

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11)

Numéro de publication:

**0 379 061
A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21)

Numéro de dépôt: **90100499.4**

(51)

Int. Cl.⁵: **G04B 37/22, G04B 43/00,
C22C 38/22**

(22)

Date de dépôt: **11.01.90**

(30)

Priorité: **18.01.89 CH 147/89**

(43)

Date de publication de la demande:
25.07.90 Bulletin 90/30

(84)

Etats contractants désignés:
CH DE FR GB LI

(71)

Demandeur: **ETA S.A. Fabriques d'Ebauches
Schild-Rust-Strasse 17
CH-2540 Grenchen(CH)**

(72)

Inventeur: **Loth, Eric
Rue du Stand 105
CH-2502 Bienne(CH)**
Inventeur: **Walder, Pierre-Alain
Rue du Milieu 11
CH-2502 Bienne(CH)**

(74)

Mandataire: **Caron, Gérard et al
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Passage Max. Meuron 6
CH-2001 Neuchâtel(CH)**

(54)

Pièce extérieure d'habillement pour montre et procédé pour la fabrication d'une telle pièce.

(57)

Pièce extérieure d'habillement pour montre en acier purement ferritique, dont la composition nominale satisfait aux exigences suivantes :
chrome équivalent compris entre 17,5 % et 22 % ; et
nickel équivalent inférieur à 2 % et
concentration en chrome inférieure ou égale à 18,5 %.

EP 0 379 061 A1

PIECE EXTERIEURE D'HABILLEMENT POUR MONTRE ET PROCEDE POUR LA FABRICATION D'UNE TELLE PIECE

La présente invention a pour objet une pièce extérieure d'habillement pour montre en acier inoxydable, telle que par exemple une boîte ou carrure, ainsi qu'un procédé de fabrication d'une telle pièce.

De manière générale, les pièces extérieures en acier pour montre, telles que les boîtes ou carrures, sont réalisées en acier inoxydable austénitique. L'une des raisons principales de ce choix est que ce type d'acier peut être facilement embouti ou étampé.

Toutefois, les aciers austénitiques contiennent une proportion importante de nickel (environ 10 %), ce qui constitue pour une boîte de montre un inconvénient majeur. En effet, le nickel est un constituant fortement allergène si bien que pour éviter toute contamination par la peau du porteur, de nombreux pays ont mis sur pied des normes sévères, interdisant de ce fait la vente sur leur territoire de pièce d'horlogerie ne satisfaisant pas à ces normes. Qui plus est, le nickel est sur les marchés mondiaux sujet à des hausses de prix importantes ce qui augmente d'autant le coût des pièces d'horlogerie.

Par ailleurs, il est également connu de la demande de brevet suisse no 8453/58 de réaliser des boîtes de montre en acier ferritique. La composition de cet acier est la suivante :

Cr : 19,2 % ; C + N : 0,03 % ; Mo : 2,0 % ; Mn : 0,2 % ;
Si : 0,6 % et Nb : 0,31 %.

La composition chimique de cet acier est choisie de manière qu'il présente une grande perméabilité magnétique. Ainsi, la boîte qui forme avantageusement écran protège le mouvement contre les champs magnétiques susceptibles de perturber son fonctionnement.

De plus, le nickel n'est présent dans cette composition qu'à l'état de trace si bien que, d'une part, le caractère allergène s'en trouve supprimé et que, d'autre part, le coût de la boîte et de la pièce d'horlogerie qui en est équipée peut être considérablement diminué.

Malgré tous ces avantages, l'utilisation de l'acier ferritique ne s'est jusqu'ici jamais généralisée dans la fabrication de pièce d'habillement pour montre. Ceci parce que les fabricants et les métallurgistes de l'industrie horlogère ont toujours écarté les aciers ferritiques à cause de leur forte propension au grossissement de grain lors des traitements thermiques.

En effet, lorsqu'un acier ferritique est embouti puis soumis à un traitement thermique de recristallisation, on constate que, dans les parties de la pièce faiblement écrouie, il n'y a pas recristallisation mais plutôt un grossissement du grain. Lorsque le grain devient trop grand, la matière tend à se fissurer, et ceci même pour de faibles déformations.

C'est typiquement le cas pour les opérations d'emboutissage où les passes se succèdent et conduisent chacune à sensibiliser davantage la matière.

Dans une application horlogère, telle que la fabrication de boîtes ou carrures, ce grossissement de grain et les micro-fissurations qui en résultent sont inacceptables.

En effet, ces fissurations à l'intérieur de la boîte se conduisent comme des défauts cristallographiques dont le comportement est, sur le plan mécanique, celui des amorces de ruptures.

Ainsi, la boîte est considérée comme fragile et même de faibles chocs (chutes) peuvent entraîner son brisement.

De plus, la boîte présente un aspect qualifié de "peau d'orange", c'est-à-dire comme martelée ou bosselée.

En surface, les grains, comme on le sait séparés par des joints, se comportent optiquement comme de nombreuses facettes. Même après polissage, cet effet subsiste puisque cette structure organisée en grains se retrouve dans toute la matière.

L'invention a pour but de lever toutes ces difficultés en fournissant une pièce d'habillement réalisée en acier inoxydable formant écran magnétique, d'un coût le moins élevé possible et ne présentant aucun caractère allergène, mais elle a aussi pour but de fournir une pièce d'habillement suffisamment solide et d'un aspect permettant avec succès son exploitation commerciale.

Ainsi, l'invention a pour objet une pièce d'habillement en acier inoxydable purement ferritique qui comporte des éléments gammagènes choisis parmi le nickel, le carbone, l'azote et le manganèse, dont la concentration globale est donnée en équivalent nickel Ni* exprimée par la formule :

$$Ni^* = Ni \% + 30 (C + N) \% + 0,5 Mn \% ;$$

et des éléments alphas choisis parmi le chrome, le molybdène, le silicium et le niobium, dont la concentration est donnée en équivalent chrome Cr* exprimée par la formule :

$$Cr^* = Cr \% + Mo \% + 1,5 Si \% + 0,5 Nb \%$$

est qui est caractérisée en ce que l'acier inoxydable ferritique a une composition nominale satisfaisant aux

conditions suivantes : concentration en équivalent chrome comprise entre 17,5 et 22 %, concentration en équivalent nickel inférieure ou égale à 2 % et concentration en chrome plus petite ou égale à 18,5 %.

L'invention a aussi pour objet un procédé qui se caractérise en ce que, pour fabriquer une pièce d'habillement telle que définie ci-dessus, l'acier utilisé se présente sous forme d'une bande laminée, dans laquelle des ébauches sont découpées par une opération d'étampage, puis formées par des opérations d'emboutissage à froid, avec un traitement thermique de recristallisation entre chacune des opérations, et en ce que les pièces obtenues sont ensuite terminées par des opérations de finition.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre d'un mode de réalisation fait en référence au dessin dans lequel la figure unique montre deux courbes représentant la limite élastique (Re) et la résistance à la traction (Rm) en fonction du taux d'écrouissage, respectivement d'un acier austénitique classique et d'un acier ferritique tel qu'utilisé dans les pièces selon l'invention.

Pour bien comprendre les caractéristiques particulières d'une pièce selon l'invention, il faut au préalable rappeler dans les grandes lignes ce que sont les différents types d'aciers inoxydables.

Les aciers inoxydables sont des alliages métalliques à base de fer (Fe) et de chrome (Cr), et comportant en outre d'autres matériaux tels que du nickel (Ni), du carbone (C), de l'azote (N), du manganèse (Mn), du molybdène (Mo), du silicium (Si) et du niobium (Nb). Certains de ces matériaux (Ni, C, N, Mn) tendent à favoriser une structure cristalline de type cubique faces centrées, appelée aussi de type gamma. Ils sont appelés gammagènes. L'effet global de ces matériaux peut être évalué en équivalent nickel (Ni*) par la formule suivante :

$$Ni^* = Ni \% + 30 (C + N) \% + 0,5 Mn \%.$$

D'autres de ces matériaux (C, Mo, Si et Nb) tendent à favoriser une structure cristalline de type cubique centré, appelée aussi de type alpha. Ils sont appelés alphagènes. L'effet global de ces matériaux peut être évalué en équivalent chrome (Cr*) par la formule suivante :

$$Cr^* = Cr \% + Mo \% + 1,5 Si \% + 0,5 Nb \%.$$

La structure cristalline, et en conséquence les caractéristiques mécaniques de ces alliages, varient en fonction de leur teneur en Cr* et Ni*. Ceci est illustré dans le diagramme de Schaeffler - De Long. Il existe en effet trois familles d'aciers inoxydables :

- les aciers martensitiques ;
- les aciers austénitiques ; et
- les aciers ferritiques .

Les aciers martensitiques se caractérisent par une faible teneur en composés alphagènes et gammagènes. Ils ont un comportement voisin des aciers aux carbones. Ils se laissent donc tremper et bien usiner. Toutefois à cause de leur faible teneur en chrome, ils présentent malheureusement une résistance insuffisante à l'oxydation pour pouvoir être utilisé dans la fabrication de pièces d'habillement pour montre. Ce type d'acier ne sera donc pas examiné de manière plus approfondie.

L'acier austénitique présente une structure de type cubique faces centrées, c'est-à-dire de type gamma. Sa composition est donc particulièrement riche en composés gammagènes, notamment en nickel, mais également en composés alphagènes.

L'acier ferritique présente une structure de type cubique centré, c'est-à-dire de type alpha. Sa composition est donc particulièrement riche en composés alphagènes.

Par ailleurs, certains alliages comportent à la fois des zones de deux, voire de chacun des trois types d'aciers inoxydables.

Ainsi que cela a été dit plus haut, les caractéristiques mécaniques des différents types d'aciers varient de manière sensible. Le tableau ci-après donne les valeurs de plusieurs paramètres pour un acier de type purement ferritique et plus particulièrement de la nuance telle que commercialisée par la maison Sandvik (Suède) sous la dénomination Sandvik 1802, et un acier purement austénitique de type 304L. Cet alliage austénitique est celui qui a été jusqu'à lors le plus utilisé pour la fabrication de pièces d'habillement.

Les valeurs données dans les tableaux ci-dessous sont celles fournies par les aciéristes et, par voie de conséquence, celles qui avaient jusqu'ici toujours été prises en compte par les fabricants de pièces d'habillement dans le choix de leurs aciers.

	Acier austénitique 304L	Acier ferritique 1802
Limite élastique (Re)	320 N/mm ²	370 N/mm ²
Limite à la rupture (Rm)	600 N/mm ²	520 N/mm ²
Allongement (A5)	63 %	30 %

Si l'on se réfère à ce tableau, on constate que la limite élastique de l'acier ferritique est sensiblement supérieure à celle de l'acier austénitique et de plus que l'allongement avant rupture (type normalisé A5) est de 30 % pour l'acier ferritique et de 63 % pour l'austénitique. Cela revient à dire que la force à appliquer pour obtenir une déformation de l'acier ferritique est plus élevée que pour l'acier austénitique et que, de plus, la déformation possible est plus faible avec le ferritique qu'avec l'austénitique.

En d'autres termes, les fabricants de pièces d'habillement ont toujours eu à l'esprit que la mise en oeuvre par emboutissage ou étampage (c'est-à-dire par déformation plastique) d'un acier ferritique demanderait plus d'énergie qu'avec un acier austénitique et, de plus, que la déformation obtenue serait beaucoup moins grande qu'avec ce dernier (au dessus d'un facteur 2).

Les premières valeurs, (limites élastiques Re) ont représenté un premier obstacle à l'utilisation des aciers ferritiques puisque, d'une part, les outillages pour l'emboutissage présentent des limites de pression en utilisation et que, d'autre part, le besoin d'énergie conduit automatiquement à une élévation des coûts d'usinage qu'il faut repercuter sur le prix de revient de la boîte.

Enfin, l'allongement (déformation plastique résultante du matériau) étant beaucoup plus faible pour l'acier ferritique, on a toujours supposé que le nombre de passes par opération d'emboutissage allait être beaucoup plus important qu'avec l'acier austénitique.

Dès lors, on a toujours conclu qu'un grand nombre de recuits allait être nécessaire et, comme chaque traitement thermique est précisément la cause du grossissement de grain, on a considéré qu'il serait impossible d'obtenir une boîte ou carrure de montre de résistance suffisante et d'aspect commercialement acceptable.

On comprend aisément pourquoi, au vu de toutes ces hypothèses, les fabricants de pièces d'habillement ont toujours renoncé à utiliser les aciers ferritiques.

Cependant, en faisant de nombreux essais et en étudiant de façon approfondie et judicieuse le comportement des aciers ferritiques dans leur application à la fabrication par emboutissage des pièces d'habillement, telles que les boîtes ou carrures de montre, la demanderesse a constaté que la situation était plus favorable qu'il n'y paraît de prime abord.

Un des résultats de cette étude est illustré sur la figure, qui représente schématiquement l'évolution de la limite élastique Re et de la limite de rupture Rm en fonction du taux d'écrouissage des aciers respectivement ferritique de type 1802 et austénitique de type 304L.

Il apparaît sur cette figure que si la limite élastique de l'acier ferritique type 1802 est supérieure à celle de l'acier austénitique pour de faibles taux d'écrouissage, cette limite croît beaucoup moins rapidement lorsque ces taux augmentent. Plus précisément, on constate que pour déformer un acier ferritique type 1802, il faut appliquer une pression d'environ 370 N/mm² lorsqu'il n'est pas écroui et de 750 N/mm² lorsque le taux d'écrouissage est de 60 %. Pour un acier austénitique type 304L, la pression n'est que de 320 N/mm² lorsqu'il n'est pas écroui, mais avoisine 1'200 N/mm² avec un taux d'écrouissage de 60 %.

Or, lorsqu'une pièce telle qu'une boîte ou carrure de montre est formée par emboutissage, l'écrouissage peut être très important dans certaines régions. C'est pourquoi, d'après cette courbe, on a pu supposé que l'acier inoxydable ferritique se laisserait plus facilement former par emboutissage à froid que l'acier austénitique et ce malgré toutes les hypothèses. Encore fallait-il que la différence soit importante, car si le nombre de traitements thermiques de recristallisation de l'acier ferritique est trop élevé, le risque de grossissement du grain augmente et avec lui la susceptibilité à la fissuration.

Des résultats satisfaisants ont été obtenus par la requérante lorsque l'acier inoxydable ferritique utilisé a une composition qui répond aux conditions suivantes : concentration en équivalent chrome compris entre 17,5 et 22 % ; concentration en équivalent nickel inférieure ou égale à 2 % ; et concentration en chrome inférieure à 18,5 %.

Dans cet alliage, la concentration en composés gammagènes est sensiblement définie par la teneur en carbone et en azote. Une augmentation de cette teneur provoque une augmentation de la sensibilité à l'oxydation et une diminution de la sensibilité au grossissement de grain. Pour compenser l'augmentation de la sensibilité à l'oxydation, il faut augmenter la proportion de chrome ou d'équivalent chrome, ce qui a

pour effet de réduire la déformabilité. Les essais pratiques de la requérante ont montré qu'il est avantageux de choisir un acier à faible teneur en carbone et en azote, malgré l'augmentation de la sensibilité au grossissement de grain, car le nombre d'opérations d'emboutissage peut être fortement réduit. Par exemple, alors que la fabrication d'une carrure de montre avec quatre cornes nécessite une douzaine d'emboutissages successifs lorsqu'elle est faite en acier austénitique, on s'est rendu compte que trois suffisaient avec l'acier purement ferritique référence 1802 vendu par la maison Sandvik (Suède). La composition nominale de cet acier est la suivante :

10	C + N plus petit ou égal à	0,030 %
	Si	0,5 %
	S	0,3 %
	Cr	18 %
	Mo	2,3 %
15	Ti	0,6 %
	solde fer et impuretés inévitables.	

En introduisant ces valeurs dans les formules de calcul des équivalent chrome et équivalent nickel, on obtient les valeurs suivantes :

Cr* : 21,05 %

Ni* : 0,9 %

Pour obtenir un résultat satisfaisant il faut donc que l'acier ferritique utilisé ait une valeur d'équivalent chrome comprise entre 17,5 % et 22 %. En dessous, l'acier s'oxyde trop facilement, en dessus, il devient difficilement déformable. L'augmentation de la concentration en chrome contribue à réduire la déformabilité c'est pourquoi cette concentration ne doit pas dépasser 18,5 %.

Avantageusement, les aciers choisis auront une composition comprise dans les limites suivantes :

C + N plus petit que 0,07 %

Si plus petit que 0,8 %

Cr compris entre 17 et 18,5 %

Mo compris entre 1 et 4 %

Nb + Ti plus petit que 1 %

Mn plus petit que 1,2 %

Ni plus petit que 1 %

S plus petit que 0,5 %

solde fer et impuretés

Par ailleurs, dans l'application qui nous intéresse, à savoir la fabrication de pièces d'habillement pour montres telles que des carrures, on a pu déterminer que des compositions nominales suivantes :

soufre compris entre 0,3 et 0,5 %

et plus particulièrement 0,3 % ;

molybdène au moins 1 % et de

préférence 2,3 % ;

nobium entre 0,1 % et 0,4 % ;

et titane 0,6 %

offrent des caractéristiques avantageuses et notamment présentent d'excellents compromis oxydation/déformabilité.

Dans ces conditions, on comprendra que le nombre très faible de passes d'étampage et d'emboutissage (3) a permis de diminuer d'autant le nombre de recuits (recristallisation) et, par conséquent, de ne pas augmenter la sensibilité de l'acier au grossissement de grain.

Pour fabriquer une pièce d'habillement de montre, par exemple une carrure, on part d'une bande d'acier 1802, laminée à une épaisseur voisine de celle qu'aura la carrure terminée. Les ébauches sont ensuite découpées par une opération d'étampage, puis formées par emboutissage à froid, au moyen d'une matrice et d'un poinçon. Ces derniers définissent ensemble un logement ayant la forme finale de la carrure.

Pour une carrure habituelle, trois emboutissages suffisent pour obtenir la forme définitive. Les carrures ainsi obtenues sont ensuite terminées par les opérations classiques de finition. Il est bien clair qu'après chaque opération d'étampage et d'écrouissage, la matière subit un traitement thermique de recristallisation.

Il est important que les ébauches soient découpées dans une bande laminée plutôt que sciées dans un

tube. En effet, la pratique a montré que si la pression d'emboutissage est appliquée selon un axe parallèle à l'axe de déformation de la matière générée par son étirage, ce qui est le cas avec des ébauches sciées, la déformabilité avant fissuration est plus faible que lorsque l'axe de déformation de la matière est perpendiculaire à l'axe d'application de la pression.

5 L'exemple décrit ci-dessus se rapporte à une carrure de boîte de montre. Il est bien évident que d'autres pièces de l'habillement pourraient également être fabriquées en acier purement ferritique comme défini dans les revendications. C'est le cas par exemple des maillons d'un bracelet, du fond de la boîte, etc.

10 Revendications

1. Pièce extérieure d'habillement pour montre, constituée en un acier purement ferritique comportant des éléments gammagènes choisis parmi le nickel (Ni), le carbone (C), l'azote (N) et le manganèse (Mn), dont la concentration est donnée en équivalent nickel Ni* exprimé par la formule :

15
$$Ni^* = Ni \% + 30 (C + N) \% + 0,5 Mn \%$$

et des éléments alphas choisis parmi le chrome (Cr), le molybdène (Mo), le silicium (Si) et le niobium (Nb), dont la concentration est donnée en équivalent chrome Cr* exprimé par la formule :

$$Cr^* = Cr \% + Mo \% + 1,5 Si \% + 0,5 Nb \%$$

caractérisée en ce que ledit acier a une composition nominale satisfaisant aux conditions suivantes :

20 Cr* compris entre 17,5 % et 22 % ;

Ni* plus petit ou égal à 2 % ; et

concentration en Cr plus petit ou égal à 18,5 %.

2. Pièce d'habillement selon la revendication 1, caractérisée en ce que ledit acier présente la composition nominale suivante : carbone et azote ensemble : moins de 0,07 % ; silicium : moins de 0,8 % ;
25 chrome : compris entre 17 et 18,5 % ; molybdène : compris entre 1 et 4 % ; niobium et titane ensemble : moins de 1 % ; manganèse : moins de 1,2 % ; soufre : moins de 0,5 % ; et nickel : moins de 1 %, le solde étant du fer et des impuretés inévitables.

3. Pièce d'habillement selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que ledit acier comporte une composition nominale en soufre comprise entre 0,3 et 0,5 %.

30 4. Pièce d'habillement selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisée en ce que ledit acier comporte 0,3 % de soufre.

5. Pièce d'habillement selon la revendication 1, 3 ou 4, caractérisée en que ledit acier comporte au moins 1 % de molybdène.

35 6. Pièce d'habillement selon la revendication 5, caractérisée en ce que ledit acier comporte 2,3 % de molybdène.

7. Pièce d'habillement selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ledit acier a une composition nominale satisfaisant aux conditions suivantes :

$Cr^* = 21,05 \%$

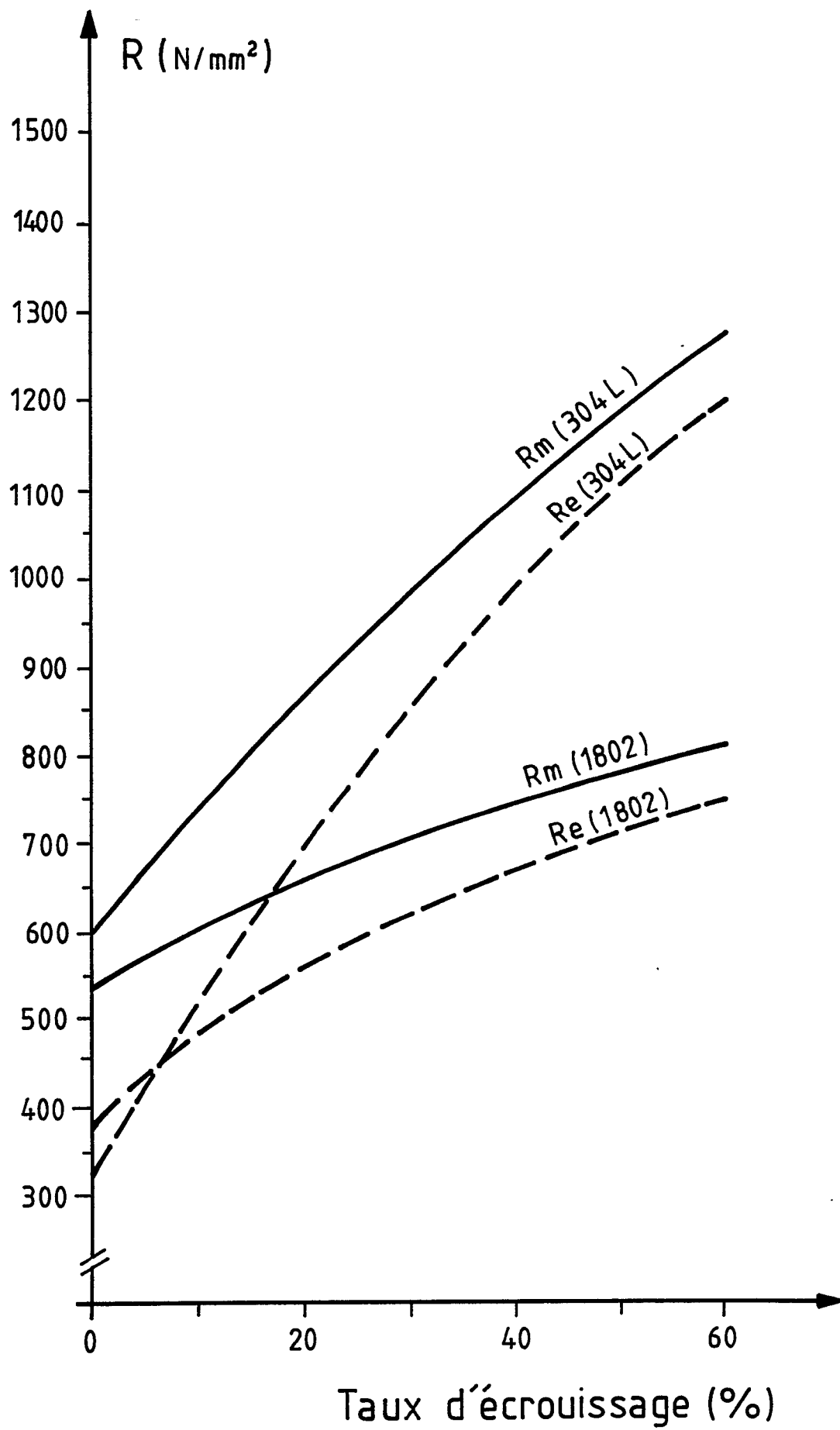
$Ni^* = 0,9 \%$

40 8. Pièce d'habillement selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que ledit acier comporte entre 0,1 et 0,4 % de niobium.

9. Pièce d'habillement selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que l'acier présente sensiblement la composition nominale suivante : carbone et azote ensemble : moins de 0,03 % ; silicium : 0,5 % ; manganèse : 0,5 % ; soufre : 0,3 % ; chrome : 18 % ; molybdène : 2,3 % ; titane
45 : 0,6 % ; le solde étant du fer et des impuretés inévitables.

10. Procédé de fabrication d'une pièce selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'acier utilisé se présente sous forme d'une bande laminée, en ce qu'une ébauche est découpée dans la bande par une opération d'étampage, puis formée par des opérations d'emboutissage à froid, avec un traitement thermique de recristallisation entre chacune desdites opérations, et en ce que la pièce obtenue à
50 partir des ébauches est ensuite terminée par des opérations de finition.

11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que le nombre des opérations d'étampage et d'emboutissage est plus petit ou égal à 5.





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	BE-A-805253 (NYBY BRUK AKTIEBOLAG) * page 4, ligne 1 - page 5, ligne 8 * ----	1, 2	G04B37/22 G04B43/00 C22C38/22
A	FR-A-1140573 (THE BIRMINGHAM SMALL ARMS CO.LTD.) *page 2 résumé, point 5* ----	1	
A	GB-A-2075549 (SUMITOMO METAL INDUSTRIES LTD.) * page 2, lignes 22 - 32 * ----	1	
A	FR-A-2055782 (UEBELHARDT) * page 1, lignes 1 - 9 * ----	1, 10	
A	revue de metallurgie vol. 74, no. 2, février 1977, j.f.delorme et al.: "Un nouvel acier inoxydable à haute usinabilité page 81, tableau I" -----	1, 2, 9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G04B C22C A44C G04D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 03 AVRIL 1990	Examinateur PINEAU A.
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			