



⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑳ Numéro de dépôt : **93400287.4**

⑤① Int. Cl.⁵ : **C22C 38/04, C21D 8/02**

㉔ Date de dépôt : **04.02.93**

③① Priorité : **28.02.92 FR 9202407**

④③ Date de publication de la demande :
06.10.93 Bulletin 93/40

⑤④ Etats contractants désignés :
DE FR GB IT

⑦① Demandeur : **SOLLAC**
Immeuble Elysées-La Défense, 29 Le Parvis
F-92800 Puteaux (FR)

⑦② Inventeur : **Marteau, Christian**
4 Le Paradou
F-30800 Saint Gilles (FR)
Inventeur : **Corquillet, Jacques**
12, rue Saint-Jacques
F-13800 Istres (FR)
Inventeur : **Bano, Xavier**
Bâtiment 3, Les Hauts de la Genestelle
F-13800 Istres (FR)

⑦④ Mandataire : **Lanceplaine, Jean-Claude et al**
CABINET LAVOIX 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09 (FR)

⑤④ **Procédé d'élaboration d'une tôle d'acier et tôle d'acier obtenue par ce procédé.**

⑤⑦ La présente invention a pour objet un procédé d'élaboration d'une tôle à partir d'une brame d'acier, dans lequel on utilise un acier dont la composition pondérale est la suivante :

- carbone moins de 0,05%
- manganèse de 1,5 à 2%
- silicium de 0,1 à 0,5%
- molybdène de 0,2 à 0,5%
- phosphore moins de 0,03%
- soufre moins de 0,01%
- niobium de 0,04 à 0,06%
- titane de 0,02 à 0,05%
- aluminium de 0,01 à 0,06%
- bore de 10 à 40 ppm,

les teneurs en azote et en titane satisfaisant à la relation $3,5 \text{ N} \leq \text{Ti}$, le reste étant constitué par du fer et des impuretés, on effectue un laminage à chaud de la brame d'acier dans un train de laminoir à larges bandes avec un taux d'é-crouissage dans un train de laminoir finisseur compris entre 70 et 95% pour obtenir, à la sortie dudit laminage, une tôle d'acier dont la température est comprise entre 800 et 900°C, on refroidit la tôle à l'eau et à l'air avec une vitesse de refroidissement comprise entre 50 et 150°C/s dans le domaine austénitique et on effectue un bobinage de la tôle refroidie à une température comprise entre 500 et 600°C.

La présente invention est relative à un procédé d'élaboration d'une tôle à partir d'une brame d'acier, présentant une très haute résistance mécanique, une aptitude à la mise en forme ainsi qu'une excellente soudabilité.

La présente invention a également pour objet une tôle d'acier obtenue par ce procédé.

Dans certaines industries, notamment l'industrie automobile, on exige de certaines pièces métalliques des caractéristiques mécaniques particulières, à savoir une haute résistance à la fatigue, de grandes possibilités de formage ainsi qu'une excellente soudabilité.

Par exemple, sur les véhicules de tourisme et les poids lourds, les voiles des roues présentent des parties amincies qui constituent des zones de fragilité pour ces roues. Ainsi, les constructeurs s'orientent vers de l'acier possédant une résistance mécanique de plus en plus élevée ainsi que d'excellentes propriétés d'emboutissage et de soudage.

Les tôles d'acier utilisées pour réaliser ce type de pièces font généralement partie de la gamme des produits plats laminés à chaud dont les caractéristiques mécaniques sont obtenues par un laminage contrôlé sur un train de laminage à larges bandes.

On connaît dans cette gamme plusieurs aciers à caractéristiques mécaniques élevées dont le premier est un acier à haute limite d'élasticité, dit HLE.

L'acier HLE est un acier microallié qui présente une limite d'élasticité comprise entre 315 et 690 MPa, mais qui possède une aptitude au formage médiocre du fait notamment d'un rapport entre la limite d'élasticité R_e et la résistance mécanique R_m élevé, à savoir supérieur à 0,85.

On connaît également les aciers DUAL PHASE dont la structure est du type ferrite-martensite et qui sont dotés d'une formabilité remarquable.

Par contre, ces aciers présentent une soudabilité médiocre et une résistance mécanique qui ne dépasse pas 600 MPa.

Les aciers dits HR font également partie des aciers à caractéristiques mécaniques élevées et sont des aciers au carbone-manganèse qui subissent après laminage un refroidissement suffisamment rapide associé à un bobinage vers 400-450°C.

Les tôles d'acier ainsi produites possèdent une structure ferrito-bainitique de formabilité intermédiaire entre les tôles d'acier HLE et les DUAL PHASE.

Malgré, une bonne aptitude à l'emboutissage, en raison d'un rapport entre la limite d'élasticité R_e et la résistance mécanique R_m compris entre 0,75 et 0,80 et une très bonne soudabilité, on constate que ces aciers possèdent une résistance mécanique voisine de 600 MPa qui ne leur confère pas un comportement en fatigue suffisant.

On connaît encore les aciers TRIP, c'est à dire à transformation plastique induite, qui allient une très haute résistance mécanique, supérieure à 800 MPa

avec des allongements élevés qui leur procurent une formabilité excellente.

Mais, en raison des teneurs élevées en carbone et éléments d'alliage, un tel acier est très difficilement soudable.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédemment cités en proposant un procédé d'élaboration d'une tôle d'acier présentant à la fois une très haute résistance mécanique, une bonne aptitude au formage et une excellente soudabilité.

La présente invention a ainsi pour objet un procédé d'élaboration d'une tôle à partir d'une brame d'acier, caractérisé en ce qu'on utilise un acier dont la composition pondérale est la suivante :

- carbone moins de 0,05%
- manganèse de 1,5 à 2%
- silicium de 0,1 à 0,5%
- molybdène de 0,2 à 0,5%
- phosphore moins de 0,03%
- soufre moins de 0,01%
- niobium de 0,04 à 0,06%
- titane de 0,02 à 0,05%
- aluminium de 0,01 à 0,06%
- bore de 10 à 40 ppm,

les teneurs en azote et en titane satisfaisant à la relation $3,5 N \leq Ti$, le reste étant constitué par du fer et des impuretés,

- on effectue un laminage à chaud de la brame d'acier dans un train de laminage à larges bandes avec un taux d'écrouissage dans un train de laminage finisseur compris entre 70 et 95% de façon à obtenir, à la sortie dudit laminage, une tôle d'acier dont la température est comprise entre 800 et 900°C,
- on refroidit la tôle à l'eau et à l'air avec une vitesse de refroidissement comprise entre 50 et 150°C/s dans le domaine austénitique,
- et on effectue un bobinage de la tôle refroidie à une température comprise entre 500 et 600°C.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- on utilise un acier dont la composition pondérale des éléments suivants est de préférence :
- carbone de 0,03 à 0,05%
- manganèse 1,7 à 2%
- silicium de 0,2 à 0,4%
- molybdène de 0,2 à 0,4%
- bore de 10 à 20 ppm,
- on soumet, en outre, la tôle à un décapage chimique dans de l'acide chlorhydrique,
- on effectue le bobinage de la tôle de préférence à une température comprise entre 560 et 590°C.

La présente invention a également pour objet une tôle d'acier obtenue par le procédé mentionné ci-dessus et dont les caractéristiques sont les suivantes:

- la limite d'élasticité R_e de l'acier est comprise entre 620 et 720 MPa, la résistance mécanique

- Rm de l'acier est comprise entre 800 et 900 Mpa, la limite d'élasticité et la résistance mécanique vérifiant la relation $0,7 \leq R_e/R_m \leq 0,82$,
- les allongements mesurés sur des éprouvettes proportionnelles de type Lo = 5,65 V So, où Lo et So sont respectivement la longueur et la section initiales desdites éprouvettes, prélevées en sens long et en sens travers sur ladite tôle, sont respectivement supérieurs à 15 et à 13%.

D'autres avantages et caractéristiques de la présente invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre et qui est donnée uniquement à titre d'exemple.

Les tôles d'acier faisant l'objet de la présente invention sont obtenues par laminage à chaud de brames provenant par exemple d'une installation de coulée continue.

La composition pondérale de l'acier constituant les brames est par exemple la suivante :

- carbone 0,04%
- manganèse 1,77%
- silicium 0,24%
- molybdène 0,29%
- phosphore 0,01%
- soufre 0,004%
- niobium 0,054%
- titane 0,03%
- aluminium 0,045%
- bore 21 ppm.

La teneur en azote de 80ppm vérifie la relation $3,5N \leq Ti$, le reste étant constitué par du fer et des impuretés.

Les brames d'acier issues de la coulée continue sont réchauffées dans un four à une température comprise entre 1200 et 1250°C et, plus précisément à 1250°C, puis introduites dans un train de laminage à larges bandes comprenant un train dégrossisseur et un train finisseur, chacun étant constitué de plusieurs cages de laminage.

A l'entrée du train dégrossisseur, on a par exemple une brame de 220mm d'épaisseur qui devient à la sortie dudit train une ébauche d'épaisseur comprise entre 35 et 40mm et par exemple égale à 38mm.

La fonction essentielle de ce laminage est la réduction de l'épaisseur de la brame.

L'ébauche obtenue est ensuite engagée dans le train finisseur dans lequel on procède à un écrouissage avec un taux de réduction variant de 70 à 95% produisant ainsi un affinage des grains d'austénite.

Contrairement au laminage dans le train dégrossisseur, l'ébauche laminée dans le train finisseur est en permanence en prise dans une des cages dudit train où le phénomène de recristallisation est retardé.

A la sortie du train finisseur, la tôle que l'on obtient, a une épaisseur comprise entre 2 et 10mm et sa température, encore appelée température de fin de laminage, est comprise entre 800 et 900°C et par exemple égale à 845°C.

Il convient de noter que le passage de la brame dans le train dégrossisseur du laminage n'est pas une opération indispensable et l'on peut par contre produire par une filière différente de la filière classique de la coulée continue des brames minces qu'il n'est plus nécessaire de dégrossir.

La coulée de brames minces permet notamment de supprimer le passage des brames dans un train dégrossisseur.

Dans ce cas, la brame mince est directement engagée dans le train finisseur dans lequel on procède à l'écrouissage avec un taux de réduction variant de 70 à 95%.

Après le laminage de la tôle, on effectue un refroidissement à l'air et à l'eau à l'aide de rampes d'arrosage.

Lors de cette opération de refroidissement, il est connu de voir apparaître une phase ferritique aux joints de grains ainsi qu'une phase perlitique.

Avantageusement, l'effet combiné du bore et du niobium permet d'inhiber la germination de la ferrite et ainsi l'austénite commence sa transformation en bainite à des températures plus basses que les températures usuelles.

Le niobium se révèle totalement efficace à partir de 0,04% mais, au-delà de 0,06% les propriétés de mise en forme de l'acier se dégradent.

L'optimum de bore est, quant à lui, compris entre 10 et 40ppm.

Jusqu'à présent, il était difficile d'imaginer un acier microallié pour l'emboutissage car la formation de précipités est néfaste à la mise en forme.

Or, les éléments de microalliage de l'acier, selon la présente invention, ne sont pas utilisés en tant que précipités, mais pour inhiber la transformation ferritique et perlitique.

En outre, le choix de la température de fin de laminage permet de générer plus ou moins de défauts, appelés dislocations, dans le réseau cristallin et dans lesquels germe la bainite.

Par exemple, pour une température de 800°C l'allongement des grains d'austénite est plus élevé qu'à 900°C, donc les dislocations seront plus nombreuses ce qui conduit à une structure bainitique plus fine qu'à 900°C.

Au cours de ce refroidissement, on refroidit l'austénite à une vitesse comprise entre 50 et 150°C/s de préférence égale à 80°C/s.

La tôle refroidie est ensuite bobinée à une température comprise entre 500 et 600°C, de préférence entre 560 et 590°C, et par exemple égale à 580°C.

A une température de bobinage trop basse, il se forme dans la tôle une phase martensitique qui tend à dégrader la ductilité.

A une température plus haute, c'est à dire entre 400 et 500°C, on obtient une structure bainitique très fine particulièrement adaptée aux aciers dits HLE ou à haute limite élastique.

Les propriétés obtenues en raison notamment de la température de bobinage élevée, à savoir supérieure à 500°C, sont tout à fait inattendues. En effet, il est connu que le bobinage d'une tôle d'acier à température élevée provoque une diminution de la limite d'élasticité R_e et également une diminution de la résistance mécanique R_m .

Or, la demanderesse a eu le mérite de s'apercevoir que le molybdène permet la formation de carbures complexes très fragmentés à une température de bobinage élevée supérieure à 500°C et qui maintiennent une résistance mécanique R_m élevée comprise entre 800 et 900 MPa. La résistance mécanique de l'acier selon l'exemple de réalisation de la présente invention est égale à 803 MPa mesurée sur une éprouvette proportionnelle de type $Lo = 5,65 V So$ où Lo et So désignent respectivement la longueur et la section initiales de l'éprouvette avant traction, prélevée en sens long sur une tôle d'acier.

Il a également été constaté qu'une teneur en molybdène supérieure à 0,5% dégrade l'allongement de l'acier.

Une teneur en silicium inférieure à 0,5% permet d'améliorer l'allongement et donc les propriétés de mise en forme et permet d'éviter la formation de défauts de surface que l'on appelle fayalite lors du réchauffage des brames dans les fours.

Ce défaut est rédhibitoire lorsque l'on utilise des tôles décapées.

En effet, la fayalite Fe_2SiO_4 forme avec FeO un eutectique dont le point de fusion est à 1177°C, ainsi cet eutectique pénètre le long des joints de grains gamma et les incrustations lors du laminage dans le train dégrossisseur sont révélées au cours du décapage.

En choisissant une teneur en manganèse allant de 1,5 à 2%, le point de début de transformation bainitique a été abaissé et on a ainsi pu obtenir les caractéristiques mécaniques visées.

La limite d'élasticité R_e de l'acier selon la présente invention est comprise, d'une manière générale, entre 620 et 720 MPa et par exemple égale à 632 MPa mesurée sur une éprouvette proportionnelle de type $Lo = 5,65 V So$ où Lo et So désignent respectivement la longueur et la section initiales de l'éprouvette, prélevée en sens long sur une tôle d'acier.

L'allongement d'une telle éprouvette proportionnelle prélevée en sens long sur une tôle d'acier est supérieur à 15% et par exemple égal à 18,2%.

Pour une éprouvette proportionnelle de même type et prélevée en sens travers sur la même tôle d'acier, l'allongement est supérieur à 13% et par exemple égal à 15%.

Ces caractéristiques donnent à cet acier une excellente résistance en fatigue liée à sa résistance maximale avant rupture élevée, ainsi qu'une bonne aptitude à la mise en forme et notamment à l'emboutissage grâce à son rapport R_e/R_m compris entre 0,7

et 0,82.

Le faible rapport R_e/R_m de l'acier ainsi obtenu et son allongement permettent d'une manière favorable son utilisation pour la fabrication de profils creux et notamment de tubes à haute résistance mécanique.

Pour améliorer les propriétés de mise en forme des tôles d'acier, la teneur en soufre doit être inférieure à 0,01% et cet élément doit être globularisé.

Par ailleurs, la présence d'une faible teneur en carbone procure à l'acier une excellente soudabilité, mais il convient de ne pas dépasser la valeur de 0,05% au delà de laquelle on constate une augmentation de la dispersion des caractéristiques mécaniques.

Le faible taux de carbone permet également de prévenir la formation de martensite qui est plutôt néfaste à la ductilité de l'acier.

En outre, le titane est présent dans l'acier pour protéger le bore de l'azote et permettre la synergie entre le bore et le niobium.

A cet effet, il est nécessaire d'ajouter du titane dans une quantité au moins stoechiométrique vis à vis de l'azote ce qui conduit à un rapport $Ti/N \geq 3,5$.

Après l'opération du bobinage, la tôle possède toutes ses caractéristiques mécaniques d'emploi.

Dès que la tôle est refroidie, on procède à un décapage, par exemple par immersion dans un ou plusieurs bains d'acide chlorhydrique en vue d'éliminer toutes traces d'oxyde sur la face de ladite tôle.

Les mesures précédemment mentionnées ont été effectuées sur une tôle ayant subi un décapage.

Selon les applications envisagées et les spécifications des clients auxquels sont livrées les tôles, la tôle peut être découpée en bandes par une cisaille avant sa livraison.

Les bandes ainsi obtenues présentent en outre une planéité serrée pour laquelle la flèche d'ondulation est inférieure à 1% de la longueur de l'ondulation et dans tous les cas inférieure à 10mm.

L'avantage de l'utilisation de ces tôles d'acier pour des pièces embouties, pliées ou profilées dans tous les secteurs d'activité, tels que l'automobile et la construction mécanique, consiste en la possibilité d'une réduction d'épaisseur permettant un allègement des pièces ou une amélioration des performances en fatigue voire une combinaison de ces deux avantages.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une tôle à partir d'une brame d'acier, caractérisé en ce qu'on utilise un acier dont la composition pondérale est la suivante :

- carbone moins de 0,05%
- manganèse de 1,5 à 2%
- silicium de 0,1 à 0,5%

- molybdène de 0,2 à 0,5% 13%.
 - phosphore moins de 0,03%
 - soufre moins de 0,01%
 - niobium de 0,04 à 0,06%
 - titane de 0,02 à 0,05% 5
 - aluminium de 0,01 à 0,06%
 - bore de 10 à 40 ppm,
- les teneurs en azote et en titane satisfaisant à la relation $3,5 N \leq Ti$, le reste étant constitué par du fer et des impuretés, 10
- on effectue un laminage à chaud de la brame d'acier dans un train de laminage à larges bandes avec un taux d'écrouissage dans un train laminage finisseur compris entre 70 et 95% pour obtenir, à la sortie dudit laminage, une tôle d'acier dont la température est comprise entre 800 et 900°C, 15
 - on refroidit la tôle à l'eau et à l'air avec une vitesse de refroidissement comprise entre 50 et 150°C/s dans le domaine austénitique, 20
 - et on effectue un bobinage de la tôle refroidie à une température comprise entre 500 et 600°C. 25
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise un acier dont la composition pondérale des éléments suivants est de préférence:
- carbone de 0,03 à 0,05%
 - manganèse de 1,7 à 2% 30
 - silicium de 0,2 à 0,4%
 - molybdène de 0,2 à 0,4%
 - bore de 10 à 20 ppm.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on soumet, en outre, la tôle à un décapage chimique dans de l'acide chlorhydrique. 35
4. Procédé selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'on effectue le bobinage de la tôle de préférence à une température comprise entre 560 et 590°C. 40
5. Tôle d'acier obtenue par le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la limite d'élasticité R_e de l'acier est comprise entre 620 et 720 MPa, la résistance mécanique R_m de l'acier est comprise entre 800 et 900 Mpa, le rapport R_e et R_m vérifiant la relation $0,7 \leq R_e/R_m \leq 0,82$. 45 50
6. Tôle d'acier selon la revendication 5, caractérisée en ce que les allongements mesurés sur des éprouvettes proportionnelles de type $Lo = 5,65 V$ So où Lo et So sont respectivement la longueur et la section initiales desdites éprouvettes prélevées en sens long et sens travers sur ladite tôle d'acier, sont respectivement supérieurs à 15 et à 55



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 93 40 0287

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	EP-A-0 080 809 (NIPPON STEEL CORPORATION) *Revendications 1,2,5* ----	1,2	C22C38/04 C21D8/02
A	GB-A-2 019 439 (NIPPON STEEL CORPORATION) *Revendications 1-4* ----	1,2	
A	FR-A-2 000 542 (NIPPON KOKAN K.K.) * le document en entier * -----	1,2	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			C22C C21D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 10 JUIN 1993	Examineur LIPPENS
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 01.82 (P0402)