ladite tôle à une température comprise entre 500 et 700°C, puis - un laminage à froid de ladite tôle avec un taux de réduction de 50 à 80%, - un traitement thermique de recuit en continu d'une durée inférieure à 15 minutes, et un écrouissage réalisé avec un taux de réduction compris entre 1,2 et 2,5%, ainsi que les tôles durcissables et les pièces pouvant être obtenues.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
29 avril 2004 (29.04.2004)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2004/035838 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ : C21D 8/04,
C22C 38/04, 38/02, 38/06(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2003/002985(22) Date de dépôt international :
10 octobre 2003 (10.10.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/12753 14 octobre 2002 (14.10.2002) FR(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) : USI-
NOR [FR/FR]; Immeuble "La Pacific", 11/13 Cours
Valmy, La Défense 7, F-92800 Puteaux (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : MARSAL,
Joël [FR/FR]; 27C route de Gandren, F-57570 Beyren les
Sierck (FR). KIRCH, Fernande [FR/FR]; 30 rue de la
Tournaille, F-57300-Ay Sur Moselle (FR). MESCOLINI,
Dominique [FR/FR]; 64, rue Mazelle, F-57000 Metz (FR).(74) Mandataire : PLAISANT, Sophie; Usinor DIR-PI, Im-
meuble "La Pacific", TSA 10001, F-92070 - La Defence
Cedex (FR).(81) États désignés (*national*) : AE, AG, AL, AM, AU, AZ,
BA, BB, BR, BY, BZ, CA, CN, CO, CR, CU, DM, DZ,
EC, GD, GE, GH, GM, HR, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, RU,
SC, SD, SG, SL, SY, TJ, TM, TN, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) États désignés (*régional*) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet
eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,
FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des
revendications, sera republiée si des modifications sont re-
çues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abrégia-
tions, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et
abrégiactions" figurant au début de chaque numéro ordinaire de
la Gazette du PCT.

(54) Title: METHOD FOR MAKING HARDENABLE STEEL PLATES BY FIRING, RESULTING STEEL PLATES

(54) Titre : Procédé de fabrication de toles d'acier durcissables par cuisson, toles d'acier et pieces ainsi obtenues

(57) Abstract: The invention concerns a method for making hardenable steel plates by firing comprising: preparing a steel whereof the composition comprises, expressed in weight percent: 0.03 = C = 0.06, 0.50 = Mn = 1.10, 0.08: = Si = 0.20, 0.015 = Al = 0.070, N = 0.007, Ni = 0.040, Cu = 0.040, P = 0.035, S = 0.015, Mo = 0.010, Ti = 0.005; provided that it comprises boron in an amount such that 0.64 = B/N = 1.60 the rest consisting of iron and impurities resulting from production; casting a slab of said steel, then hot rolling of said slab to obtain a plate, the final rolling temperature being higher than the point Ar₃; winding said plate at a temperature ranging between 500 and 700 °C; then cold rolling of said plate at a reduction rate ranging between 50 and 80 %; continuous annealing heat treatment for a time interval less than 15 minutes; and strain hardening with a reduction rate ranging between 1.25 and 2.5 %. The invention also concerns the hardenable plates and the parts obtainable therefrom.

(57) Abrégé : L'invention concerne un procédé de fabrication de tôles d'acier durcissables par cuisson comprenant - l'élaboration d'un acier dont la composition comprend, exprimées en en poids, 0,03 ≤ C ≤ 0,06, 0,50 ≤ Mn ≤ 1,10, 0,08: ≤ Si ≤ 0,20, 0,015 ≤ Al ≤ 0,070, N ≤ 0,007, Ni ≤ 0,040, Cu ≤ 0,040, P ≤ 0,035, S ≤ 0,015, Mo ≤ 0,010, Ti ≤ 0,005 ; étant entendu qu'elle comprend également du bore en une quantité telle que 0,64 ≤ $\frac{B}{N}$ ≤ 1,60 le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration, - la coulée d'une brame de cet acier, puis un laminage à chaud de cette brame pour obtenir une tôle, la température de fin de laminage étant supérieure à celle du point Ar₃, - un bobinage de ladite tôle à une température comprise entre 500 et 700°C, puis - un laminage à froid de ladite tôle avec un taux de réduction de 50 à 80%, - un traitement thermique de recuit en continu d'une durée inférieure à 15 minutes, et un écrouissage réalisé avec un taux de réduction compris entre 1,2 et 2,5%, ainsi que les tôles durcissables et les pièces pouvant être obtenues.

WO 2004/035838 A1

Procédé de fabrication de tôles d'acier durcissables par cuisson, tôles d'acier et pièces ainsi obtenues

5

La présente invention concerne un procédé de fabrication de tôles d'acier durcissables par cuisson, dites à "bake hardening", ainsi que les tôles et les pièces d'acier obtenues par la mise en œuvre de ce procédé.

10 Ces tôles et ces pièces d'acier peuvent comporter un revêtement anti-corrosion, tel que celui obtenu par galvanisation au trempé à chaud ou par électrozingage. Les tôles d'acier sont plus particulièrement destinées à la fabrication de pièces d'aspect pour l'automobile, comme des capots par exemple, tandis que les pièces de plus grande épaisseur que les tôles, sont plus particulièrement destinées à la réalisation de pièces de structure pour
15 automobile, également.

En effet, les pièces d'aspect pour l'automobile doivent être réalisées dans un matériau facile à mettre en œuvre par emboutissage, présentant à l'issue de cette mise en œuvre une bonne résistance à l'indentation, et le plus léger possible afin de diminuer la consommation du véhicule.

20 Or, ces différentes caractéristiques sont contradictoires : un matériau présente une bonne emboutissabilité lorsque sa limite d'élasticité est faible, mais une bonne résistance à l'indentation nécessite que sa limite d'élasticité soit élevée et son épaisseur importante.

On a donc développé des aciers dits à "bake hardening" (encore
25 appelés aciers à BH) présentant la particularité d'avoir une faible limite d'élasticité avant mise en forme, ce qui les rend facilement emboutissables. Mais, une fois emboutis, puis revêtus de peinture et soumis à un traitement thermique de cuisson (170°C pendant 20 minutes, par exemple), on constate que les pièces ou les tôles d'aciers à BH ont une limite d'élasticité qui a
30 augmenté de façon considérable, ce qui leur confère une bonne résistance à l'indentation.

Dans le cas des pièces de structure, cette propriété de durcissement lors de la cuisson du revêtement est en particulier mise à profit pour réduire l'épaisseur, et donc le poids, de ces pièces.

D'un point de vue métallurgique, ces modifications de caractéristiques s'expliquent par l'évolution du carbone en solution solide dans l'acier. Ce carbone a naturellement tendance à se fixer sur les dislocations de l'acier jusqu'à saturation de celles-ci, ce qui durcit l'acier. En contrôlant la quantité de carbone en solution solide et la densité de dislocations présentes dans l'acier au cours du procédé, on peut donc faire en sorte de durcir l'acier lorsqu'on le souhaite, en créant de nouvelles dislocations, que l'on sature avec le carbone restant en solution solide, et qui migre sous l'effet d'une activation thermique. Il convient cependant d'éviter la présence d'une trop grande quantité de carbone en solution solide, car il pourrait alors entraîner un vieillissement de l'acier sous forme d'un durcissement intempestif avant emboutissage qui irait à l'encontre du but visé.

On connaît des aciers durcissables par cuisson dont la composition comprend du manganèse et du silicium et une quantité notable de phosphore, aux alentours de 0,1% en poids. Ces aciers ont de bonnes caractéristiques mécaniques et un gain en limite d'élasticité après cuisson (BH) de l'ordre de 45 MPa, mais présentent un vieillissement naturel important.

La présente invention a donc pour but de mettre à disposition des aciers durcissables par cuisson présentant de bonnes caractéristiques mécaniques, un gain en limite d'élasticité après cuisson (BH) d'au moins 40 MPa et qui sont moins sensibles au vieillissement naturel que les aciers de l'art antérieur.

A cet effet, un premier objet de la présente invention est constitué par un procédé de fabrication de tôles d'acier durcissables par cuisson comprenant :

- l'élaboration d'un acier dont la composition comprend, exprimées en % en poids :

$$0,03 \leq C \leq 0,06$$

$$0,50 \leq \text{Mn} \leq 1,10$$

$$0,08 \leq \text{Si} \leq 0,20$$

$$0,015 \leq \text{Al} \leq 0,070$$

$$\text{N} \leq 0,007$$

$$5 \quad \text{Ni} \leq 0,040$$

$$\text{Cu} \leq 0,040$$

$$\text{P} \leq 0,035$$

$$\text{S} \leq 0,015$$

$$\text{Mo} \leq 0,010$$

$$10 \quad \text{Ti} \leq 0,005$$

étant entendu qu'elle comprend également du bore en une quantité telle que :

$$0,64 \leq \frac{\text{B}}{\text{N}} \leq 1,60$$

le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration,

- 15 – la coulée d'une brame de cet acier, puis un laminage à chaud de cette brame pour obtenir une tôle, la température de fin de laminage étant supérieure à celle du point Ar₃,
- un bobinage de ladite tôle à une température comprise entre 500 et 700°C, puis
- 20 – un laminage à froid de ladite tôle avec un taux de réduction de 50 à 80%,
- un traitement thermique de recuit en continu d'une durée inférieure à 15 minutes, et
- un écrouissage réalisé avec un taux de réduction compris entre 1,2
- 25 et 2,5%.

Dans un premier mode de réalisation préféré, le traitement thermique de recuit en continu comprend :

- 30 – un réchauffement de l'acier jusqu'à lui faire atteindre une température comprise entre 750 et 850°C,
- un maintien isotherme,

- un premier refroidissement jusqu'à une température comprise entre 380 et 500°C, et
- un maintien isotherme, puis
- un deuxième refroidissement jusqu'à température ambiante.

5 Dans un second mode de réalisation préféré, le premier refroidissement comprend une première partie lente effectuée à une vitesse inférieure à 10 °C/s, puis une seconde partie rapide effectuée à une vitesse comprise entre 20 et 50 °C/s.

Le procédé peut également comprendre les variantes suivantes, prises
10 isolément ou en combinaison :

- la teneur en manganèse et la teneur en silicium de l'acier sont telles que :

$$4 \leq \frac{\% \text{Mn}}{\% \text{Si}} \leq 15$$

- la teneur en manganèse de l'acier est comprise entre 0,55 et 0,65% en poids et la teneur en silicium de l'acier est comprise entre 0,08 et 0,12% en
15 poids,
- la teneur en manganèse de l'acier est comprise entre 0,95 et 1,05% en poids et la teneur en silicium de l'acier est comprise entre 0,16 et 0,20% en poids,
- la teneur en azote de l'acier est inférieure à 0,005% en poids,
- 20 - la teneur en phosphore de l'acier est inférieure à 0,015% en poids.

La teneur en carbone de la composition selon l'invention est comprise entre 0,03 et 0,06% en poids, car cet élément abaisse sensiblement la ductilité. Il est cependant nécessaire d'en avoir un minimum de 0,03% en poids pour éviter tout problème de vieillissement.

25 La teneur en manganèse de la composition selon l'invention doit être comprise entre 0,50 et 1,10% en poids. Le manganèse améliore la limite d'élasticité de l'acier tout en réduisant fortement sa ductilité. En dessous de 0,50% en poids, on observe des problèmes de vieillissement, tandis que au-delà de 1,10% en poids, il nuit trop à la ductilité.

30 La teneur en silicium de la composition selon l'invention doit être comprise entre 0,08 et 0,20 % en poids. Il améliore fortement la limite d'élasticité de l'acier tout en réduisant faiblement sa ductilité, mais augmente

sensiblement sa tendance au vieillissement. Si sa teneur est inférieure à 0,08% en poids, l'acier ne présente pas de bonnes caractéristiques mécaniques, tandis que si elle dépasse 0,20% en poids, on se heurte à des problèmes d'aspect de surfaces sur lesquelles apparaissent des tigrages.

5 Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le rapport de la teneur en manganèse par rapport à la teneur en silicium est compris entre 4 et 15 afin d'éviter tout problème de fragilité de soudure par étincelage. En effet, si on se place en dehors de ces valeurs, on observe la formation d'oxydes fragilisants lors de cette opération de soudage.

10 Le bore a pour fonction principale de fixer l'azote par précipitation précoce de nitrures de bore. Il doit donc être présent en quantité suffisante pour éviter qu'une trop grande quantité d'azote demeure libre, sans toutefois dépasser trop la quantité stoechiométrique car la quantité résiduelle libre pourrait poser des problèmes métallurgiques ainsi qu'une coloration des rives
15 de bobine. A titre indicatif, on mentionnera que la stoechiométrie stricte est atteinte pour un rapport B/N de 0,77.

La teneur en aluminium de la composition selon l'invention est comprise entre 0,015 et 0,070 % en poids, sans qu'elle présente une importance critique. L'aluminium est présent dans la nuance selon l'invention
20 du fait du procédé de coulée au cours duquel on ajoute cet élément pour désoxyder l'acier. Il importe cependant de ne pas dépasser 0,070% en poids car on rencontrerait alors de problèmes d'inclusions d'oxydes d'aluminium, néfastes pour les caractéristiques mécaniques de l'acier.

Le phosphore est limité dans l'acier selon l'invention à une teneur
25 inférieure à 0,035 % en poids, de préférence inférieure à 0,015 % en poids. Il permet d'augmenter la limite d'élasticité de la nuance, mais il augmente parallèlement sa tendance au vieillissement dans les traitements thermiques, ce qui explique sa limitation. Il est également néfaste pour la ductilité.

La teneur en titane de la composition doit être inférieure à 0,005% en
30 poids, celle en soufre doit être inférieure à 0,015 % en poids, celle en nickel doit être inférieure à 0,040% en poids, celle en cuivre doit être inférieure à 0,040% en poids et celle en molybdène doit être inférieure à 0,010% en poids. Ces différents éléments constituent en réalité les éléments résiduels

issus de l'élaboration de la nuance que l'on rencontre le plus souvent. On limite leurs teneurs car ils sont susceptibles de former des inclusions qui diminuent les caractéristiques mécaniques de la nuance. Parmi ces éléments résiduels peut également se trouver du niobium, que l'on n'ajoute pas à la composition, mais qui peut être présent à l'état de traces, c'est à dire à une teneur inférieure à 0,004%, de préférence inférieure à 0,001%, et de façon particulièrement préférée égale à 0.

Un second objet de l'invention est constitué par une tôle durcissable par cuisson pouvant être obtenue par le procédé selon l'invention et qui présente une limite d'élasticité comprise entre 260 et 360 MPa, une résistance à la traction comprise entre 320 et 460 MPa, une valeur de BH2 supérieure à 40 MPa, et de préférence supérieure à 60 MPa et un palier de limite d'élasticité inférieur ou égal à 0,2%.

La présente invention va être illustrée à partir des exemples qui suivent, le tableau ci-dessous donnant la composition des différents aciers testés en % en poids, parmi lesquels, les coulées 1 à 4 sont conformes à la présente invention tandis que la coulée 5 est utilisée à titre de comparaison :

	Coulée 1	Coulée 2	Coulée 3	Coulée 4	Coulée 5
C	0,044	0,045	0,038	0,043	0,066
Mn	0,546	0,989	0,598	1,000	0,625
Si	0,089	0,167	0,088	0,179	0,091
N	0,0033	0,0042	0,0032	0,0045	0,0039
B	0,0025	0,0029	0,0051	0,0029	-
Al	0,047	0,031	0,038	0,029	0,058
P	0,006	0,0065	0,007	0,009	0,078
S	0,010	0,0056	0,01	0,008	0,0076
Cu	0,020	0,025	0,012	0,017	0,029
Ni	0,019	0,022	0,019	0,016	0,023
Ti	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
Mo	0,002	0,003	0,008	0,002	0,002

Le reste de la composition des coulées 1 à 5 est bien entendu constitué de fer et éventuellement d'impuretés résultant de l'élaboration.

Mesure du gain en limite d'élasticité après cuisson

Afin de quantifier le gain possible en limite d'élasticité de l'acier, après cuisson, on procède à des essais conventionnels simulant une mise en œuvre réelle au cours de laquelle on emboutit une tôle, puis on la cuit.

On fait donc subir à une éprouvette une traction uniaxiale de 2%, puis un traitement thermique de 170°C pendant 20 minutes.

Au cours de ce processus, on mesure successivement :

- la limite d'élasticité Re_0 de l'éprouvette découpée dans la tôle d'acier venant de subir le recuit continu, puis
- la limite d'élasticité $Re_{2\%}$ de l'éprouvette ayant subie une traction uniaxiale de 2%, puis
- la limite d'élasticité Re_{TT} après traitement thermique de 170°C pendant 20 minutes.

La différence entre Re_0 et $Re_{2\%}$ permet de calculer le durcissement du à la mise en œuvre (work hardening ou WH), tandis que la différence entre $Re_{2\%}$ et Re_{TT} conduit au durcissement du à la cuisson que l'on désigne, pour cet essai conventionnel, par BH2.

Abréviations employées

- A : allongement à la rupture en %
- Re : limite d'élasticité en MPa
- Rm : résistance à la traction en MPa
- n : coefficient d'écrouissage
- P : palier de limite d'élasticité en %

Exemple 1

On fabrique des brames à partir des coulées 1 à 4, puis on les lamine à chaud à une température supérieure à Ar_3 . Pour ces coulées, la température de fin de laminage est comprise entre 854 et 880°C. On bobine les tôles ainsi obtenues, à une température de bobinage entre 580 et 620°C

pour ces coulées, puis on les lamine à froid avec un taux de réduction qui varie de 70 à 76%.

Les tôles sont ensuite soumises à un recuit continu qui présente les étapes suivantes :

- 5 – réchauffement de la tôle jusqu'à atteindre une température de 750°C, à une vitesse de réchauffage de 6°C/s, puis
- maintien à cette température pendant 50 secondes,
- refroidissement lent jusqu'à 650°C, à une vitesse de refroidissement de 4°C/s, puis
- 10 – refroidissement rapide jusqu'à 400°C, à une vitesse de refroidissement de 28°C/s,
- maintien à cette température pendant 170 secondes, puis
- refroidissement à température ambiante, à une vitesse de refroidissement de 5°C/s.
- 15 –

On découpe ensuite des éprouvettes dans ces tôles, et on mesure leurs limites d'élasticité Re_0 . Puis, on soumet ces éprouvettes à une traction uniaxiale de 2% et on mesure leurs limites d'élasticité $Re_{2\%}$ ainsi que leurs autres caractéristiques mécaniques. Ensuite, on leur fait subir un traitement

20 thermique conventionnel à 170°C pendant 20 minutes et on mesure leurs nouvelles limites d'élasticité Re_{TT} . On calcule ensuite leurs BH_2 .

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Eprouvette	Re (MPa)	Rm (MPa)	P (%)	BH2 (MPa)
Coulée 1	296	384	0	67
Coulée 2	305	422	0	44
Coulée 3	284	379	0,2	64

On constate que les coulées 1 à 3 selon l'invention présentent de bonnes caractéristiques mécaniques, une bonne valeur de BH2 et ne présentent pas ou peu de palier de limite d'élasticité.

- 5 On découpe ensuite de nouvelles éprouvettes dans les tôles ayant subi le recuit continu, et on les soumet à un traitement thermique à 75°C pendant 10 heures. Ce traitement thermique est équivalent à un vieillissement naturel de 6 mois à température ambiante. On obtient les résultats suivants :

10

Eprouvette	Re (MPa)	Rm (MPa)	n	P%	A %
Coulée 1 (état frais)	296	384	0,208	0	36,6
Coulée 1 (état vieilli)	290	394	0,165	0,1	31,1
Coulée 2 (état frais)	305	422	0,189	0	33,1
Coulée 2 (état vieilli)	299	431	0,160	0	31,0
Coulée 3 (état frais)	284	379	0,194	0,2	35,3
Coulée 3 (état vieilli)	286	393	0,157	0,2	30,4

On constate après simulation d'un vieillissement naturel de 6 mois que les coulées 1 à 3 selon l'invention ne présentent pas de reprise de palier rédhibitoire à l'aspect Z (inférieur ou égal à 0.2%).

15

Exemple 2

On fabrique des brames à partir des coulées 1 à 5, puis on les lamine à chaud, la température de fin de laminage étant de 850/880°C. On bobine les tôles ainsi obtenues, à une température de bobinage de 580/620°C, puis

on les lamine à froid avec un taux de réduction variant de 70/76% pour ces coulées.

Les tôles sont ensuite soumises à un recuit continu qui présente les étapes suivantes :

- 5 – réchauffement de la tôle jusqu'à atteindre une température de 820°C, à une vitesse de réchauffage de 7°C/s, puis
- maintien à cette température pendant 30 secondes,
- refroidissement lent jusqu'à 650°C, à une vitesse de refroidissement de 6°C/s, puis
- 10 – refroidissement rapide jusqu'à 470°C, à une vitesse de refroidissement de 45°C/s,
- maintien à cette température pendant 20 secondes, puis
- refroidissement à température ambiante, à une vitesse de refroidissement de 11°C/s.

- 15 On découpe ensuite des éprouvettes dans ces tôles, et on mesure leurs limites d'élasticité Re_0 . Puis, on soumet ces éprouvettes à une traction uniaxiale de 2% et on mesure leurs limites d'élasticité $Re_{2\%}$ ainsi que leurs autres caractéristiques mécaniques. Ensuite, on leur fait subir un traitement thermique conventionnel à 170°C pendant 20 minutes et on mesure leurs
- 20 nouvelles limites d'élasticité Re_{TT} . On calcule ensuite leurs BH2.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Eprouvette	Re (MPa)	Rm (MPa)	P (%)	BH2 (MPa)
Coulée 1	290	389	0	74
Coulée 2	315	424	0	64
Coulée 3	282	377	0	82
Coulée 4	310	413	0,2	59
Coulée 5	333	436	1,2	40

On constate que les coulées 1 à 4 selon l'invention présentent de bonnes caractéristiques mécaniques, une très bonne valeur de BH2 et ne présentent pas ou peu de palier de limite d'élasticité, contrairement à la coulée 5 qui présente 1,2% de palier.

- 5 On découpe ensuite de nouvelles éprouvettes dans les tôles ayant subi le recuit continu, et on les soumet à un traitement thermique à 75°C pendant 10 heures. Ce traitement thermique est équivalent à un vieillissement naturel de 6 mois à température ambiante. On obtient les résultats suivants :

10

Eprouvette	Re (MPa)	Rm (MPa)	n	P%	A %
Coulée 1 (état frais)	290	389	0,197	0	32,6
Coulée 1 (état vieilli)	294	412	0,160	0,2	27,4
Coulée 2 (état frais)	315	424	0,180	0	32,8
Coulée 2 (état vieilli)	325	447	0,147	0	27,3
Coulée 3 (état frais)	282	377	0,185	0	20,4
Coulée 3 (état vieilli)	295	415	0,148	0	26,2
Coulée 4 (état frais)	310	413	0,187	0,2	31,7
Coulée 4 (état vieilli)	311	425	0,163	0,1	29,5
Coulée 5 (état frais)	333	436	0,186	1,2	31,6
Coulée 5 (état vieilli)	335	446	0,167	1,8	29,4

On constate après simulation d'un vieillissement naturel de 6 mois que les coulées 1 à 4 selon l'invention ne présentent pas de palier rédhibitoire à l'aspect Z (inférieur ou égal à 0,2%), contrairement à la coulée 5 qui présente un palier de 1,8%.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication de tôles d'acier durcissables par cuisson comprenant :

- 5 – l'élaboration d'un acier dont la composition comprend, exprimées en % en poids :

$$0,03 \leq C \leq 0,06$$

$$0,50 \leq Mn \leq 1,10$$

$$0,08 \leq Si \leq 0,20$$

10 $0,015 \leq Al \leq 0,070$

$$N \leq 0,007$$

$$Ni \leq 0,040$$

$$Cu \leq 0,040$$

$$P \leq 0,035$$

15 $S \leq 0,015$

$$Mo \leq 0,010$$

$$Ti \leq 0,005$$

étant entendu qu'elle comprend également du bore en une quantité telle que :

$$0,64 \leq \frac{B}{N} \leq 1,60$$

20 le reste de la composition étant constitué de fer et d'impuretés résultant de l'élaboration,

- la coulée d'une brame de cet acier, puis un laminage à chaud de cette brame pour obtenir une tôle, la température de fin de laminage étant supérieure à celle du point Ar3,
- 25 – un bobinage de ladite tôle à une température comprise entre 500 et 700°C, puis
- un laminage à froid de ladite tôle avec un taux de réduction de 50 à 80%,
- un traitement thermique de recuit en continu d'une durée inférieure
- 30 à 15 minutes, et

- un écrouissage réalisé avec un taux de réduction compris entre 1,2 et 2,5%.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit traitement thermique de recuit en continu comprend :
- un réchauffement de l'acier jusqu'à lui faire atteindre une température comprise entre 750 et 850°C,
 - un maintien isotherme,
 - un premier refroidissement jusqu'à une température comprise entre 380 et 500°C, et
 - un maintien isotherme, puis
 - un deuxième refroidissement jusqu'à température ambiante.
3. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que ledit premier refroidissement comprend une première partie lente effectuée à une vitesse inférieure à 10 °C/s, puis une seconde partie rapide effectuée à une vitesse comprise entre 20 et 50 °C/s.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'en outre, la teneur en manganèse et la teneur en silicium de l'acier sont telles que :
- $$4 \leq \frac{\%Mn}{\%Si} \leq 15$$
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, en outre, la teneur en manganèse de l'acier est comprise entre 0,55 et 0,65% en poids et la teneur en silicium de l'acier est comprise entre 0,08 et 0,12% en poids.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, en outre, la teneur en manganèse de l'acier est comprise entre 0,95 et 1,05% en poids et la teneur en silicium de l'acier est comprise entre 0,16 et 0,20% en poids.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, en outre, la teneur en azote de l'acier est inférieure à 0,005% en poids.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en

ce que, en outre, la teneur en phosphore de l'acier est inférieure à 0,015% en poids.

- 5 9. Tôle durcissable par cuisson pouvant être obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisée en ce qu'elle présente une limite d'élasticité comprise entre 260 et 360 MPa, une résistance à la traction comprise entre 320 et 460 MPa, une valeur de BH2 supérieure à 40 MPa et un palier de limite d'élasticité inférieur ou égal à 0,2%.
- 10 10. Tôle selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle présente en outre une valeur de BH2 supérieure à 60 MPa.
11. Pièce pouvant être obtenue par découpe d'une ébauche dans une tôle durcissable selon la revendication 9 ou 10, puis peinture et cuisson à moins de 200°C de ladite ébauche.