

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

**EP 0 889 145 A1**

(12)

**DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**(43) Date de publication:  
**07.01.1999 Bulletin 1999/01**(51) Int Cl.<sup>6</sup>: **C22C 38/58, C22C 38/00**(21) Numéro de dépôt: **98401308.6**(22) Date de dépôt: **02.06.1998**(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE**Etats d'extension désignés:  
**AL LT LV MK RO SI**(30) Priorité: **30.06.1997 FR 9708180**(71) Demandeur: **USINOR  
92800 Puteaux (FR)**(72) Inventeurs:  
• **Hauser, Jean-Michel  
73400 Ugine (FR)**• **Sassoulas, Hervé  
73400 Ugine (FR)**(74) Mandataire: **Ventavoli, Roger  
USINOR,  
Direction Propriété Industrielle,  
Immeuble "La Pacific",  
La Défense,  
11/13 Cours Valmy,  
TSA 10001  
92070 La Défense (FR)**(54) **Acier inoxydable austénoferritique à très bas nickel et présentant un fort allongement en traction**

(57) Acier inoxydable austénoferritique à très bas nickel et présentant un fort allongement en traction caractérisé en la composition pondérale suivante :

carbone < 0,04%  
 0,4% < silicium < 1,2%  
 2 % < manganèse < 4%  
 0,1% < nickel < 1%  
 18% < chrome < 22%  
 0,05% < cuivre < 4%  
 soufre < 0,03%

phosphore < 0,1%  
 0,1% < azote < 0,3%  
 molybdène < 3%

l'acier présentant un biphasage compris entre 30 et 70% d'austénite, tel que

$C_{req} = Cr\% + Mo\% + 1,5 Si\%$   
 $N_{ieq} = Ni\% + 0,33Cu\% + 0,5 Mn\% + 30 C\% + 30 N\%$   
 avec  $C_{req}/N_{ieq}$  compris entre 2,3 et 2,75.

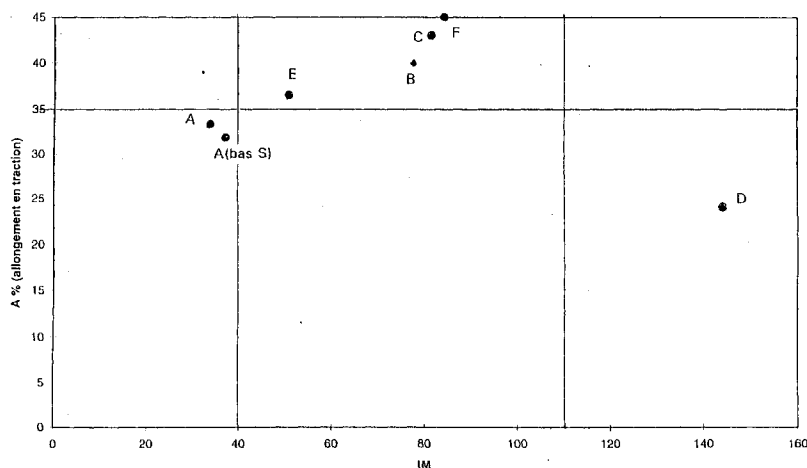


Fig unique.

**EP 0 889 145 A1**

## Description

Les aciers inoxydables sont classés par grandes familles en fonction de leur structures métallurgiques, après un traitement thermique.

On connaît les aciers inoxydables ferritiques martensitiques, austénitiques, austéno-ferritiques.

Cette dernière famille comprend des aciers qui sont généralement riches en chrome et en nickel, c'est à dire qu'ils comportent des teneurs respectives en chrome et nickel supérieure à 20% et supérieure à 4%. La structure de ces aciers, après traitement à une température comprise entre 950°C et 1150°C est constituée de ferrite et d'austénite en proportion généralement supérieure à 30% pour l'une et l'autre des deux phases.

Ces aciers ont de nombreux intérêts pratiques, en particulier, ils présentent à l'état recuit, par exemple à 1050°C, des caractéristiques mécaniques, notamment en limite élastique, plus élevées que les aciers inoxydables ferritiques ou austénitiques à l'état recuit. A l'inverse, la ductilité de ces aciers est du même ordre de grandeur que celle des aciers ferritiques et plus faible que celle des aciers austénitiques.

Un des avantages des aciers austéno-ferritiques concerne les propriétés de soudure. Après une opération de soudage, la structure de ces aciers inoxydables, en zone fondue et en zone affectée par la chaleur reste fortement polyphasée en ferrite et en austénite, contrairement aux aciers austénitiques dont la soudure reste principalement austénitique. Il en résulte des caractéristiques mécaniques élevées des soudures, caractéristiques recherchées lorsque des ensembles soudés doivent résister à des sollicitations mécaniques de fonctionnement.

Enfin, certains aciers austéno-ferritiques à austénite finement divisée peuvent présenter une plasticité élevée dite superplasticité lors de formages lents à chaud.

Ces aciers austéno-ferritiques présentent aussi des inconvénients, comme par exemple leur prix élevé en raison de leur composition à teneur élevée en nickel ou encore en raison de difficultés de fabrication notamment liées à leur forte teneur en chrome comme, par exemple, la formation d'une phase sigma fragilisante ou la démixtion en une ferrite riche en fer et une ferrite riche en chrome avec fragilisation des aciers lors du refroidissement après laminage à chaud.

Leur ductilité, mesurée par l'allongement en traction à température ambiante ne dépasse pas 35% ce qui rend difficile la mise en oeuvre par emboutissage, frappe ou tout autre procédé.

Il se produit aussi une fragilisation dans le cadre de l'utilisation de l'acier à température supérieure à 300°C, lorsque le maintien en température dépasse quelques heures.

Le but de l'invention est la mise au point d'un acier austéno-ferritique contenant dans sa composition une très faible teneur en nickel et présentant les caractéristiques avantageuses de la famille austéno-ferritique associées à des caractéristiques générales améliorées.

L'objet de l'invention est un acier inoxydable austéno-ferritique à très bas nickel et présentant un fort allongement en traction caractérisé en la composition pondérale suivante :

carbone < 0,04%  
 0,4% < silicium < 1,2%  
 2 % < manganèse < 4%  
 0,1% < nickel < 1%  
 18% < chrome < 22%  
 0,05% < cuivre < 4%  
 soufre < 0,03%  
 phosphore < 0,1%  
 0,1% < azote < 0,3%  
 molybdène < 3%,

l'acier présentant un biphasage compris entre 30 et 70% d'austénite, tel que :

$$C_{req} = Cr\% + Mo\% + 1,5 Si\%$$

$$N_{ieq} = Ni\% + 0,33Cu\% + 0,5 Mn\% + 30 C\% + 30 N\%$$

avec  $C_{req}/N_{ieq}$  compris entre 2,3 et 2,75,  
 la stabilité de l'austénite dudit acier étant réglée par l'indice IM défini à partir de la composition pondérale de l'acier par

$$IM = 551 - 805(C+N)\% - 8,52 Si\% - 8,57 Mn\% - 12,51 Cr\% - 36 Ni\% - 34,5 Cu\% - 14 Mo\%,$$

IM devant être compris entre 40 et 115.

Les autres caractéristiques de l'invention sont :

- la composition satisfait la relation :  $C_{req}/N_{eq}$  compris entre 2,4 et 2,65.
- la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,0015%.
- l'acier comprend en outre dans sa composition pondérale de 0,010% à 0,030% d'aluminium.
- l'acier comprend en outre dans sa composition pondérale de 0,0005% à 0,0020% de calcium.
- l'acier comprend en outre dans sa composition pondérale de 0,0005% à 0,0030% de bore.
- la teneur en carbone est inférieure ou égale à 0,03%.
- la teneur en azote est comprise entre 0,12% et 0,2%.
- la teneur en chrome est comprise entre 19% et 21%.
- la teneur en silicium est comprise entre 0,5% et 1%.
- la teneur en cuivre est inférieure à 3%.
- la teneur en phosphore est inférieure ou égale à 0,04%.

La description qui suit complétée par la figure unique annexée, le tout donné à titre d'exemple non limitatif fera bien comprendre l'invention.

La figure unique présente une courbe montrant la dépendance de la caractéristique d'allongement avec l'indice IM.

L'invention concerne un acier austénoferritique contenant des teneurs en éléments d'alliage réduites et notamment une teneur en nickel inférieure à 1% et une teneur en chrome inférieure à 22%. La faible teneur en nickel est imposée, pour des raisons économiques et écologiques, la réduction de la teneur en chrome permettant d'une part, d'assurer une élaboration aisée de l'acier et d'autre part, d'éviter une fragilisation à chaud aussi bien lors de la fabrication dudit acier que lors de son usage.

L'invention résulte d'une recherche à la suite de laquelle on a constaté qu'un domaine spécifique de composition permet sur la famille de l'acier considéré, l'obtention d'une amélioration particulière en allongement en traction associée à une haute limite élastique.

L'acier peut être élaboré sous forme de produits moulés ou forgés, de tôles laminées à chaud ou à froid, de barres, de tubes ou de fils.

Il a été réalisé différentes coulées dont les compositions sont présentées dans le tableau 1 suivant :

Composition pondérale des aciers :

|    | D     | C     | B     | A     | A<br>(bas S)     | E                | F                 | C<br>(bas S)      | C                | C<br>(bas S, B)            |
|----|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------------|
| C  | 0.028 | 0.025 | 0.031 | 0.033 | 0.03             | 0.03             | 0.032             | 0.033             | 0.036            | 0.033                      |
| Si | 0.538 | 0.525 | 0.485 | 1.055 | 1.06             | 1.10             | 0.575             | 0.494             | 0.947            | 0.538                      |
| Mn | 3.718 | 3.747 | 3.786 | 4.073 | 3.89             | 3.99             | 3.847             | 3.825             | 5.018            | 3.758                      |
| Ni | 0.087 | 0.809 | 0.811 | 0.817 | 0.824            | 0.821            | 0.527             | 0.839             | 0.832            | 0.840                      |
| Cr | 18.9  | 19.89 | 20.71 | 21.2  | 21.19            | 20.2             | 19.01             | 19.86             | 18.96            | 19.86                      |
| Mo | 0.035 | 0.036 | 0.036 | 0.037 | 0.211            | 0.212            | 0.211             | 0.206             | 0.210            | 0.209                      |
| Cu | 0.044 | 0.392 | 0.391 | 0.395 | 0.4              | 0.402            | 1.023             | 0.384             | 3.048            | 0.333                      |
| O  | 34ppm | 35ppm | 35ppm | 37ppm | 35-37ppm<br>6ppm | 17-19ppm<br>4ppm | 33-37ppm<br>10ppm | 37-38ppm<br>12ppm | 32-32ppm<br>9ppm | 26-28ppm<br>10ppm<br>14ppm |
| S  |       |       |       |       |                  |                  |                   |                   |                  |                            |
| B  |       |       |       |       |                  |                  |                   |                   |                  |                            |
| P  | 0.017 | 0.018 | 0.017 | 0.018 | 0.017            | 0.017            | 0.018             | 0.016             | 0.019            | 0.016                      |
| Al | -     | -     | -     | -     | 0.010            | 0.010            | 0.007             | 0.007             | 0.011            | 0.007                      |
| N  | 0.132 | 0.15  | 0.136 | 0.17  | 0.167            | 0.166            | 0.155             | 0.143             | 0.104            | 0.136                      |
| V  | 0.091 | 0.094 | 0.097 | 0.103 | -                | 0.072            | 0.078             | 0.081             | 0.088            | 0.086                      |

## EP 0 889 145 A1

Le tableau 2 suivant présente les caractéristiques des aciers dans le domaine de l'indice IM et du rapport chrome équivalent / nickel équivalent.

|                 | D           | C          | B          | A          | A<br>(bas S) | E          | F          | C<br>(bas S) | G          | C<br>(bas S, B) |
|-----------------|-------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|------------|-----------------|
| IM<br>Creq/Nieq | 144<br>2,92 | 81<br>2.57 | 78<br>2.74 | 35<br>2.51 | 38<br>2.61   | 51<br>2.50 | 68<br>2.39 | 78<br>2.55   | 12<br>2.41 | 85<br>2.64      |

Dans une gamme courte d'élaboration, l'acier est soumis à un forgeage depuis la température de 1200°C puis à une transformation à chaud depuis 1240°C pour obtenir par exemple, une bande laminée à chaud de 2,2 mm d'épaisseur. La bande est traitée à 1050°C puis trempée à l'eau.

Dans une gamme dite longue, à la suite de la gamme courte, la bande laminée à chaud peut ensuite être laminée à froid et à nouveau traitée à 1040°C pendant une minute puis trempée à l'eau.

Tous les aciers présentés sont composés de ferrite et d'austénite à l'exception de l'acier D qui contient en outre de la martensite formée lors du refroidissement de l'austénite. La structure des aciers est toujours exempte de carbures et de nitrures. On constate que trois aciers, B et C et F présentent d'une part, un allongement à la rupture supérieur ou égal à 40% lorsqu'ils sont élaborés avec la gamme longue, et d'autre part, des limites élastiques supérieures à 450 MPa ainsi que des charges à la rupture supérieures à 700 MPa. En outre, l'acier C présente à la fois une limite élastique élevée et un allongement particulièrement élevé.

En utilisant un indice de stabilité de l'austénite tel que :

$$IM = 551 - 805(C+N)\% - 8,52 \text{ Si}\% - 8,57 \text{ Mn}\% - 12,51 \text{ Cr}\% -$$

$$36,02 \text{ Ni}\% - 34,52 \text{ Cu}\% - 13,96 \text{ Mo}\%,$$

on constate, comme présenté sur la figure unique, que l'allongement à la rupture de ces aciers austéno-ferritiques passe par un maximum lorsque l'indice IM défini ci-dessus lié à la composition de l'acier selon l'invention est compris entre 40 et 115, ce qui définit un acier selon l'invention comportant un allongement de plus de 35%.

Les caractéristiques de la tôle obtenue selon l'invention sont regroupées sur le tableau 3 qui présente les taux en austénite pour quatre aciers dans les différentes phases de transformation, brut de laminage à chaud, élaboré en gamme courte et en gamme longue.

Tableau 3 :

| Teneurs en austénite en % |    |    |    |    |
|---------------------------|----|----|----|----|
| Acier                     | D  | C  | B  | A  |
| Brut laminage à chaud     | 37 | 42 | 33 | 35 |
| Gamme courte              | 41 | 49 | 39 | 40 |
| Gamme longue              | 42 | 52 | 41 | 43 |

Ces teneurs en austénite sont incluses dans des intervalles de 30% à 70% recherchées dans les aciers austéno-ferritiques. Les aciers présentés comportent respectivement un rapport Creq/ Nieq comme préconisé selon l'invention.

Le tableau 4 suivant présente les caractéristiques mécaniques pour des aciers B et C selon l'invention, soumis aux deux gammes de préparation, pour des aciers E et F selon l'invention, soumis à la gamme longue de préparation, caractéristiques comparées à celles des aciers A et D hors invention.

Tableau 4 :

| Caractéristiques mécaniques |                                  |                                 |                    |     |                                |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------|-----|--------------------------------|
| Acier                       | limite élastique<br>Rp0.2% (Mpa) | limite à la rupture<br>Rm (Mpa) | allongement.<br>A% | IM  | Martensite<br>après traction % |
| D                           |                                  |                                 |                    | 144 |                                |
| Gamme courte                | 406                              | 804                             | 32                 | -   | -                              |
| Gamme longue                | 433                              | 855                             | 24                 | -   | 31                             |

## EP 0 889 145 A1

Tableau 4 : (suite)

| Caractéristiques mécaniques |                                  |                                 |                    |    |                                |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|--------------------|----|--------------------------------|
| Acier                       | limite élastique<br>Rp0.2% (Mpa) | limite à la rupture<br>Rm (Mpa) | allongement.<br>A% | IM | Martensite<br>après traction % |
| C                           |                                  |                                 |                    | 81 |                                |
| Gamme courte                | 476                              | 757                             | 46                 | -  | -                              |
| Gamme longue                | 501                              | 817                             | 43                 | -  | 27                             |
| B                           |                                  |                                 |                    | 78 |                                |
| Gamme courte                | 450                              | 668                             | 34                 | -  | -                              |
| Gamme longue                | 471                              | 714                             | 40                 | -  | 5                              |
| E                           |                                  |                                 |                    | 51 |                                |
| Gamme courte                | -                                | -                               | -                  | -  | -                              |
| Gamme longue                | 484                              | 737                             | 36                 | -  | -                              |
| F                           |                                  |                                 |                    | 68 |                                |
| Gamme courte                | -                                | -                               | -                  | -  | -                              |
| Gamme longue                | 492                              | 819                             | 44                 | -  | -                              |
| A                           |                                  |                                 |                    | 35 |                                |
| Gamme courte                | 496                              | 718                             | 36                 | -  | -                              |
| Gamme longue                | 520                              | 773                             | 33                 | -  | 0                              |

On constate que les aciers B, C et F, dont l'indice IM est respectivement de 78, 81 et 68, c'est à dire compris entre 40 et 115, présentent un allongement particulièrement élevé par rapport aux aciers A et D, hors invention.

Le tableau 5 suivant présente le taux de formation de martensite d'écrouissage sous l'effet de la traction sur des aciers soumis à hypotrempe à 1040°C.

| ACIER                                                                  | A  | B    | C    | D    |
|------------------------------------------------------------------------|----|------|------|------|
| % austénite                                                            | 43 | 41   | 52   | 42   |
| Allongement réparti                                                    | 25 | 33   | 37   | 22   |
| % austénite après traction                                             | 43 | 36   | 25   | 9    |
| Apparition de martensite (%)                                           | 0  | 5    | 27   | 31   |
| Fraction de l'austénite transformée en martensite lors de la traction. | 0  | 0,12 | 0,52 | 0,74 |

Pour les aciers B et C respectivement, 12% et 52% de l'austénite initiale sont transformés en martensite lors de la traction, ce qui leur confère une bonne ductilité; au contraire, l'acier A ne présente pas de transformation de l'austénite en martensite pendant la traction et l'acier D présente un taux de transformation d'austénite, trop élevé de 74%, ce qui lui confère une ductilité insuffisante.

Les tableaux 6 et 7 présentent des caractéristiques de traction à chaud de différents aciers.

Les propriétés mécaniques ont été évaluées sur un acier corroyé recuit. Le corroyage est effectué par forgeage à partir de 1200°C. L'acier subit ensuite un recuit à une température de 1100°C pendant 30 mn. Les éprouvettes de traction utilisées sont des éprouvettes ayant un fût de section circulaire d'un diamètre de 8 mm et une longueur de 5 mm. Elles sont soumises à un préchauffage de 5 mn à 1200°C ou 1280°C, puis à un refroidissement de 2°C/s jusqu'à la température de test à laquelle la traction est effectuée, traction effectuée à la vitesse de 73 mm/s.

## EP 0 889 145 A1

Tableau 6 :

| Réduction de diamètre en % dans tests de traction à chaud avec maintien initial à 1200°C |    |    |    |            |    |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|------------|----|-----------------|
| ACIER                                                                                    | C  | E  | F  | C<br>bas S | G  | C<br>(bas S; B) |
| TEMPERATURE DE TEST.                                                                     |    |    |    |            |    |                 |
| 900°C                                                                                    | 34 | 42 | 50 | 46         | 22 | 49              |
| 950°C                                                                                    | 33 | 43 | 45 | 46         | 13 | 47              |
| 1000°C                                                                                   | 36 | 44 | 42 | 49         | 24 | 53              |
| 1050°C                                                                                   | 48 | -  | 40 | 49         | 24 | 53              |
| 1100°C                                                                                   | 52 | -  | 43 | 54         | 35 | 59              |
| 1150°C                                                                                   | 65 | -  | 51 | 58         | 42 | 62              |
| 1200°C                                                                                   | 69 | -  | 61 | 68         | 42 | 65              |

Tableau 7 :

| Réduction de diamètre en % dans tests de traction à chaud avec maintien initial à 1280°C. |    |    |   |           |             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|---|-----------|-------------|
| ACIER                                                                                     | A  | E  | F | C (bas S) | C(bas S; B) |
| TEMPERATURE DE TEST.                                                                      |    |    |   |           |             |
| 900°C                                                                                     | 33 | 33 |   | 37        | 39          |
| 950°C                                                                                     | 34 | 31 |   | 37        | 38          |
| 1000°C                                                                                    | 35 | 35 |   | 38        | 38          |
| 1050°C                                                                                    | 42 | 38 |   | 43        | 44          |
| 1100°C                                                                                    | 47 | 43 |   | 50        | 54          |
| 1150°C                                                                                    | 50 | 48 |   | 55        | 53          |
| 1200°C                                                                                    | 62 | 54 |   | 63        | 64          |
| 1250°C                                                                                    | 67 | 67 |   | 77        | 70          |
| 1280°C                                                                                    | 81 | 77 |   | 85        | 76          |

La ductilité à chaud est généralement faible, mais on constate une amélioration pour les aciers contenant dans leur composition moins de  $15 \cdot 10^{-4}$  % de soufre. Une striction diamétrale supérieure à 45% à 1000°C est considérée comme nécessaire pour laminier à chaud les aciers. L'acier C (bas S) et l'acier C (bas S; B) contenant dans sa composition du bore, atteignent cette caractéristique si le réchauffage est effectué à 1200°C.

Les caractéristiques de ductilité à chaud élevées sont obtenues selon l'invention en présence d'une très basse teneur en soufre. L'acier C comportant  $35 \cdot 10^{-4}$ % de soufre ne présente pas une ductilité à chaud suffisante.

La teneur en carbone ne saurait dépasser 0,04% faute de quoi des carbures de chrome précipitent au refroidissement après traitement thermique aux interfaces ferrite - austénite et dégradent la tenue à la corrosion. Une teneur en carbone inférieure à 0,03% permet d'éviter cette précipitation aux vitesses de refroidissement les plus faibles.

La teneur en silicium doit nécessairement être supérieure à 0,4% pour éviter une oxydation exagérée lors du réchauffage de brames ou blooms. Elle est limitée à 1,2% pour éviter de favoriser les précipitations fragilisantes d'intermétalliques ou de phase sigma lors de la transformation à chaud. De préférence, la teneur en silicium est comprise entre 0,5% et 1%.

La teneur en manganèse ne peut excéder 4% pour éviter les difficultés d'élaboration. Une teneur minimale de 2% est cependant nécessaire pour rendre l'acier austénitique, en permettant l'introduction de plus de 0,1% d'azote, sans dépasser la limite de solubilité de l'azote à la solidification.

La teneur en nickel est volontairement limitée à 1% pour des raisons économiques et également pour limiter la corrosion sous tension en milieux chlorurés.

De plus, les directives internationales orientent vers une baisse du relargage en nickel des matériaux, notamment dans le domaine de l'eau et du contact cutané.

Une addition de molybdène peut éventuellement être effectuée pour améliorer la tenue à la corrosion; son efficacité n'augmente guère au delà de 3 %, de plus, le molybdène tend à augmenter la fragilisation par formation de phase sigma et son addition doit être limitée.

Une addition de cuivre est particulièrement efficace pour augmenter la teneur en austénite. Au delà de 4%, il

apparaît des défauts au laminage à chaud en relation avec des ségrégations de solidification riches en cuivre. Elle permet en outre de durcir la phase ferrite par traitement thermique entre 400°C et 600°C, et peut avoir, lors de l'utilisation, un effet bactéricide et fongicide.

La teneur en soufre doit être limitée à 0,030% pour que l'acier soit soudable sans générer de fissuration à chaud. Une teneur en soufre inférieure à 0,0015% améliore notablement la ductilité à chaud et la qualité du laminage à chaud. Cette basse teneur en soufre peut être obtenue par l'utilisation contrôlée de calcium et d'aluminium pour obtenir les intervalles de teneurs recherchées en Ca, Al et S.

Une teneur en bore de 5 à 30.10<sup>-4</sup>% améliore également la ductilité à chaud.

La teneur en phosphore est inférieure à 0,1% et de préférence à 0,04% pour éviter la fissuration à chaud lors du soudage.

La teneur en azote est limitée naturellement à 0,3% par sa solubilité dans l'acier au cours de son élaboration.

Pour des teneurs en manganèse inférieures à 3% la teneur en azote devra être de préférence inférieure à 0,2%. Un minimum de 0,1% d'azote est nécessaire pour obtenir une quantité d'austénite supérieure à 30%.

La teneur en chrome est suffisamment basse pour éviter les fragilisations dues à la phase sigma et à la démixtion ferrite-ferrite, lors de la transformation à chaud. Les teneurs en chrome selon l'invention permettent aussi le formage superplastique à températures modérées entre 700°C et 1000°C sans formation de phase sigma fragilisante, contrairement aux nuances austénoferritiques habituelles utilisées pour formage superplastique.

Une teneur en austénite de 30 à 70% est nécessaire pour obtenir les caractéristiques mécaniques élevées, c'est à dire une limite élastique supérieure à 400 MPa sur acier élaboré et sur soudure, la soudure devant être dure et résiliente, avec un taux d'austénite supérieur à 20%. Pour cela, on respectera le rapport Creq / Nieq de façon qu'il soit compris entre 2,30 et 2,75 et de préférence compris entre 2,4 et 2,65. L'allongement en traction supérieur à 35% est obtenu si l'indice IM est compris entre 40 et 115, et l'acier selon l'invention présente dans ces conditions de bonnes caractéristiques d'emboutissage.

L'acier selon l'invention est particulièrement destiné à l'utilisation de pièce embouties puis assemblées par soudage tels que des réservoirs de propergols ou contenant d'autres réactifs pyrotechniques utilisables notamment pour des dispositifs de coussins gonflables de sécurité automobile, applications demandant un acier possédant une ductilité élevée pour la mise en forme ainsi qu'une limite élastique également élevée du métal de base et de la soudure nécessaire dans l'utilisation considérée.

Il est aussi destiné notamment à la fabrication de tubes à partir de feuillards roulés puis soudés, utilisable notamment dans la construction de structures mécaniques fixes ou incorporées dans des véhicules mobiles. Ces tubes peuvent être conformés à l'aide de procédés de formage sous haute pression, dits hydroformage.

## Revendications

1. Acier inoxydable austénoferritique à très bas nickel et présentant un fort allongement en traction caractérisé en la composition pondérale suivante :

carbone < 0,04%  
 0,4% < silicium < 1,2%  
 2 % < manganèse < 4%  
 0,1% < nickel < 1%  
 18% < chrome < 22%  
 0,05% < cuivre < 4%  
 soufre < 0,03%  
 phosphore < 0,1%  
 0,1% < azote < 0,3%  
 molybdène < 3%

l'acier présentant un biphasage compris entre 30% et 70% d'austénite, tel que

$$C_{req} = Cr\% + Mo\% + 1,5 Si\%$$

$$N_{ieq} = Ni\% + 0,33Cu\% + 0,5 Mn\% + 30 C\% + 30 N\%$$

avec Creq/Nieq compris entre 2,3 et 2,75,

## EP 0 889 145 A1

la stabilité de l'austénite dudit acier étant réglée par l'indice IM défini à partir de la composition pondérale de l'acier par

$$IM = 551 - 805(C+N)\% - 8,52 Si\% - 8,57 Mn\% - 12,51 Cr\% - 36 Ni\% - 34,5 Cu\% - 14 Mo\%,$$

IM devant être compris entre 40 et 115.

2. Acier selon la revendication 1, caractérisé en ce que la composition satisfait la relation :  $C_{req}/N_{eq}$  compris entre 2,4 et 2,65.
3. Acier selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la teneur en soufre est inférieure ou égale à 0,0015%.
4. Acier selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'acier comprend en outre dans sa composition pondérale de 0,010% à 0,030% d'aluminium.
5. Acier selon les revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'acier comprend en outre dans sa composition pondérale de 0,0005% à 0,0020% de calcium.
6. Acier selon les revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'acier comprend en outre dans sa composition pondérale de 0,0005% à 0,0030% de bore.
7. Acier selon les revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la teneur en carbone est inférieure ou égale à 0,03%.
8. Acier selon les revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la teneur en azote est comprise entre 0,12% et 0,2%.
9. Acier selon les revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la teneur en chrome est comprise entre 19% et 21%.
10. Acier selon les revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la teneur en silicium est comprise entre 0,5% et 1%.
11. Acier selon les revendications 1 à 10, caractérisé en ce que la teneur en cuivre est inférieure à 3%.
12. Acier selon les revendications 1 à 11, caractérisé en ce que la teneur en phosphore est inférieure ou égale à 0,04%.

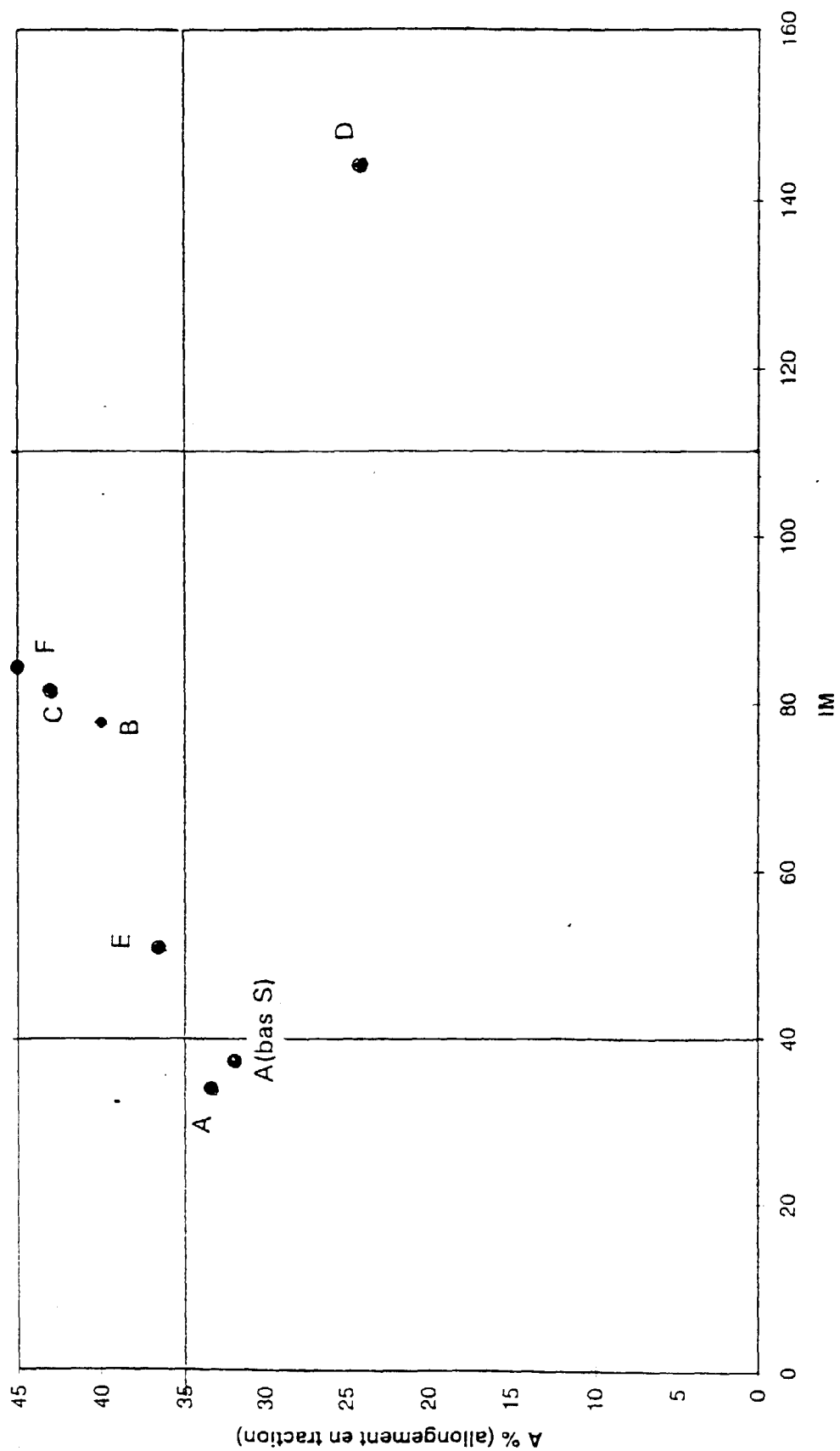


Fig unique.



Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande  
EP 98 40 1308

| 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.6) |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | LU 61 035 A (UGINE KUHLMANN) 3 août 1970<br>* revendications 1-4 *                                                                            | 1,2                                                  | C22C38/58<br>C22C38/00              |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | FR 2 071 873 A (STAHLWERKE SÜDWESTFALEN AG) 17 septembre 1971<br>*Page 11, Exemple 2; page 12, Exemple 3; revendications 1-4*                 | 1,2                                                  |                                     |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN<br>vol. 14, no. 318 (C-738), 9 juillet 1990<br>& JP 02 111846 A (KAWASAKI STEEL CORP.), 24 avril 1990<br>* abrégé * | 1,2                                                  |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | FR 2 119 612 A (ARMCO STEEL CORPORATION) 4 août 1972<br>* revendications 1-12 *                                                               | 1,3,9,10                                             |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | EP 0 327 053 A (ARMCO ADVANCED MATERIALS CORPORATION) 9 août 1989<br>* revendications 1-13 *                                                  | 1,6                                                  |                                     |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | US 2 624 670 A (BINDER ET AL.) 6 janvier 1953<br>* le document en entier *                                                                    | 1                                                    |                                     |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                               |                                                      |                                     |
| Lieu de la recherche<br>LA HAYE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                               | Date d'achèvement de la recherche<br>15 octobre 1998 | Examineur<br>Lippens, M             |
| <p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul<br/>Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie<br/>A : arrière-plan technologique<br/>O : divulgation non-écrite<br/>P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention<br/>E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date<br/>D : cité dans la demande<br/>L : cité pour d'autres raisons<br/>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p> |                                                                                                                                               |                                                      |                                     |

EPO FORM 1503 03/82 (P04.022)