



MINISTERE DES AFFAIRES ECONOMIQUES

NUMERO DE PUBLICATION : 1007790A6

NUMERO DE DEPOT : 09301421

Classif. Internat. : C21D

Date de délivrance le : 24 Octobre 1995

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 28 Mars 1984 sur les brevets d'invention, notamment l'article 22;

Vu l'arrêté royal du 2 Décembre 1986 relatif à la demande, à la délivrance et au maintien en vigueur des brevets d'invention, notamment l'article 28;

Vu le procès verbal dressé le 20 Décembre 1993 à 10H00 à l'Office de la Propriété Industrielle

ARRETE:

ARTICLE 1.- Il est délivré à : CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE METALLURGIE Association sans but lucratif - Vereniging zonder winstoogmerk
rue Montoyer 47, B-1040 BRUXELLES(BELGIQUE)

représenté(e)s par : LACASSE Lucien, CENTRE DE RECHERCHES METALLURGIQUES A.S.B.L.,
Rue Ernest Solvay, 11 - B 4000 LIEGE.

un brevet d'invention d'une durée de 6 ans, sous réserve du paiement des taxes annuelles, pour : PROCEDE POUR FABRIQUER UNE BANDE MINCE EN ACIER DOUX LAMINEE A FROID POUR L'EMBOUTISSAGE.

INVENTEUR(S) : Messien Pierre, rue des Hayettes 39, B-4130 Esneux (BE)

ARTICLE 2.- Ce brevet est délivré sans examen préalable de la brevetabilité de l'invention, sans garantie du mérite de l'invention ou de l'exactitude de la description de celle-ci et aux risques et périls du(des) demandeurs(s).

Bruxelles, le 24 Octobre 1995
PAR DELEGATION SPECIALE :

WUYTS L
Directeur.

Procédé pour fabriquer une bande mince en acier doux laminée à froid pour
5 l'emboutissage.

La présente invention concerne un procédé pour fabriquer une bande mince en acier doux laminée à froid pour l'emboutissage.

- 10 Pour fabriquer une bande mince destinée à l'emboutissage, on utilise le plus souvent une brame en acier doux, coulée en continu, dont l'épaisseur est en général supérieure à 150 mm, par exemple comprise entre 150 mm et 300 mm. Cette brame est laminée à haute température dans un laminoir dégrossisseur, afin de produire une ébauche dont l'épaisseur est générale-
15 ment comprise entre 20 mm et 40 mm. Cette ébauche est ensuite laminée dans un train finisseur à chaud jusqu'à l'épaisseur désirée, le plus souvent comprise entre 1,5 mm et 4 mm.

- Les aciers doux utilisés actuellement sont connus sous les dénominations
20 ELC, pour "Extra Low Carbon" et ULC, pour "Ultra Low Carbon", dont les teneurs en carbone sont inférieures respectivement à 0,1 % et à 0,01 %.

- Selon la pratique usuelle, le laminage des ébauches jusqu'à l'épaisseur désirée est effectué intégralement dans le domaine austénitique, avec des
25 températures de fin de laminage à chaud supérieures à 850°C.

- Il a par ailleurs déjà été proposé, notamment dans le brevet BE-A-08801010, de pratiquer le laminage à chaud de finition dans un domaine de température où l'acier présente une structure ferritique. La température
30 de fin de laminage est alors inférieure à 780°C, par exemple comprise entre 750°C et 300°C; la bande laminée à chaud est ensuite bobinée à une température inférieure à 700°C, par exemple comprise entre 700°C et 200°C.

- Un tel laminage à chaud dans la ferrite permet de produire des bandes à
35 chaud plus douces et plus aisément laminables à froid.

Quelle que soit la voie choisie pour opérer le laminage à chaud, les bandes à chaud sont refroidies puis laminées à froid jusqu'à l'épaisseur finale désirée. Elles sont ensuite soumises à un recuit de recristallisation, soit en bobines dans un four soit dans une ligne de recuit continu
5 comportant une zone de survieillissement.

Il est bien connu que l'aptitude à l'emboutissage des bandes minces à froid, obtenues à partir de bandes laminées à chaud dans le domaine austénitique, dépend du taux de réduction appliqué lors du laminage à froid.
10 Cette aptitude à l'emboutissage, exprimée par le coefficient d'anisotropie plastique moyen $\bar{r}$, augmente d'abord avec le taux de réduction du laminage à froid, jusqu'à une valeur maximale le plus souvent supérieure à 1,5 obtenue pour un taux de réduction à froid compris entre 70 % et 75 %. L'aptitude à l'emboutissage de ces bandes à froid diminue ensuite rapidement
15 lorsque le taux de réduction du laminage à froid dépasse 75 %.

Les bandes à froid, obtenues à partir de bandes à chaud laminées dans le domaine ferritique, présentent pour leur part une aptitude à l'emboutissage nettement plus faible que les bandes à froid d'origine austénitique,
20 dans les mêmes conditions de réduction à froid. En particulier, le coefficient d'anisotropie plastique $\bar{r}$ de ces bandes vaut à peine 1,3 pour des taux de réduction compris entre 70 % et 75 %.

La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'une bande
25 mince en acier laminée à froid, pour l'emboutissage, qui permet d'améliorer nettement l'aptitude à l'emboutissage de cette bande tout en profitant pleinement des avantages liés à un laminage à chaud de finition de la bande dans le domaine ferritique, avec une température de fin de laminage inférieure à 780°C.

30 Conformément à la présente invention, un procédé de fabrication d'une bande mince en acier doux laminée à froid pour l'emboutissage, dans lequel on lamine à chaud un acier doux dans un domaine de température où ledit acier présente une structure ferritique avec une température de fin de laminage inférieure à 780°C pour former une bande à chaud, est caractérisé
35 en ce qu'on lamine ensuite à froid ladite bande à chaud avec un taux de réduction d'épaisseur conférant à la bande à froid un degré d'écrouissage

final correspondant à un taux de réduction à froid supérieur à 75 %.

Selon une mise en oeuvre particulière, on opère ledit laminage à froid avec un taux de réduction d'épaisseur supérieur à 75 %, et de préférence
5 compris entre 78 % et 85 %.

L'épaisseur de la bande à chaud peut avantageusement être déterminée en fonction de l'épaisseur finale désirée de la bande à froid et du taux de réduction appliqué au laminage à froid.

10

Du fait qu'une bande à chaud laminée dans la ferrite est plus aisément laminable à froid qu'une bande à chaud laminée dans l'austénite, l'épaisseur de la bande à chaud d'origine ferritique pourra être comprise dans une gamme élargie par exemple entre 1,5 mm et 8 mm, sans qu'il en résulte
15 de difficultés au laminage à froid.

Suivant une autre mise en oeuvre intéressante du procédé de l'invention, on opère ledit laminage à chaud dans la ferrite au moyen de cylindres lubrifiés, avec une température de fin de laminage laissant subsister dans
20 la bande à chaud un degré d'écrouissage au moins équivalent à celui qui correspond à un taux intermédiaire de réduction à froid de 10 % et on effectue ensuite le laminage à froid avec un taux de réduction égal à la différence entre le taux de réduction final désiré et ledit taux de réduction intermédiaire.

25

Cette dernière mise en oeuvre permet d'appliquer à la bande d'acier doux un écrouissage total lui assurant une aptitude à l'emboutissage élevée, c'est-à-dire un degré d'écrouissage correspondant à un laminage uniquement à froid avec un taux de réduction d'épaisseur d'au moins 75 %, tout en
30 réalisant ledit écrouissage partiellement au cours du laminage à chaud dans la ferrite et partiellement au cours du laminage à froid avec une réduction d'épaisseur adaptée en conséquence.

Ce cumul des écrouissages à chaud et à froid peut être réalisé sur tout
35 type d'acier ULC (IF et non IF) et ELC. A cet effet, le laminage à chaud dans la ferrite doit être effectué avec des cylindres lubrifiés, afin que les surfaces de la bande ne soient pas déformées par cisaillement; de

plus, la température de fin de laminage à chaud dans la ferrite doit être abaissée dans une mesure propre à éviter une recristallisation complète de l'acier afin de laisser subsister un degré d'écrouissage déterminé dans la bande à chaud. Cette température de fin de laminage dépend notamment
5 du type d'acier considéré; de plus, elle sera avantageusement choisie en fonction du degré d'écrouissage à maintenir dans la bande à chaud.

La combinaison du laminage à chaud dans la ferrite et du laminage à froid avec un taux de réduction accru ou adapté, suivant l'invention, permet
10 d'améliorer sensiblement diverses propriétés des bandes à froid.

En particulier, les bandes à froid en aciers ELC et ULC-non IF, obtenues par le procédé de l'invention, présentent une excellente résistance au vieillissement naturel en raison de l'absence quasi totale d'azote soluble
15 dans ces aciers.

De plus, cette absence d'azote non précipité sur la bande à chaud dans la ferrite entraîne que les microstructures à grains allongés dans la direction de laminage, dites microstructures "pancake" classiquement obtenues
20 après un laminage à chaud dans l'austénite, ne sont pas développées après le laminage à froid et le recuit en bobine de bandes à chaud laminées dans la ferrite. Les bandes laminées à froid et recuites, tant en bobine qu'en continu, présentent toujours des microstructures à grains équiaxes. Toutefois, le laminage à froid avec un taux de réduction accru a pour effet de
25 conférer à ces bandes un coefficient d'anisotropie plastique $\bar{r}$ de l'ordre de 1,5, qui permet de ranger ces bandes dans la catégorie dite DQ, c'est-à-dire Drawing Quality ou Qualité d'Emboutissage.

Le procédé de l'invention et les avantages qui en découlent seront à
30 présent illustrés par des exemples de bandes minces laminées à froid en aciers ELC et ULC.

Une première partie des bandes ont été laminées à chaud dans le domaine austénitique, laminées à froid avec des taux de réduction croissants puis
35 recuites en continu dans des conditions usuelles. Ces bandes servent de référence.

Une deuxième partie des bandes ont été laminées à chaud dans le domaine ferritique, avec une structure entièrement recristallisée c.à.d. sans écrouissage résiduel, puis laminées à froid avec des taux de réduction inférieurs à 75 % correspondant aux taux optimaux des bandes austénitiques, et enfin recuites soit en bobine, soit en continu.

Une troisième partie des bandes ont été laminées à chaud dans le domaine ferritique, également avec une structure entièrement recristallisée, puis laminées à froid avec des taux de réduction supérieurs à 75 % suivant la présente invention, et enfin recuites soit en bobine soit en continu.

Une quatrième partie des bandes ont été laminées à chaud dans la ferrite, avec une structure partiellement recristallisée de façon à maintenir dans ces bandes à chaud un degré d'écrouissage - estimé à partir de la dureté des bandes - correspondant à un taux de réduction d'épaisseur à froid supérieur à 10 %, puis laminées à froid de telle sorte que le degré d'écrouissage total corresponde à un taux de réduction d'épaisseur à froid supérieur à 75 %.

Le tableau 1 illustre les améliorations observées sur les bandes à froid traitées par le procédé de l'invention par comparaison avec les bandes obtenues par les méthodes conventionnelles.

On constate que les bandes à froid produites à partir de bandes à chaud laminées dans la ferrite, avec une structure entièrement recristallisée, développent leurs propriétés maximales pour des taux de réduction à froid supérieurs à 75 %. On constate également que les bandes à froid produites à partir de bandes à chaud laminées dans la ferrite, mais présentant une structure encore partiellement écrouie, développent leurs propriétés maximales lorsque le taux de réduction d'épaisseur cumulé est supérieur à 75 %, une partie de l'écrouissage requis étant réalisée par laminage à chaud et le reste étant réalisé par laminage à froid avec des taux de réduction d'épaisseur plus faibles, inférieurs à 75 %.

Par opposition, les bandes à froid obtenues à partir de bandes à chaud laminées dans l'austénite présentent une aptitude à l'emboutissage maximale pour un taux de réduction à froid compris entre 70 % et 75 %.

Comme on le voit dans ce tableau, les propriétés envisagées ici sont le coefficient d'anisotropie plastique $\bar{r}$ et l'anisotropie planaire Δr , qui expriment de façon connue l'aptitude à l'emboutissage.

5

TABLEAU 1.

acier	laminage à chaud	réduction à chaud (%)*	réduction à froid (%)	recuit	$\bar{r}$	Δr
ELC	ferrite	0	61	continu	1,08	0,25
		0	72	continu	1,24	0,27
		0	76	continu	1,41	0,22
		0	80	continu	1,53	0,16
		0	84	continu	1,55	0,08
		0	89	continu	1,52	-0,12
ELC	ferrite	0	65	bobine	1,15	0,32
		0	73	bobine	1,34	0,27
		0	77	bobine	1,52	0,22
		0	82	bobine	1,58	0,09
		0	88	bobine	1,55	-0,07
ELC	austénite	0	62	continu	1,28	0,21
		0	70	continu	1,48	0,29
		0	74	continu	1,53	0,22
		0	79	continu	1,37	0,12
		0	83	continu	1,12	0,05
		0	86	continu	1,05	-0,15
ULC	ferrite	0	60	continu	1,12	0,25
		0	71	continu	1,27	0,34
		0	76	continu	1,52	0,22
		0	83	continu	1,62	0,08
		0	87	continu	1,67	-0,09
ULC	austénite	0	64	continu	1,32	0,28
		0	71	continu	1,48	0,27
		0	75	continu	1,49	0,19
		0	79	continu	1,28	0,05
		0	82	continu	1,05	-0,08
ULC	ferrite	10	50	continu	1,27	0,28
		10	60	continu	1,32	0,38
		20	60	continu	1,77	0,24
		30	50	continu	1,84	0,32
		35	40	continu	1,82	-0,12
		45	35	continu	1,85	-0,22

15

* Il s'agit ici du taux intermédiaire de réduction à froid, assimilé à un taux de réduction à chaud parce qu'il est réalisé au cours du laminage à chaud dans la ferrite, et estimé à partir de la dureté de la bande à chaud.

Le tableau 2 montre l'amélioration de la résistance au vieillissement naturel de bandes à froid recuites en continu, obtenues par le procédé de l'invention (I), par rapport à des bandes de référence (R) laminées à chaud dans l'austénite.

5

Cette amélioration est exprimée par l'accroissement de la limite d'élasticité ΔRe , en MPa et par la longueur relative, exprimée en %, du palier de la limite d'élasticité après vieillissement de 1 h à 100°C des bandes à froid ayant subi un léger écrouissage superficiel au laminoir de skin-pass.

10

TABLEAU 2

	acier		laminage à chaud	$\bar{r}$	ΔRe (MPa)	palier (%)
15	ELC	I	ferritique	1,53	3	0,8
		I	ferritique	1,55	4	1,2
		R	austénitique	1,48	18	5,3
		R	austénitique	1,53	24	5,8
20	ULC	I	ferritique	1,52	5	1,3
		I	ferritique	1,62	6	1,5
		R	austénitique	1,49	36	6,7

On peut constater que les accroissements de la limite d'élasticité (ΔRe) ainsi que de la longueur du palier de la limite d'élasticité après l'essai de vieillissement sont faibles, puisqu'ils n'excèdent pas respectivement 6 MPa et 1,5 % pour les bandes en acier ELC et ULC produites suivant l'invention. Ces bandes peuvent être considérées comme non vieillissantes, contrairement aux bandes de référence qui, au vieillissement, accusent des augmentations importantes de la limite d'élasticité ($\Delta Re = 18 - 36$ MPa) et de la longueur du palier de la limite d'élasticité (5,3 - 6,7 %).

25

30

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé pour fabriquer une bande mince en acier doux laminée à froid
5 pour l'emboutissage, dans lequel on lamine à chaud un acier doux dans un domaine de température où ledit acier présente une structure ferritique avec une température de fin de laminage inférieure à 780°C pour former une bande à chaud, caractérisé en ce qu'on lamine ensuite à froid ladite bande à chaud avec un taux de réduction d'épaisseur
10 conférant à la bande à froid un degré d'écrouissage final correspondant à un taux de réduction à froid supérieur à 75 %.
2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on opère
15 ledit laminage à froid avec un taux de réduction d'épaisseur supérieur à 75 %.
3. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'on opère ledit laminage à froid avec un taux de réduction d'épaisseur compris entre 78 % et 85 %.
20
4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que l'on opère ledit laminage à chaud dans la ferrite au moyen de cylindres lubrifiés, avec une température de fin de laminage laissant subsister dans la bande à chaud un degré d'écrouissage au moins équivalent à celui qui
25 correspond à un taux intermédiaire de réduction à froid de 10 % et en ce que l'on effectue ensuite le laminage à froid avec un taux de réduction égal à la différence entre le taux de réduction final désiré et ledit taux de réduction intermédiaire.
- 30 5. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on forme par ledit laminage à chaud une bande à chaud ayant une épaisseur comprise entre 1,5 mm et 8 mm.
6. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé
35 en ce que l'on soumet la bande laminée à froid à un recuit final en bobine.

7. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'on soumet la bande laminée à froid à un recuit final en continu.
- 5 8. Procédé suivant l'une ou l'autre des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la bande à froid présente après le recuit une microstructure à grains équiaxes.
- 10 9. Procédé suivant la revendication 7, caractérisé en ce que l'on soumet la bande recuite en continu à un écrouissage superficiel au laminoir de skin-pass.
