



⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
23.02.94 Bulletin 94/08

⑤① Int. Cl.⁵ : **C22C 38/38**

②① Numéro de dépôt : **90403251.3**

②② Date de dépôt : **16.11.90**

⑤④ **Alliage inoxydable à mémoire de forme et procédé d'élaboration d'un tel alliage.**

③⑩ Priorité : **22.11.89 FR 8915341**

④③ Date de publication de la demande :
05.06.91 Bulletin 91/23

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
23.02.94 Bulletin 94/08

⑥④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 176 272
EP-A- 0 336 157
DE-C- 692 327

⑤⑥ Documents cités :
DE-C- 692 732
DE-C- 864 405
GB-A- 439 045
JP-A-63 216 946

⑦③ Titulaire : **UGINE S.A.**
La Défense 9, 4 Place de la Pyramide
F-92800 Puteaux (FR)

⑦② Inventeur : **Mantel, Marc**
31, rue Felix Chautemps
73200 Alberville (FR)

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

EP 0 430 754 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne un alliage inoxydable à base de fer présentant un effet dit de mémoire de forme consistant, après une déformation mécanique déterminée à froid, en une récupération de la forme initiale par échauffement, ledit alliage à mémoire de forme étant élaboré pour la réalisation de produits tels que des tôles, des fils, des profilés utilisés notamment dans des applications industrielles telles que des raccords de tube, des manchons, des bagues de serrage et des colliers.

La présente invention a également pour objet un procédé d'élaboration d'un tel alliage.

Les alliages métalliques à mémoire de forme sont connus depuis de nombreuses années et ont été longtemps considérés uniquement comme des produits de laboratoire, leur coût d'élaboration ne permettant pas d'envisager un développement industriel.

Ces dernières années, les alliages à base de fer, oxydables, présentant un effet de mémoire de forme et susceptibles d'application industrielle ont été mis au point.

Afin d'éviter le problème d'oxydation de tels alliages, des recherches se sont orientées vers l'obtention d'alliages à mémoire de forme, à base de fer, inoxydables.

On sait que l'effet de mémoire de forme est un phénomène lié à la modification, dans l'alliage, d'une phase initiale austénitique γ en une phase martensitique ε , modification générée dans un intervalle de température déterminée par une déformation mécanique déterminée. Le domaine de température dans lequel la phase ε peut être créée est limitée à un intervalle de température $[M_s, M_f]$ dans lequel M_s est la température de début de la transformation martensitique et M_f la température de la fin de la transformation martensitique, l'intervalle de température étant généralement compris entre $+100^\circ\text{C}$ et -50°C .

La déformation mécanique peut être partiellement ou totalement effacée, après un chauffage de l'alliage déformé, à une température comprise dans un domaine de température dans lequel la phase martensite ε redevient une phase austénitique γ , domaine de température limité à un intervalle $[A_s, A_f]$ dans lequel A_s est la température du début de la réversion de la martensite et A_f est la température de la fin de la réversion de la martensite, intervalle de température compris entre 50°C et 300°C .

L'effet de mémoire de forme est obtenu en favorisant la formation de la martensite ε lors de déformations mécaniques.

Pour cela, il est nécessaire de réduire l'énergie de faute d'empilement dans une phase austénitique γ contenue dans l'alliage avant la déformation mécanique.

La nécessité de réduire l'énergie de faute d'empilement est liée aux structures cristallographiques des phases ε et γ . Une faute d'empilement intrinsèque dans la structure cubique face centrée de la phase γ est considérée comme générant une phase hexagonale ou phase ε , le passage d'une phase γ en une phase ε étant obtenu par le mouvement d'une dislocation partielle de Shockley tous les deux plans cristallins.

Un exemple d'alliage à mémoire de forme est donné, en sa composition, par la demande de brevet japonais n° 60.249957 le EP-A-176 272.

L'alliage est composé de :

- 20 à 40% de manganèse,
- 3,5 à 8% de silicium,
- un ou plusieurs composants tels que du chrome, du nickel, du cobalt, dans une teneur inférieure à 10%,
- moins de 2% de molybdène,
- et moins de 1% de carbone, d'aluminium et de cuivre.

Il est précisé dans cette demande de brevet, d'une part, que la phase ε générant l'effet de mémoire de forme ne peut être induite qu'avec des teneurs en manganèse supérieures à 20% et qu'au delà d'une teneur en manganèse de 40%, une phase autre que la phase ε prédomine avec une perte de l'effet de mémoire, et, d'autre part, que le silicium favorise la création de la phase ε , les valeurs des teneurs en silicium supérieures à 8% entraînant des difficultés d'élaboration de l'alliage et une perte des qualités d'usinabilité dudit alliage.

Il est également indiqué dans cette demande, que le chrome, qui améliore l'obtention de la phase ε crée aussi des composés intermétalliques à faible point de fusion, ce qui entraîne avec des teneurs supérieures à 10% une grande difficulté d'élaboration de l'alliage. Dans la composition de l'alliage décrit, les teneurs en chrome restent inférieures à 5%.

Bien que l'intervalle de valeur cité des teneurs en manganèse soit de 20 à 40%, on remarque que la valeur moyenne des teneurs en manganèse des alliages étudiées et regroupées dans un tableau représentant des exemples de composition, est de l'ordre de 30%. De plus, contrairement à l'enseignement divulgué, il est également possible d'obtenir une phase ε dans un alliage à base de fer lorsque la teneur en manganèse est inférieure à 20% en poids.

L'alliage décrit dans la demande de brevet japonais n° 60.249957, n'est pas un alliage inoxydable, et les arguments énoncés au regard des teneurs données montrent qu'il n'est pas envisageable d'obtenir un alliage

inoxydable avec une telle composition.

On connaît également un alliage inoxydable à mémoire de forme commercialisé par la société NKK Corporation, décrit dans la demande de brevet EP-A-336 157 et dont la composition est la suivante :

- 5 - 0.1 à 5% de chrome.
- 1 à 14.8% de manganèse
- 2 à 8% de silicium.
- 0.001 à 0.4% d'azote

au moins un des trois composés suivants :

- 10 - 0,1 à 20% de nickel,
- 0,1 à 30% de cobalt,
- 0,1 à 3% de cuivre,

Les éléments autres que le chrome étant ajustés pour obtenir l'effet de mémoire de forme par reversion de la phase martensite dans un intervalle défini de températures compris entre 150°C et 300°C.

- 15 Un tel alliage contient une grande proportion de nickel et de cobalt qui sont des matériaux stratégiques, dont les prix, fluctuant, dominent les coûts d'élaboration de cet alliage.

- De plus, le nickel lorsqu'il est ajouté en teneur supérieure à 5% en poids, augmente l'énergie de faute d'empilement, alors que les éléments tels que le manganèse dans une proportion inférieure à 14,8% et le silicium réduisent cette énergie, d'autre part l'azote n'est introduit qu'en élément d'alliage additionnel, dans une proportion correspondant à un ordre de grandeur d'impureté résiduelle.

- 20 Un autre alliage à mémoire de forme est décrit dans la demande de brevet japonais n° 63.216946. Dans l'ensemble des compositions décrites, une, pouvant être inoxydable, contient du chrome, du silicium, 27,4% de manganèse, et confère à l'alliage un taux de récupération de 60%.

- 25 L'invention a pour objet un alliage inoxydable à base de fer présentant un effet dit de mémoire de forme total consistant, après une déformation mécanique déterminée à froid, en une récupération de la forme initiale par échauffement, caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante :

- 9 à 13% de chrome,
- 15 à 25% de manganèse,
- 3 à 6 % de silicium,
- 30 - le reste étant du fer et des impuretés résiduelles résultant de la fusion des matières nécessaires à l'élaboration, les proportions des éléments devant satisfaire à la relation :

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 17.$$

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- l'alliage contient en plus, dans sa composition pondérale, une teneur en azote comprise entre 0 et 0,3% en poids, les proportions des éléments devant satisfaire à la relation :

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19,5 \leq 0,66(\%Mn) + 29(\%N).$$
- l'alliage contient en plus, dans sa composition pondérale, une teneur en élément nickel comprise entre 0 et 5% en poids, les proportions des éléments devront satisfaire à la relation :

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19,5 \leq 0,66(\%Mn) + 29(\%N) + 2,1(\%Ni).$$

- 40 L'intervalle des teneurs en chrome est déterminé pour protéger l'alliage contre la corrosion, c'est à dire le rendre inoxydable, et le manganèse est l'élément principal favorisant la création de la phase martensitique ϵ .

Les inégalités se justifient par le fait qu'il faut limiter la teneur en éléments alphas (Cr, Si) pour éviter l'apparition d'une phase fragilisante et d'autre part la teneur en éléments gammas doit être suffisante pour conférer à l'alliage une structure totalement austénitique à la température d'utilisation.

- 45 D'autre part, le silicium réduit l'énergie de faute d'empilement dans la phase austénitique γ . De plus, le silicium en présence de chrome améliore la résistance à la corrosion de l'alliage lorsque sa teneur est supérieure ou égale à 3%.

- L'azote, dont il a été remarqué que la limite de solubilité dans l'alliage est d'environ 0,3%, augmente fortement la limite élastique de l'alliage et favorise ainsi l'apparition de la phase ϵ . La grande solubilité de l'azote dans l'alliage est liée à la présence dans ledit alliage d'une teneur relativement élevée en manganèse.

- L'azote présente aussi l'intérêt de retarder la précipitation de composés intermétalliques telle que la phase σ , et de permettre l'ajout de chrome en teneur suffisante pour conférer à l'alliage une bonne résistance à la corrosion.

- 55 Enfin, le nickel, substitué au manganèse dans des proportions inférieures à 5%, n'augmente pas l'énergie de faute d'empilement et améliore la ductilité de l'alliage.

L'azote et le nickel limitent la création de la phase σ fragilisante et réduisent de façon conséquente la fragilité de l'alliage, tout en lui conservant ses propriétés de mémoire de forme.

L'invention, contrairement à l'enseignement donné dans la demande de brevet japonais n° 60.249957, permet l'obtention d'un alliage dont la teneur en chrome est supérieure à 6%, la teneur en chrome comprise entre

9 et 13% conférant à l'alliage un caractère inoxydable.

La présente invention a également pour objet un procédé d'élaboration d'un tel alliage inoxydable à base de fer présentant un effet de mémoire de forme, à partir de lingots élaborés par coulée, caractérisé en ce que l'on soumet lesdits lingots à différentes étapes de transformation physique et mécanique comprenant :

- un forgeage en plats à une température comprise entre 1150 et 1250°C,
- une rectification pour l'élimination des défauts de surface,
- au moins un laminage à chaud à une température comprise entre 1000 et 1200°C avec un taux de réduction supérieur à 70%,
- au moins un recuit à une température supérieure à 900°C pendant un temps compris entre 1 et 30 minutes, après chaque laminage à chaud,
- au moins un laminage à froid avec un taux de réduction supérieur à 50%,
- et au moins un recuit à une température comprise entre 900 et 1100°C pendant un temps compris entre 1 et 30 minutes.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- le laminage à chaud est effectué à une température égale à 1100°C,
- le recuit, après chaque laminage à chaud est effectué à une température égale à 1000°C pendant 20 minutes,
- le recuit après chaque laminage à froid, est effectué à une température égale à 1000°C pendant 20 minutes.

L'invention est décrite ci-après au moyen d'essais et en regard des dessins annexés, parmi lesquels :

- la Fig. 1 représente une courbe de réversion de la phase ε mesurée par diffraction X en fonction de la température dans un exemple de composition d'un alliage selon l'invention,
- la Fig. 2 montre un ensemble de deux courbes de taux de déformation et de récupération de forme sur plusieurs cycles de déformation et réversion successives, l'une des deux courbes représentant les taux cumulés de déformation et récupération de forme.

L'alliage selon l'invention est un alliage inoxydable à base de fer, dit à mémoire de forme. Cet alliage présente un effet de mémoire de forme, c'est à dire qu'après une déformation mécanique à la température ambiante, l'alliage récupère totalement ou partiellement sa forme initiale après chauffage à une température comprise dans un intervalle déterminé de températures, favorisant la formation de la phase austénitique γ , de structure cristalline cubique face centrée.

L'alliage selon l'invention est élaboré à partir de lingots coulés dont la composition pondérale est la suivante :

- 22% de manganèse,
- 12% de chrome,
- 5 % de silicium.

Ensuite, les lingots subissent selon le procédé de l'invention, un forgeage à 1200°C en plats de 15mm x 100mm x longueur. Les plats sont ensuite rectifiés jusqu'à l'épaisseur de 14mm pour éliminer les défauts de surface.

Les plats sont soumis après forgeage, à un laminage à chaud à 1100°C en quatre étapes de façon à obtenir des tôles de 1,5 mm d'épaisseur, puis à un recuit à 1000°C pendant 20 minutes et enfin à un ou plusieurs laminages à froid, suivis respectivement d'un recuit à 1000°C pendant 20 minutes.

La connaissance de température des phases fragilisantes a permis de déterminer un cycle de traitement des coulées adapté de façon à obtenir un alliage maléable.

Après analyse, on remarque qu'à la température ambiante, l'alliage selon l'invention ne contient pas de phase ε .

La phase ε est générée dans l'alliage par une déformation mécanique de celui-ci à la température ambiante. La température ambiante est comprise dans l'intervalle de températures dans lequel la phase ε peut être créée.

La figure 1 représente une courbe de réversion de la phase ε .

Pour un premier cycle, la réversion de la phase ε est réalisée dans l'intervalle $[A_s, A_f]$ dans lequel A_s est la température du début de la réversion de la martensite et A_f est la température de la fin de la réversion de la martensite.

Cet intervalle est peu différent de 100°C avec A_s très peu différent de 100°C et A_f très peu différent de 200°C.

Au refroidissement, la température de début de la transformation martensitique, M_s très peu différent de 90°C, et la température de la fin de la transformation martensitique M_f est en dessous de la température ambiante. Après quelques cycles, M_s diminue (M_s très peu différent de 50°C).

Les éprouvettes réalisées pour la mise en évidence des déformations dues à l'effet de mémoire de forme

ont les dimensions suivantes :

1,5mm x 8mm x 95mm

Une déformation en flexion par cintrage sur un cylindre ou encore en traction est réalisée sur chaque éprouvette, et l'éprouvette après déformation est placée dans des fours dont la température varie de 50°C en 50°C entre la température ambiante et 500°C.

A chaque étape, la déformation est calculée après retour à la température ambiante, et on constate que la récupération de la forme s'effectue entre 50 et 250°C.

L'éprouvette est soumise à une série de cycles déformation-montée en température. L'éprouvette est déformée à la température ambiante avec une température de déformation constante, puis chauffée à 1000°C et refroidie à l'air. En mesurant la différence entre la déformation initiale et la déformation finale, on peut déterminer un pourcentage de récupération.

On peut calculer deux taux de récupération en fonction d'un nombre de cycles variables de déformation, l'un en prenant pour déformation initiale la première déformation de l'échantillon (déformation cumulée RC), l'autre en prenant pour déformation initiale celle réalisée après un cycle quelconque de déformation et récupération (R).

La figure 2 représente une courbe des taux de déformation et récupération de forme sur plusieurs cycles successifs (R) et une courbe des taux de déformation et récupération de forme cumulés sur plusieurs cycles (RC).

Pour une déformation initiale de 1,2% après un premier cycle, les deux taux de récupération sont proches de 70%. Au cours des cycles suivants, le taux de récupération de forme reste constant et égal à environ 95%, alors que le taux de récupération de forme cumulée diminue.

Dès le deuxième cycle, le taux de récupération de l'éprouvette étant de 94%, on peut considérer que l'effet de mémoire est total. Le taux de récupération de 94% est obtenu avec des taux de déformation initiale compris entre 0,7% et 3,6%, et la récupération de la forme initiale s'effectue essentiellement entre la température ambiante et 300°C.

Différents alliages selon l'invention ont été élaborés. La composition pondérale des différents lingots est représentée dans le tableau I ci-dessous.

Lingots	% en poids				
	Mn	Cr	Si	Ni	N
1	22	12	3	-	-
2	22	12	5	-	-
3	18	12	5	2	-
4	15	10	5	4,7	-
5	20	9	5	5	-
6	17	10	6	5	0,1
7	16	12	4	4	0,11
8	22	12	5	-	0,21
9	16	9	5	4	-
10	18	12	-	-	-
11	22	12	-	-	-
12	25	8	-	-	-
13	30	-	5	-	-

TABLEAU I

Les valeurs caractérisées des alliages à mémoire de forme sont présentées dans le tableau II ci-dessous.

Lingots	Ms °C	As °C	Déf %	R% après 3 cycles	RC% après 10 cycles
1	14	119	3	85	20
2	-	127	3,8	94	35
3	23	136	3	92	33
4	-	123	2	78	29
5	20	105	3,5	93	30
6	19	115	3	85	29
7	28	159	3,5	88	28
8	16	112	2	96	45
9	0	100	3,5	95	40
10	27	93	1	40	5
11	10	79	0,8	60	5
12	0	88	1	30	0
13	25	127	3,5	95	40

TABLEAU II

Les lingots 10, 11 et 12 sont donnés à titre indicatif et mettent en évidence que l'effet de mémoire est amélioré lorsque le point M_s est situé juste en-dessous de la température ambiante.

La valeur limite de la teneur en manganèse, soit 25% en poids dans la composition pondérale est définie par le fait qu'au dessus de cette valeur, avec au moins 9% de chrome et/ou de nickel, il est difficile d'obtenir un effet de mémoire de forme, suffisamment important pour être industriellement exploitable.

Le lingot 13 donné également à titre indicatif montre qu'une amélioration de l'effet de mémoire est obtenue par l'ajout de silicium. Cet effet est matérialisé aussi bien sur le taux des récupérations, après trois cycles de récupération de forme (R), qu'après une récupération de forme cumulée sur dix cycles (RC).

Enfin, on constate que tous les éléments composant l'alliage, excepté le silicium, diminuent la température de la transformation martensitique M_s .

Le silicium a pour effet d'augmenter la température de cette transformation, cet effet particulier du silicium est lié à la présence du manganèse et au fait que l'on forme de la martensite ϵ avec diminution de l'énergie de faute d'empilement.

Les lingots 3 et 4 montrent que l'on peut ajouter du nickel en faible quantité, 2 et 4% pour améliorer la ductilité de l'alliage sans dégrader les propriétés de l'effet de mémoire.

Le lingot 5 montre l'effet positif de l'azote sur la récupération de forme dans le cas d'un cycle de récupération de forme (96%) et dans le cas de plusieurs cycles de récupération de forme cumulés (45%).

Le procédé d'élaboration selon l'invention permet d'obtenir un alliage maléable qui présente un effet de mémoire de forme total pour une déformation d'environ 3% par cycle, comme indiqué dans la colonne Déf. du tableau II et qui peut être utilisé industriellement.

L'alliage à mémoire de forme ainsi élaboré peut être réalisé pour la réalisation de produit tels que des tôles, des fils ou des profilés utilisés notamment dans des applications industrielles tels que des raccords de tubes, des manchons, des bagues de serrage ou des colliers.

Revendications

1. Alliage inoxydable à base de fer présentant un effet dit de mémoire de forme total consistant, après une déformation mécanique déterminée à froid, en une récupération de la forme initiale par échauffement, caractérisé en ce que sa composition pondérale est la suivante :
 - 9 à 13% de chrome,
 - 15 à 25% de manganèse,
 - 3 à 6 % de silicium,
 le reste étant du fer et des impuretés résiduelles résultant de la fusion des matières nécessaires à l'élaboration, les proportions des éléments devant satisfaire à la relation :

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 17.$$
2. Alliage inoxydable selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient en plus, dans sa composition pondérale, une teneur en azote comprise entre 0 et 0,3% en poids, les proportions des éléments devant satisfaire à la relation :

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19,5 \leq 0,66(\%Mn) + 29(\%N).$$
3. Alliage inoxydable selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il contient en plus dans sa composition pondérale, une teneur en élément nickel comprise entre 0 et 5% en poids, les proportions des éléments devant satisfaire à la relation :

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19,5 \leq 0,66(\%Mn) + 29(\%N) + 2,1(\%Ni).$$
4. Procédé d'élaboration d'un alliage inoxydable à base de fer présentant un effet dit de mémoire de forme, selon l'une des revendications 1 à 3, à partir de lingots élaborés par coulée, caractérisé en ce que l'on soumet lesdits lingots à différentes étapes de transformation physique et mécanique comprenant :
 - un forgeage en plats à une température comprise entre 1150 et 1250°C,
 - une rectification d'élimination des défauts de surface,
 - au moins un laminage à chaud à une température comprise entre 1000 et 1200°C avec un taux de réduction supérieur à 70%,
 - au moins un recuit à une température supérieure à 900°C pendant un temps compris entre 1 à 30 minutes, après chaque laminage à chaud,
 - au moins un laminage à froid avec un taux de réduction supérieur à 50%,
 - et au moins un recuit à une température comprise entre 900 et 1100°C pendant un temps compris entre 1 à 30 minutes.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le laminage à chaud est effectué à une température égale à 1100°C.
6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le recuit après chaque laminage à chaud, est effectué à une température égale à 1000°C pendant 20 minutes.
7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le recuit, après chaque laminage à froid est effectué à une température égale à 1000°C pendant 20 minutes.

Patentansprüche

1. Rostfreie Eisenbasislegierung mit einem Effekt, der vollständiges Formgedächtnisvermögen genannt wird und darin besteht, daß nach einer bestimmten mechanischen Kaltverformung durch Erwärmung die Ausgangsform wiedergewonnen wird, dadurch gekennzeichnet, daß ihre gewichtsanalytische Zusammensetzung die folgende ist:
 - 9 bis 13 % Chrom,
 - 15 bis 25 % Mangan,
 - 3 bis 6 % Silizium,
 Rest Eisen und Restverunreinigungen, die von dem Aufschmelzen der für die Erstellung notwendigen Stoffe herrühren, wobei die Verhältnisse der Elemente folgender Beziehung genügen müssen:

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 7.$$
2. Rostfreie Legierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie ferner in ihrer gewichtsanalyti-

schen Zusammensetzung einen Gehalt an Stickstoff zwischen 0 und 0,3 Gew.-% enthält, wobei die Verhältnisse der Elemente folgender Beziehung genügen müssen:

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19,5 \leq 0,66(\%Mn) + 29(\%N).$$

5

3. Rostfreie Legierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie in ihrer gewichtsanalytischen Zusammensetzung einen Gehalt an Element Nickel zwischen 0 und 5 Gew.-% enthält, wobei die Verhältnisse der Elemente folgender Beziehung genügen müssen:

$$1,43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19,5 \leq 0,66(\%Mn) + 29(\%N) + 2,1(\%Ni).$$

10

4. Verfahren zur Herstellung einer rostfreien Eisenbasislegierung, die einen Effekt, der Formerinnerungsvermögen genannt wird, aufweist, nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, ausgehend von durch Gießen hergestellten Blöcken, dadurch gekennzeichnet, daß die Blöcke verschiedenen Schritten physikalischer und mechanischer Umformung unterworfen werden, die

15

- ein Massivumformen in Flachmaterial bei einer Temperatur zwischen 1150 und 1250°C,
- eine Oberflächenverbesserung zur Beseitigung von Oberflächendefekten,
- wenigstens ein Warmwalzen bei einer Temperatur zwischen 1000 und 1200°C mit einem Reduzierungsgrad von über 70%,
- wenigstens ein Glühen bei einer Temperatur von über 900°C während einer Zeit zwischen 1 bis 30 Minuten nach jedem Warmwalzen,
- wenigstens ein Kaltwalzen mit einem Reduzierungsgrad von über 50%,
- und wenigstens ein Glühen bei einer Temperatur zwischen 900 und 1100°C während einer Zeit zwischen 1 bis 30 Minuten umfassen.

20

25

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Warmwalzen bei einer Temperatur von 1100°C ausgeführt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Glühen nach jedem Warmwalzen bei einer Temperatur von 1000°C während 20 Minuten erfolgt.

30

7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Glühen nach jedem Kaltwalzen bei einer Temperatur von 1000°C während 20 Minuten erfolgt.

Claims

35

1. Non-corrodible alloy based on iron, having a so-called total shape memory effect consisting, after a given mechanical deformation when cold, of a restoration of the initial shape by heating, characterised in that its composition by weight is as follows:

40

- 9 to 13% chromium,
- 15 to 25% manganese,
- 3 to 6% silicon,

the remainder being iron and residual impurities resulting from the fusion of the substances necessary for production, the proportions of the elements satisfying the relationship:

$$1.43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 17.$$

45

2. Non-corrodible alloy according to claim 1, characterised in that it also has, in its composition by weight, a nitrogen content of between 0 and 0.3% by weight, the proportions of the elements satisfying the relationship:

$$1.43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19.5 \leq 0.66(\%Mn) + 29(\%N).$$

50

3. Non-corrodible alloy according to Claim 1, characterised in that it also has, in its composition by weight, a nickel element content of between 0 and 5% by weight, the proportions of the elements satisfying the relationship:

$$1.43(\%Si) + 1(\%Cr) \leq 19.5 \leq 0.66(\%Mn) + 29(\%N) + 2.1(\%Ni).$$

55

4. Process for producing a non-corrodible alloy based on iron, having a so-called shape memory effect, according to one of Claims 1 to 3, from ingots produced by casting, characterised in that the said ingots are subjected to different stages of physical and mechanical conversion comprising:

- 5
- forging into flat strips at a temperature of between 1150 and 1250°C,
 - grinding to eliminate surface defects,
 - at least one hot rolling at a temperature of between 1000 and 1200°C with a degree of reduction of more than 70%,
 - at least one annealing at a temperature of more than 900°C for a period of 1 to 30 minutes, after each hot rolling,
 - at least one cold rolling with a degree or reduction of more than 50%, and
 - at least one annealing at a temperature of between 900 and 1100°C for a period of 1 to 30 minutes.
- 10
5. Process according to claim 4, characterised in that the hot rolling is carried out at a temperature of 1100°C.
6. Process according to Claim 4, characterised in that the annealing after each hot rolling is carried out at a temperature of 1000°C for 20 minutes.
- 15
7. Process according to claim 4, characterised in that the annealing, after each cold rolling, is carried out at a temperature of 1000°C for 20 minutes.

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

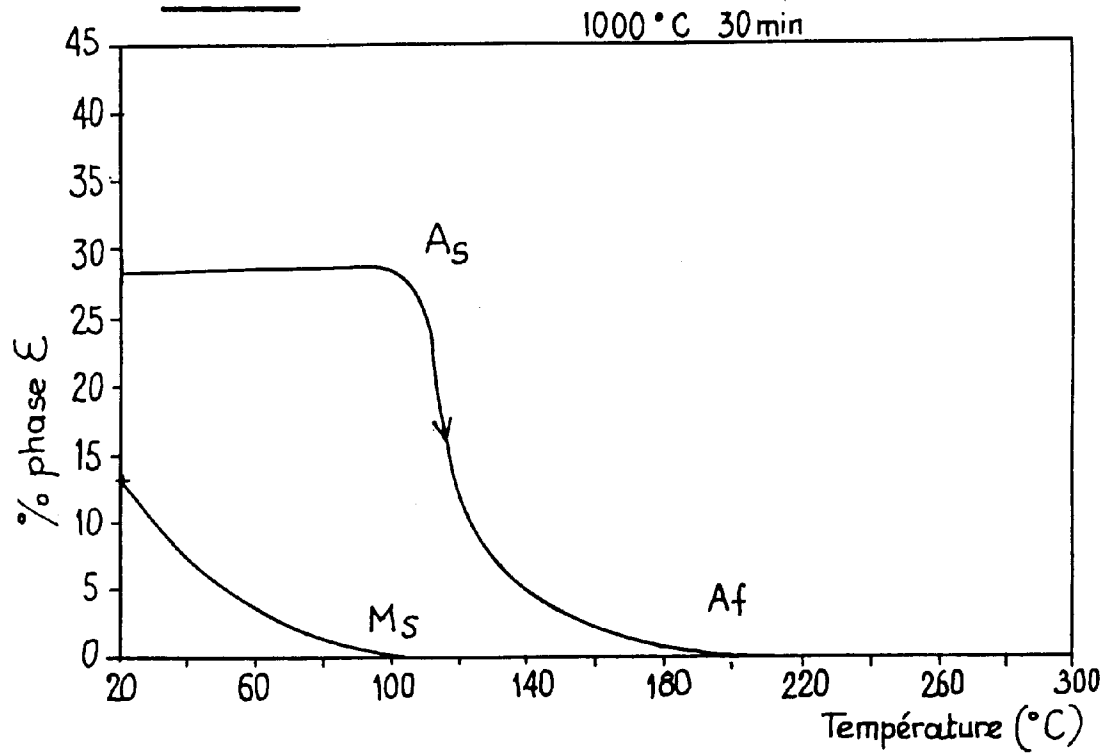


FIG. 2

