



MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

N° 887.057

Classif. Internat.: B21B

Mis en lecture le: 04-05-1981

Le Ministre des Affaires Économiques,

*Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention;**Vu la Convention d'Union pour la Protection de la Propriété Industrielle;**Vu le procès-verbal dressé le 13 janvier 1978 à 14 h. 21**au greffe du Gouvernement provincial de Liège,*

ARRÊTE :

Article 1. — Il est délivré à la Sté dite : ARBED S.A.,
Avenue de la Liberté, Luxembourg (Grand-Duché de Luxembourg)

repr. par Mr. M. Van Malderen, p/a Freylinger & Associés
S.P.R.L., 145 boulevard de la Sauvenière, Bte 031, 4000
Liège,

un brevet d'invention pour: Procédé de fabrication de laminés en acier
présentant une bonne soudabilité, une haute limite
d'élasticité et une résilience à très basses températures,
(Inv. : A. Schummer, J. De La Hamette, G. Lessel,
J.-P. Beck et A. Frantz)

qu'elle déclare avoir fait l'objet de demandes de brevet
déposées au Grand-Duché de Luxembourg le 28 avril 1980,
n° 82 408 et le 8 décembre 1980, n° 82987

Article 2. — Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et
périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit
de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Au présent arrêté demeure joint un des doubles de la spécification de l'invention
(mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui
de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 30 janvier 1978

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE:

Le Directeur

L. SALPÊTEUR

887057

BREVET D'INVENTION

ARBED S.A.

PROCEDE DE FABRICATION DE LAMINES EN ACIER PRESENTANT UNE BONNE SOUDABILITE, UNE HAUTE LIMITE D'ELASTICITE ET UNE RESILIENCE A TRES BASSES TEMPERATURES.

Priorité : demandes de brevet déposées au Luxembourg le
28 avril 1980 sous le n° 82 408 et le
ef 8 décembre 1980 sous le n° 82 154.

Inventeurs : Arthur SCHUMMER, Jean DE LA HAMETTE, Guy LESSEL,
Jean-Paul BECK, Armand FRANTZ.

sh

Procédé de fabrication de laminés en acier présentant une bonne soudabilité, une haute limite d'élasticité et une résilience à très basses températures.

- 5 La présente invention concerne un procédé de fabrication de laminés en acier, notamment de ronds à béton, présentant une bonne soudabilité, une haute limite d'élasticité, ainsi qu'une résilience à très basses températures.
- 10 Il est bien connu que les ronds à béton de fabrication courante avec une limite d'élasticité de l'ordre de 400 N/mm² ne présentent qu'une très faible ténacité. Ainsi leur température de transition pour l'essai de résilience Charpy V à 35 J/cm² est de l'ordre de + 20°C. Il s'ensuit que ces produits n'offrent qu'une faible résistance à la
- 15 rupture fragile aux basses températures.

- Dans le passé une résilience Charpy V à 35 J/cm² et à des températures de l'ordre de - 196°C n'était point requise pour les utilisations courantes faites des laminés en acier comme les ronds à béton.
- 20 Or, l'évolution récente de la technologie de fabrication et surtout de stockage des gaz liquéfiés a conduit à la nécessité de disposer de quantités assez importantes de laminés en acier résistant au froid intense. Ainsi par exemple il est prévu, pour des raisons de sécurité, de munir les réservoirs de stockage de gaz liquéfiés
- 25 d'une enveloppe en béton armé en analogie aux mesures de sécurité appliquées dans le domaine des réacteurs nucléaires.

- Pour être utilisables pour la constitution de l'armature de telles enveloppes de réservoirs à gaz liquéfiés qui se trouvent exposées à
- 30 des températures de - 50°C à - 196°C les ronds à béton doivent présenter en plus d'une résilience adéquate à coeur, une soudabilité satisfaisante, ce qui implique des teneurs en carbone inférieures à 0,2 %. Or, les ronds à béton connus, qui présentent 0,16 - 0,2 % C, sont soumis à un torsadage à froid, ce qui a d'un côté pour effet de
- 35 leur conférer une limite d'élasticité satisfaisante mais ce qui entraîne d'autre part une ténacité faible, surtout à des basses températures.
- 011

On a également essayé par exemple de soumettre au cours même de la fabrication des ronds à béton d'une teneur en carbone tout au plus de 0,20 % à un traitement comprenant un refroidissement intense en surface à la sortie du laminoir, ainsi qu'un autorévenu subséquent. Ceci a permis d'obtenir des ronds à béton soudables et tenances sans que ces ronds présentent toutefois des températures de transition Charpy V-35 J/cm² sensiblement meilleures que - 50°C.

Jusqu'ici seuls les ronds à béton fabriqués à partir d'un acier allié à 9% Ni, qu'ont subi une double normalisation suivie d'un revenu, ou bien une trempe suivie d'un revenu, présentent une résilience Charpy V-35 J/cm² minimum à -196°C.

Ainsi, le but de l'invention consiste à proposer un procédé de fabrication de laminés répondant aux critères mentionnés au premier alinéa, ce procédé étant réalisable ex chaude de laminage, de préférence à partir d'un acier contenant un minimum d'éléments d'alliage coûteux, réduisant ainsi le prix de revient des laminés produits.

Ce but est atteint par le procédé suivant l'invention qui est caractérisé en ce qu'on met en oeuvre un acier contenant du carbone (C), du manganèse (MN), du silicium (SI), de l'aluminium (AL) et du niobium (NB), que l'on lamine cet acier en veillant à ce que le taux de réduction total, réalisé au cours des trois dernières passes, soit supérieur à 20 % et que l'on règle les températures pour les opérations avant (T1) pendant (T2) et après (T3) le laminage du produit présentant un diamètre (D), de manière à assurer que la limite d'élasticité (LE) et la résilience -120°C (KCV), exprimées par

$$\begin{aligned} LE = & 1035 + 510 C + 192 MN + 2270 NB - 0,21 T1 \\ & - 0,42 T2 - 0,48 T3 - 3,51 D \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} 35 \quad KCV = & 2202 - 2066 C + 23,20 MN - 2064 NB - 0,77 T1 \\ & - 1,24 T2 - 0,23 T3 - 1,98 D \end{aligned}$$

atteignent les valeurs élevées convoitées.

h
04

Il est bien entendu que les concentrations des différents éléments présents ou ajoutés, ainsi que les températures des différentes phases de traitement, ne varieront que dans de certaines limites.

- 5 Ainsi la composition chimique de l'acier utilisé est choisie suivant les expériences recueillies au cours de nombreux essais qui ont révélé que la teneur en carbone inférieure à 0.20 % sera d'autant plus basse que l'on vise une températures de transition plus basse. Par exemple on limite le carbone préférentiellement à 10 0.08 % max. pour une température de transition Charpy V-35 J/cm² à - 140°C.

- 15 Une teneur en manganèse de l'ordre de 1,7 % confère la résilience voulue à l'acier tout en améliorant sa ténacité, tandis qu'une teneur en silicium de l'ordre de 0,3 % est propice pour renforcer la résistance.

- 20 Par ailleurs il est important de calmer l'acier grain fin à l'aluminium pour améliorer la soudabilité et diminuer considérablement la tendance au vieillissement. L'affinage du grain relève par ailleurs la limite d'élasticité, ainsi que la ténacité.

- 25 Le Nb et éventuellement le V et/ou le Mo garantiront une limite d'élasticité élevée, surtout pour les ronds à béton de gros diamètres.

- 30 Suivant l'invention le produit est soumis au cycle thermomécanique particulier décrit au cours duquel la température du produit est contrôlée pour toutes les opérations avant, pendant et après le laminage, le taux de réduction total obtenu au cours de ces passes doit être important c'est-à-dire de préférence supérieur à 20 %.

- 35 Il convient de souligner que le cycle thermo-mécanique particulier, qui fait partie du procédé suivant l'invention, a pour but l'obtention d'une structure à grain extrêmement fin à coeur du produit, étant donné que la résilience à très basses températures doit être garantie à coeur du produit laminé.
- d

Pour parvenir à ce résultat on choisit d'un côté la température du four judicieusement suivant les règles de l'art de façon à éviter un grossissement du grain sur le demi-produit. D'un autre côté la température de début de laminage sera telle que l'on obtient dès le début de laminage un affinage considérable au grain et qu'on évite une recristallisation trop importante.

Avant les trois dernières passes de laminage l'acier subit un refroidissement rapide dans une rampe de refroidissement jusqu'à une température proche du point de transformation A_{r3} .

Le traitement de refroidissement à la sortie du laminoir consiste en un autre refroidissement énergique du produit, jusqu'à une température à coeur suffisamment basse, afin d'éviter toute recristallisation.

L'idée qui est à la base de la présente invention consiste donc à combiner les effets bénéfiques réalisables séparément grâce au choix judicieux des éléments chimiques incorporés en des teneurs déterminées à l'acier avec les effets d'une interaction dirigée entre l'évolution de la température du produit en cours de fabrication et les taux de réduction appliqués lors du laminage.

Le résultat obtenu est matérialisé notamment par une grosseur de grain extrêmement fine du produit fini.

Pour réaliser plus aisément des produits présentant des températures de transition inférieures à au moins -140°C , on peut suivant l'invention mettre en oeuvre un acier qui présente des teneurs en nickel de l'ordre de 5 %, mais inférieures à 10 %. Un tel acier, laminé selon le procédé suivant l'invention, présente une résilience Charpy V-35 J/cm² à -196°C .

Les avantages du procédé suivant l'invention ressortent de manière claire des six expériences décrites par la suite:

1. Le laminage d'un acier naturellement dur pour ronds à béton

04

(C = 0,35 % environ) aboutit à un produit présentant des caractéristiques de traction satisfaisantes, dont notamment une limite d'élasticité dépassant 400 MPa.

- 5 Cependant la température de transition pour l'essai Charpy V à un niveau d'énergie de 35 J/cm² n'est que de + 20°C. Cet acier ne présente donc aucune ténacité à basse température. Sa soudabilité est médiocre.
- 10 2. Un acier à teneur en carbone limitée à 0,18 %, qui subit le traitement suivant l'invention avant, pendant et après le laminage, offre également des caractéristiques de traction satisfaisantes. Une nette amélioration par rapport à l'exemple 1 est constituée du point de vue allongement et notamment de la température de transition, qui descend à -60°C. L'acier s'avère être soudable.
- 15 3. La mise en oeuvre d'un acier présentant la composition chimique définie dans la présente demande, mais ne subissant pas de traitement suivant l'invention, mène à des caractéristiques mécaniques insuffisantes du point de vue limite d'élasticité et résistance. L'allongement est élevé. La température de transition, même sans traitement, se situe cependant déjà à peu-près au même niveau que celle de l'exemple 2, où le traitement suivant l'invention a été appliqué avant, pendant et après le laminage.
- 20 4. La combinaison de la composition chimique et des traitements avant, pendant et après le laminage suivant l'invention permettent d'arriver à la double amélioration convoitée à savoir:
 - 30 - les caractéristiques mécaniques satisfaisantes et l'allongement élevé,
 - la température de transition descendant à une température très basse d'au moins -140°C.
- 35 5. Un acier à 9 % Ni, à l'état de laminage normal à chaud réalisé une température de transition Charpy V - 35 J/cm² à - 50°C.

6. Le même acier à 9 % Ni, dont la résilience à 196°C n'est normalement réalisable qu'à l'aide d'un traitement thermique onéreux (double normalisation + revenu ou trempe + revenu), permet d'arriver à une température de transition de -196°C lorsqu'on applique le traitement préconisé avant, pendant et après le laminage.

Les 6 exemples sont résumés de manière succincte dans le tableau I en annexe.

10

Pour le procédé suivant l'invention l'importance de la composition chimique de l'acier ainsi que celle du contrôle des températures lors des opérations de fabrication et du refroidissement rapide post-laminoir est mise en évidence par les six expériences suivantes:

15

1. Un acier naturellement dur pour ronds à béton (C = 0,35 % environ) traité suivant le procédé de l'invention est trempé à coeur. Cet acier présente une limite d'élasticité élevée, mais les propriétés de ductilité sont très faibles.

20

Pour l'essai Charpy V, même à température ambiante, le niveau d'énergie ne dépasse pas 35 J/cm².

25

2. La mise en oeuvre d'un acier accusant la composition chimique déterminée dans la présente demande, mais sans application du traitement suivant l'invention conduit à des caractéristiques mécaniques insuffisantes du point de vue limite d'élasticité et résistance. La température de transition de la résilience Charpy V se situe à 60°C.

30

3. La même acier laminé sans traitement thermomécanique, mais avec un refroidissement post-laminoir présente une limite d'élasticité et une résistance nettement plus élevée que pour l'exemple 2. La température de transition (-75°C) est également améliorée par rapport à l'exemple 2.

35

4. En introduisant dans le schéma de mise en oeuvre de l'exemple 3

oh

encore un laminage thermomécanique, mais uniquement pour les dernières passes la limite d'élasticité et la résistance sont encore améliorées. Il en est de même pour la température de transition (-100°C).

5

5. En effectuant un traitement thermomécanique pour toutes les opérations de laminage, mais sans refroidissement post-laminoir, la limite d'élasticité et la résistance sont abaissées par rapport aux exemples 3 et 4. La température de transition cependant est encore améliorée (-115°C).

10

6. Les meilleurs résultats concernant les propriétés mécaniques de l'acier accusant la composition chimique déterminée dans la présente demande sont obtenus par le traitement suivant l'invention, avant, pendant et après le laminage, à savoir :

15

- des caractéristiques mécaniques satisfaisantes et un allongement élevé.
- une température de transition de la résilience Charpy V très basse.

20

Les résultats précités sont représentés sous une forme succincte dans le tableau 2 annexé.

25

Bien que la présente description soit axée sur la production de ronds à béton, le procédé suivant l'invention peut tout aussi bien être appliqué à d'autres aciers marchands tels que ronds lisses, plats, carrés, cornières, aux profilés et aux tôles, du moment que l'on désire combiner les propriétés de soudabilité, de haute limite d'élasticité et de résilience à température très basses dans un même produit.

30

21

N° exemple	1	2	3	4	5	6
Type d'acier	C = 0,35 % semi-calmé	C = 0,18 % semi-calmé	C = 0,08 % calmé	C = 0,08 % calmé	9 % Ni calmé	9 % Ni calmé
Traitement suivant l'invention avant, pendant et après le laminage	non	oui	non	oui	non	oui
Limite d'élasticité (MPa)	440	470	320	490	890	710
Résistance (MPa)	650	570	500	570	1010	940
Allongement l _{0 d} (%)	13	25	25	30	9	13
Temp. de transition °C, Résilience Charpy V à 35 J/cm ²	+ 20	- 60	- 60	- 140	- 50	- 196

06

No exemple	1	2	3	4	5	6
Type d'acier	C = 0,35 % semi-calmé	C = 0,05 % calmé Al	C = 0,05 % calmé Al	C = 0,05 % calmé Al	C = 0,05 % calmé Al	C = 0,05 % Calmé Al
Température four	contrôlée	1 200 °C	1200 °C	1200 °C	contrôlée	contrôlée
Température début de laminage	contrôlée	non contrôlée	non contrôlée	non contrôlée	contrôlée	contrôlée
Refroidissement rapide de intermédiaire	oui	non	non	oui	oui	oui
Température de fin de laminage	contrôlée	non contrôlée	non contrôlée	contrôlée	contrôlée	contrôlée
Refroidissement rapide post-laminage	oui	non	oui	oui	non	oui
Température après refroidissement post-laminage	contrôlée	-	contrôlée	contrôlée	-	contrôlée
Limite d'élasticité (MPa)	980	320	430	470	380	490
Résistance (MPa)	980	480	530	550	465	580
Allongement (5 d) %	5 %	34 %	32 %	31 %	36 %	32 %
Température de transition (°C) pour la résilience Charpy V à 35 J/cm ²	> + 2 °C	- 60 °C	- 75 °C	- 100 °C	- 115 °C	- 140 °C

Revendications

1. Procédé de fabrication de laminés en acier, notamment de ronds à béton, présentant une bonne soudabilité, une haute limite d'élasticité, ainsi qu'une résilience à très basses températures, caractérisé en ce que l'on utilise un acier contenant du carbone (C), du manganèse (MN), du silicium (SI), de l'aluminium (AL) et du niobium (NB), que l'on lamine cet acier en veillant à ce que le taux de réduction total, réalisé au cours des trois dernières passes, soit supérieur à 20 % et que l'on règle les températures pour les opérations avant (T1), pendant (T2) et après (T3) le laminage du produit présentant un diamètre (D), de manière à assurer que la limite d'élasticité (LE) et la résilience à - 120°C (KCV), exprimées par
- $$LE = 1035 + 510 C + 192 MN + 2270 NB - 0,21 T1 - 0,40 T2 - 0,48 T3 - 3,51 D$$
- et
- $$KCV = 2202 - 2066 C + 23,20 MN - 2064 NB - 0,77 T1 - 1,24 T2 - 0,23 T3 - 1,98 D$$
- atteignent les valeurs élevées convoitées.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on choisit une teneur en carbone inférieure 0,20 % d'autant plus basse que l'on vise une température de transition plus basse.
3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on relève la limite d'élasticité de l'acier en opérant un calmage grain fin à l'aluminium à une teneur de 0,03 % au minimum.
4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on choisit une teneur en nickel inférieure à 10 % d'autant plus haute que l'on vise une température de transition plus basse.
5. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on règle la température de début de laminage en créant dans le four une température contrôlée, inférieure à 1200°C.

C/

6. Procédé suivant les revendications 1-5, caractérisé en ce que l'on procède avant les trois dernières passes de laminage à un refroidissement rapide de l'acier jusqu'à une température correspondant au point de transformation Ar3.

5

7. Procédé suivant les revendications 1-6, caractérisé en ce que l'on procède au terme du laminage à un refroidissement énergétique de l'acier jusqu'à une température à coeur suffisamment basse pour éviter toute recristallisation.

Liège, le 13 janvier 1981

Par Pr.: ARBED S.A.

Michel VAN MALDEREN
(FREYLINGER & ASSOCIES)
Ppon

