



(11) **EP 3 252 175 A1**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
06.12.2017 Bulletin 2017/49

(51) Int Cl.:
C21D 6/00 (2006.01) **C22C 38/08** (2006.01)
C22C 38/10 (2006.01) **C22C 38/14** (2006.01)
C22C 38/40 (2006.01) **C22C 38/60** (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17173521.0**

(22) Date de dépôt: **30.05.2017**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(71) Demandeur: **Ferry Capitain**
52300 Vecqueville (FR)

(72) Inventeur: **GAUTHIER, Corinne**
52300 JOINVILLE (FR)

(74) Mandataire: **Cabinet Bleger-Rhein-Poupon**
4a rue de l'Industrie
67450 Mundolsheim (FR)

(30) Priorité: **31.05.2016 FR 1654914**

(54) **ALLIAGE D'ACIER MOULÉ, PIÈCE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION CORRESPONDANTS**

(57) Cet alliage d'acier moulé est constitué, en pourcentage en masse, des éléments suivants :
- du carbone (C) entre 0,08% et 0,4%,
- du silicium (Si) entre 0,15% et 2%,
- du nickel (Ni) entre 24% et 31 %,
- du cobalt (Co) entre 15% et 30%,
- du niobium (Nb) entre 0,01% et 2,5%,
optionnellement du molybdène (Mo) à une teneur inférieure ou égale à 3% en masse et/ou du manganèse (Mn)

à une teneur inférieure ou égale à 1,5% en masse et/ou du chrome (Cr) à une teneur inférieure ou égale à 1,5% en masse et/ou du phosphore (P) à une teneur inférieure ou égale à 0,04% en masse et/ou du soufre (S) à une teneur inférieure ou égale à 0,03% en masse et/ou du cuivre (Cu) à une teneur inférieure ou égale à 0,5% en masse, le reste étant du Fer et des impuretés inévitables.

Application à la fabrication d'outillages.

EP 3 252 175 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un alliage d'acier réalisé en fonderie, dont la composition comporte, entre autres, du fer (Fe), du carbone (C), du nickel (Ni) et du cobalt (Co).

[0002] La présente invention trouvera son application principalement dans le domaine de la fabrication d'outillages en fonderie à partir d'un alliage d'acier, lesdits outillages étant utilisés ensuite dans le formage de pièces diverses, notamment elles-mêmes obtenues à partir d'un alliage comportant, par exemple, du titane.

[0003] On connaît du document de brevet européen EP 0 343 292 un alliage d'acier comportant les éléments suivants, dans les proportions indiquées : C entre 0,4 et 0,8 % ; Si inférieur ou égal à 1 % ; Mn inférieur ou égal à 1 % ; Ni entre 30 et 40 % ; Co entre 2 et 8 % ; S inférieur ou égal à 0,2 % ; P inférieur ou égal à 0,2 % ; Mg et/ou Ca inférieur ou égal à 0,3 % ; avec Ni + Co*0,75 entre 32 et 40 %, le reste étant du Fer et les impuretés inévitables. L'alliage est porté à une température entre 600 et 1000 °C et est ensuite trempé.

[0004] Cet alliage présente un intérêt dans la fabrication de machines mécaniques de précision, par exemple des machines-outils, instruments de mesure, machines de fabrication de semi-conducteur et des machines optiques, du fait d'un faible coefficient de dilatation à des températures comprises entre 20 et 100°C.

[0005] En ce qui concerne le document JP 2003 138336 qui décrit un alliage d'acier comportant entre 26 et 32% de Ni, entre 5 et 12% de Co, entre 0,5 et 1,7% de C, moins de 1% de Si, moins de 0,5% de Mn, le reste étant du Fer, ledit alliage comportant une proportion de terres rares (lanthane, cérium, praséodyme et néodyme) comprise entre 0,01 et 0,009%, et présentant un coefficient de dilatation thermique bas jusqu'à une température de 200°C.

[0006] Cependant, dans le domaine visé par l'alliage de la présente invention, la fabrication d'outillages de fonderie en alliage d'acier, l'alliage en question doit avoir un coefficient de dilatation thermique bas à des températures beaucoup plus importantes que 100 °C, et même que 200°C.

[0007] On connaît également, dans l'état de la technique, des outillages réalisés spécifiquement en fonderie pour former des pièces en alliage de titane, à des températures allant de 400 à 1000°C. Les coefficients de dilatation de ces outillages sont relativement élevés (supérieurs à $17.10^{-6} \text{ K}^{-1}$).

[0008] Or, de nouveaux procédés d'élaboration de pièces demandent un outillage avec un coefficient de dilatation thermique proche de celui des alliages à former, notamment pour les alliages en titane, de l'ordre de $10,3.10^{-6} \text{ K}^{-1}$ à 830°C, dans la gamme de température utilisée par le formage.

[0009] L'outillage doit également présenter une bonne tenue au fluage. En effet, une telle caractéristique permet d'éviter que les outillages ne se déforment à haute température.

[0010] Pour les températures de formage au-delà de 400°C, il existe des outillages à faible coefficient de dilatation fabriqués uniquement en mécano-soudé. Cependant, ces derniers sont susceptibles de se déformer à haute température.

[0011] Pour les températures de formage allant jusqu'à 400°C, on connaît, dans l'état de la technique, des outillages réalisés en fonderie à partir d'un certain nombre d'alliages ayant un coefficient de dilatation thermique et une tenue mécanique acceptable, ce qui n'est pas le cas pour les températures plus élevées.

[0012] On connaît ainsi la demande de brevet FR 3 025 807 également déposée par la demanderesse, et qui décrit un alliage de fonte à graphite sphéroïdal ou à graphite lamellaire, connu sous la dénomination Ferrynox N29K, et comprenant les éléments suivants : carbone (C) entre 1,2% et 3,5% - silicium (Si) entre 1,0% ou 1,2% et 3% - nickel (Ni) entre 26% et 31% - cobalt (Co) entre 15% et 20% et optionnellement : magnésium (Mg) entre 0,02% et 0,10% - manganèse (Mn) inférieur ou égal à 1,5% - chrome (Cr) inférieur ou égal à 0,5% et/ou phosphore (P) inférieur ou égal à 0,12 ou 0,04% et/ou soufre (S) inférieur ou égal à 0,11 ou 0,03%, et/ou molybdène (Mo) inférieur ou égal à 0,5%, et/ou cuivre (Cu) inférieur ou égal à 0,5%, le reste étant du Fer et des impuretés inévitables.

[0013] Cet alliage permet d'obtenir des outillages présentant un coefficient de dilatation thermique intéressant, c'est-à-dire faible et stable, pour des températures allant jusqu'à 400°C. Les outillages ainsi fabriqués ont une application intéressante dans la fabrication de pièces en composite ou en matériaux thermoplastiques.

[0014] Cependant, le coefficient de dilatation à des températures supérieures à 400°C est trop important.

[0015] Pour les températures supérieures à 400°C, il existe tout de même des alliages à faible coefficient de dilatation thermique pour des outillages réalisés en fonderie, mais leur tenue au fluage est faible.

[0016] Or certains matériaux, comme des alliages de titane par exemple, ne peuvent être formés qu'à des températures supérieures à 400°C.

[0017] Par conséquent, les outillages utilisés pour leur formage doivent avoir non seulement un coefficient de dilatation thermique bas mais aussi une bonne tenue au fluage, afin d'éviter une déformation desdits outillages à des températures supérieures à 400°C lors du formage, par exemple, de pièces en alliage de titane.

[0018] L'invention a pour but de permettre la fabrication par moulage d'une pièce en acier dont la dilatation thermique est faible pour des températures élevées et notamment allant jusqu'à 1000°C, et présentant une bonne tenue au fluage.

[0019] En particulier, l'invention a pour but de concevoir un alliage qui permet la fabrication d'un outillage ayant un coefficient de dilatation faible et une bonne tenue au fluage, y compris à des températures très élevées.

[0020] A cet effet, l'invention a pour objet un alliage en acier caractérisé en ce qu'il est constitué, en % en masse par

rapport à la masse totale de l'alliage, des éléments suivants :

- du carbone (C) entre 0,08% et 0,4%,
- du silicium (Si) entre 0,15% et 2%,
- du nickel (Ni) entre 24% et 31 %,
- du cobalt (Co) entre 15% et 30%,
- du niobium (Nb) entre 0,01% et 2,5%,

le reste étant du Fer et des impuretés inévitables.

[0021] Optionnellement, l'alliage de l'invention comprend du molybdène (Mo) à une teneur inférieure ou égale à 3% en masse et/ou du manganèse (Mn) à une teneur inférieure ou égale à 1,5% en masse et/ou du chrome (Cr) à une teneur inférieure ou égale à 1,5% en masse et/ou du phosphore (P) à une teneur inférieure ou égale à 0,04% en masse et/ou du soufre (S) à une teneur inférieure ou égale à 0,03% en masse et/ou du cuivre (Cu) à une teneur inférieure ou égale à 0,5% en masse.

[0022] Selon des modes particuliers de réalisation, l'alliage de l'invention peut comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- la teneur en nickel (Ni) est comprise entre minimum 24%, ou minimum 25% ou minimum 26% et maximum 30%, ou maximum 30,5% ou maximum 31% en masse ;
- la teneur en cobalt (Co) est comprise entre minimum 15%, ou minimum 16% et maximum 19%, ou maximum 27%, ou maximum 30% en masse ;
- la teneur en niobium (Nb) est comprise entre minimum 0,01%, ou minimum 0,05% et maximum 1,5%, ou maximum 2%, ou maximum 2,5% en masse ;
- la teneur en carbone (C) est comprise entre minimum 0,08%, ou minimum 0,1%, ou minimum 0,12% et maximum 0,2%, ou maximum 0,3%, ou maximum 0,4% en masse ;
- la teneur en silicium (Si) est comprise entre au minimum 0,15%, ou au minimum 0,2% et au maximum 1%, ou au maximum 1,5%, ou au maximum 2% en masse ;
- la teneur en molybdène (Mo) est comprise entre au minimum des traces ou au minimum 0,05% ou au minimum 0,5% et au maximum 1,2%, ou au maximum 1,5%, ou au maximum 3% en masse ;
- la teneur en Manganèse (Mn) est comprise entre au minimum des traces ou au minimum 0,05%, ou au minimum 0,1% et au maximum 1%, ou au maximum 1,5% ;
- la teneur en cuivre (Cu) est inférieure ou égale à 0,5% en masse, de préférence inférieure ou égale à 0,4%, de préférence inférieure ou égale à 0,3% en masse.
- la teneur en chrome (Cr) est inférieure ou égale à 1,5% en masse, de préférence inférieure ou égale à 1% en masse, de préférence inférieure ou égale à 0,4% en masse, de préférence inférieure ou égale à 0,3% en masse.

[0023] L'invention a également pour objet une pièce fabriquée au moins en partie en un alliage d'acier, ledit alliage présentant une composition telle que définie ci-dessus.

[0024] Cette pièce peut notamment consister en un outillage, dont le but est de permettre le formage d'autres pièces à partir d'alliages, par exemple à base de titane. En d'autres termes, ledit outillage fabriqué à partir de l'alliage de l'invention est susceptible de recevoir un alliage à une température importante, entre 400 et 1000°C, et il doit avoir un coefficient de dilatation faible et une bonne résistance au fluage dans cette gamme de température, et notamment jusqu'à une température de formage de 1000°C.

[0025] L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une pièce telle que définie ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- on élabore un alliage en fonderie qui présente une composition telle que définie ci-dessus ;
- on coule ledit alliage dans un moule pour obtenir ladite pièce.

[0026] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant à la figure unique sur laquelle est représenté le comportement de dilatation thermique de quatre alliages (GX40CrNiSi25-20, GXX40NiCrSi38-19, Ferrynox N29K et Exemple1), dont un exemple d'alliage de l'invention (Exemple1), au moyen de l'évolution de leur coefficient de dilatation thermique moyen (en 10^{-6} m/m°C ou 10^{-6} K⁻¹) en fonction de la température (en °C) et en se référant également au tableau ci-dessous donnant les tenues au fluage de ces différents alliages.

[0027] L'invention a pour objet une composition particulière d'alliage. Cet alliage permet d'obtenir des pièces dont le coefficient de dilatation thermique est faible et la tenue au fluage élevée jusqu'à une température de 1000°C.

[0028] La pièce est par exemple un outillage, en particulier un outillage pour former des pièces métalliques.

EP 3 252 175 A1

[0029] Toutes les indications de composition sont données par la suite en % en masse de la masse totale de l'alliage.

[0030] Un premier aspect de l'invention est la composition chimique de l'alliage.

[0031] L'alliage est un alliage d'acier moulé réalisé en fonderie. Son composant de base est le Fer (Fe). Il comporte aussi des impuretés inévitables résultant de l'élaboration dudit alliage.

5 **[0032]** L'alliage de l'invention présente une composition consistant, outre le fer (Fe) et lesdites impuretés, en du carbone (C) entre 0,08% et 0,4%, du Silicium (Si) entre 0,15% et 2%, du Nickel (Ni) entre 24% et 31%, du Cobalt (Co) entre 15% et 30% et du Niobium (Nb) entre 0,01% et 2,5%.

[0033] La teneur en Nickel (Ni) de l'alliage peut être de préférence comprise entre au moins 25% ou 26% et au plus 30% ou 30,5% en masse.

10 **[0034]** La teneur en en Cobalt (Co) de l'alliage peut être de préférence comprise entre au moins 16% et au plus 19% ou 27% en masse.

[0035] La teneur en Niobium (Nb) de l'alliage peut être de préférence comprise entre au moins 0,05% et au plus 1,5% ou 2% en masse.

15 **[0036]** La teneur en Carbone (C) de l'alliage peut être de préférence comprise entre au moins 0,1% ou 0,12% et au plus 0,2% ou 0,3% en masse.

[0037] La teneur en Silicium (Si) de l'alliage peut être de préférence comprise entre au moins 0,2% et au plus 1% ou 1,5% en masse.

[0038] De plus, l'alliage peut comprendre du manganèse (Mn) à une teneur comprise entre des traces et 1,5%.

20 **[0039]** La teneur en Manganèse (Mn) de l'alliage peut être de préférence comprise entre au moins 0,05% ou au moins 0,1% et au plus 1,0% en masse.

[0040] De plus, l'alliage peut comprendre du cuivre (Cu) à une teneur comprise entre des traces et 0,5% en masse.

[0041] La teneur en Cuivre (Cu) de l'alliage peut être de préférence inférieure à 0,4%, plus préférentiellement encore inférieure à 0,3% en masse.

[0042] De plus, l'alliage peut comprendre du molybdène (Mo) à une teneur comprise entre des traces et 3%.

25 **[0043]** La teneur en Molybdène (Mo) de l'alliage peut être de préférence comprise entre 0,05% ou 0,5% et au plus 1,2% ou 1,5% en masse.

[0044] De plus, l'alliage peut comprendre du chrome (Cr) à une teneur comprise entre des traces et 1,5%.

[0045] La teneur en Chrome (Cr) de l'alliage peut être de préférence inférieure ou égale à 1% en masse, plus préférentiellement inférieure ou égale à 0,4% et, tout préférentiellement, cette teneur en chrome est inférieure ou égale à 0,3%.

30 **[0046]** De plus, l'alliage peut comprendre du phosphore (P) à une teneur comprise entre des traces et 0,04% en masse.

[0047] De plus, l'alliage peut comprendre du soufre (S) à une teneur comprise entre des traces et 0,03% en masse.

[0048] Depuis la fin du 19^{ème} siècle, on connaît un alliage à base de fer à coefficient de dilatation faible qui est le Fe-Ni36. Cet alliage est connu sous l'appellation commerciale INVAR®.

[0049] Dans sa composition, cet alliage comporte 36% en masse de nickel, le reste étant du fer.

35 **[0050]** La courbe représentant le coefficient de dilatation des alliages fer/nickel présente une anomalie aux alentours des 36% de nickel : le coefficient de dilatation est alors bien plus faible que pour les autres compositions. Cependant, ceci n'est valable que pour des températures faibles, jusqu'à 130°C, au-dessus de laquelle le coefficient de dilatation de l'alliage n'est plus stable. Ainsi, la mise en oeuvre de cet alliage à des températures plus élevées n'est pas avantageuse.

40 **[0051]** Divers alliages ont ensuite été développés à partir de cette base, notamment avec le cobalt comme élément d'addition. Par exemple, l'acier fer/nickel/cobalt avec 32% de nickel et 5,5% de cobalt a un coefficient de dilatation plus bas que l'INVAR®, et surtout, il garde cette propriété à des températures plus élevées. Cependant, sa tenue en fluage à haute température est faible.

45 **[0052]** On connaît des aciers réfractaires moulés (GX40CrNiSi25-20, GX40NiCrSi38-19) permettant d'obtenir cette fois une bonne résistance en fluage à haute température (contrainte de rupture en 1000h respectivement égale à 28 et 30MPa à 900°C), mais avec un coefficient de dilatation élevé (respectivement 18,6 et 17,3.10⁻⁶ K⁻¹ à 900°C).

[0053] Selon des exemples, l'alliage comprend outre le fer (Fe) et les impuretés inévitables, uniquement les éléments suivants, dans les limites indiquées :

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Co	Nb
50 Mini	0,08	0,15	traces	traces	traces	traces	24	traces	traces	15	0,01
Maxi	0,4	2	1,5	0,04	0,03	1,5	31	3	0,5	30	2,5
Exemple 1	0,14	1,49	0,14	0,014	0,008	0,12	28,22	0,0051	0,038	16,7	0,59
55 Exemple 2	0,13	1,1	0,4	0,015	0,007	0,11	27,79	0,01	0,045	25,1	0,64

[0054] Cet alliage est un acier moulé.

[0055] Le coefficient de dilatation thermique de l'Exemple 1, comparé à des coefficients de dilatation thermique des trois alliages de l'état de la technique (GX40CrNiSi25-20, GX40NiCrSi38-19, Ferrynox N29K) est indiqué sur la figure unique.

[0056] Le coefficient de dilatation thermique de l'alliage présentant la composition de l'Exemple 1 est inférieur à $12,6 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ pour une température inférieure à 980°C.

[0057] Plus généralement, on remarque que le coefficient de dilatation thermique de l'alliage présentant la composition de l'exemple 1 est significativement inférieur au coefficient de dilatation des alliages normés GX40CrNiSi25-20 et GX40NiCrSi38-19, et ce dans quasiment toute la gamme de température qui a été testée, en particulier pour des températures élevées.

[0058] Par conséquent, l'alliage selon l'invention a un coefficient de dilatation bas à des températures comprises entre 400 et 1000°C, appliquées lors du formage de pièces en alliages de titane, ce qui est particulièrement intéressant.

[0059] La tenue au fluage de l'alliage selon l'invention et présentant une composition selon l'exemple 1 a également été testée, et comparée à celles des alliages GX40CrNiSi25-20 et GX40NiCrSi38-19 et à l'alliage connu sous l'appellation commerciale Ferrynox N29K.

[0060] Plus précisément, et pour rappel, le Ferrynox N29K consiste en un alliage de fonte à graphite sphéroïdal, ou à graphite lamellaire, à faible dilatation et objet de la demande brevet FR 3 025 807.

La tenue au fluage est la suivante :

	Exemple 1		Ferrynox N29K		GX40CrNiSi25-20		GX40NiCrSi38-19	
	Contrainte à la rupture (MPa)		Contrainte à la rupture (MPa)		Contrainte à la rupture (MPa)		Contrainte à la rupture (MPa)	
	100h	1000h	100h	1000h	100h	1000h	100h	1000h
à 700°C	85	68	70	52	100	80		80
à 800°C	62	46	49	33	75	50	90	50
à 900°C	39	25	21	14	47	28	48	30
à 980°C	21	14	12	8	28	16	28	17

[0061] La tenue au fluage de l'alliage d'acier selon l'invention présentant les teneurs selon l'exemple 1 est beaucoup plus importante que celle de l'alliage dénommé Ferrynox N29K.

[0062] Cette tenue au fluage améliorée est observée pour l'alliage de l'exemple 1 sur toutes les températures qui ont été testées et qui sont susceptibles d'être mises en oeuvre lors de la fabrication de pièces en titane, et que ce soit après 100h ou après 1000h d'exposition.

[0063] L'amélioration de la tenue au fluage est due à la présence, dans la composition de l'alliage selon l'invention, de niobium, qui entraîne la formation aux joints de grains de carbures de niobium. Les carbures de niobium permettent un blocage du fluage en empêchant les grains de glisser les uns par rapport aux autres.

[0064] En outre, la valeur de contrainte de rupture à 1000h d'une pièce obtenue à partir de l'alliage de l'exemple 1, à savoir 25 MPa à 900°C, est comparable aux contraintes de rupture des alliages GX40CrNiSi25-20 et GX40NiCrSi38-19, respectivement 28 et 30MPa à 900°C, tel qu'indiqué plus haut. Or, ces alliages GX40CrNiSi25-20 et GX40NiCrSi38-19 sont considérés comme ayant une bonne résistance au fluage à haute température.

[0065] Un autre aspect de l'alliage selon l'invention est qu'il est soudable.

[0066] Un second aspect de l'invention est une pièce fabriquée en un alliage tel que défini ci-dessus. La pièce est notamment un outillage. L'outillage peut comprendre seulement des portions en l'alliage selon l'invention ou être entièrement constitué de cet alliage.

[0067] Un troisième aspect de l'invention est le procédé de fabrication d'une pièce en un alliage selon l'invention.

[0068] Tout d'abord, on élabore l'alliage en fonderie avec les compositions qui ont été décrites ci-dessus. En d'autres termes, on mélange les différents constituants dans les teneurs qui ont été indiquées.

[0069] Ledit alliage est ensuite coulé dans un moule de forme et de dimensions configurées pour permettre la fabrication de la pièce souhaitée, la pièce consistant par exemple en un outillage.

[0070] Après l'étape de refroidissement, la pièce peut être traitée thermiquement.

[0071] L'alliage est notamment utilisé pour la fabrication d'outillages mis en oeuvre ensuite pour le formage de pièces

métalliques (par exemple en alliage de titane).

[0072] Le domaine technique peut être l'aéronautique.

5 Revendications

1. Alliage d'acier **caractérisé en ce qu'il** est constitué, en pourcentage en masse, des éléments suivants :

- du carbone (C) entre 0,08% et 0,4%,
- du silicium (Si) entre 0,15% et 2%,
- du nickel (Ni) entre 24% et 31 %,
- du cobalt (Co) entre 15% et 30%,
- du niobium (Nb) entre 0,01% et 2,5%,

optionnellement du molybdène (Mo) à une teneur inférieure ou égale à 3% en masse et/ou du manganèse (Mn) à une teneur inférieure ou égale à 1,5% en masse et/ou du chrome (Cr) à une teneur inférieure ou égale à 1,5% en masse et/ou du phosphore (P) à une teneur inférieure ou égale à 0,04% en masse et/ou du soufre (S) à une teneur inférieure ou égale à 0,03% en masse et/ou du cuivre (Cu) à une teneur inférieure ou égale à 0,5% en masse, le reste étant du Fer et des impuretés inévitables.

2. Alliage d'acier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la teneur en nickel (Ni) est comprise entre au minimum 25% ou au minimum 26% et au maximum 30% ou au maximum 30,5% en masse.

3. Alliage d'acier selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que** la teneur en cobalt (Co) est comprise entre au minimum 16% et au maximum 19% ou au maximum 27% en masse.

4. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la teneur en niobium (Nb) est comprise entre au minimum 0,05% et au maximum 1,5% ou au maximum 2% en masse.

5. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la teneur en carbone (C) est comprise entre au minimum 0,1% ou au minimum 0,12% en masse et au maximum 0,2% ou au maximum 0,3% en masse.

6. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la teneur en silicium (Si) est comprise entre au minimum 0,2% et au maximum 1% ou au maximum 1,5% en masse.

7. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la teneur en molybdène (Mo) est comprise entre au minimum 0,05% ou au minimum 0,5% et au maximum 1,2% ou au maximum 1,5% en masse.

8. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la teneur en manganèse (Mn) est comprise entre au minimum 0,05% ou au minimum 0,1% et au maximum 1% en masse.

9. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la teneur en cuivre (Cu) est inférieure ou égale à 0,4% en masse, de préférence inférieure ou égale à 0,3% en masse.

10. Alliage d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** la teneur en chrome (Cr) est inférieure ou égale à 1%, de préférence inférieure ou égale à 0,4%, de préférence inférieure ou égale à 0,3% en masse.

11. Pièce fabriquée au moins en partie en un alliage d'acier, **caractérisée** en ce ledit alliage présente une composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 10.

12. Procédé de fabrication d'une pièce selon la revendication 11 **caractérisé en ce qu'il** comporte au moins les étapes suivantes :

- on élabore un alliage en fonderie qui présente une composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 ;

EP 3 252 175 A1

- on coule ledit alliage dans un moule pour obtenir ladite pièce.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

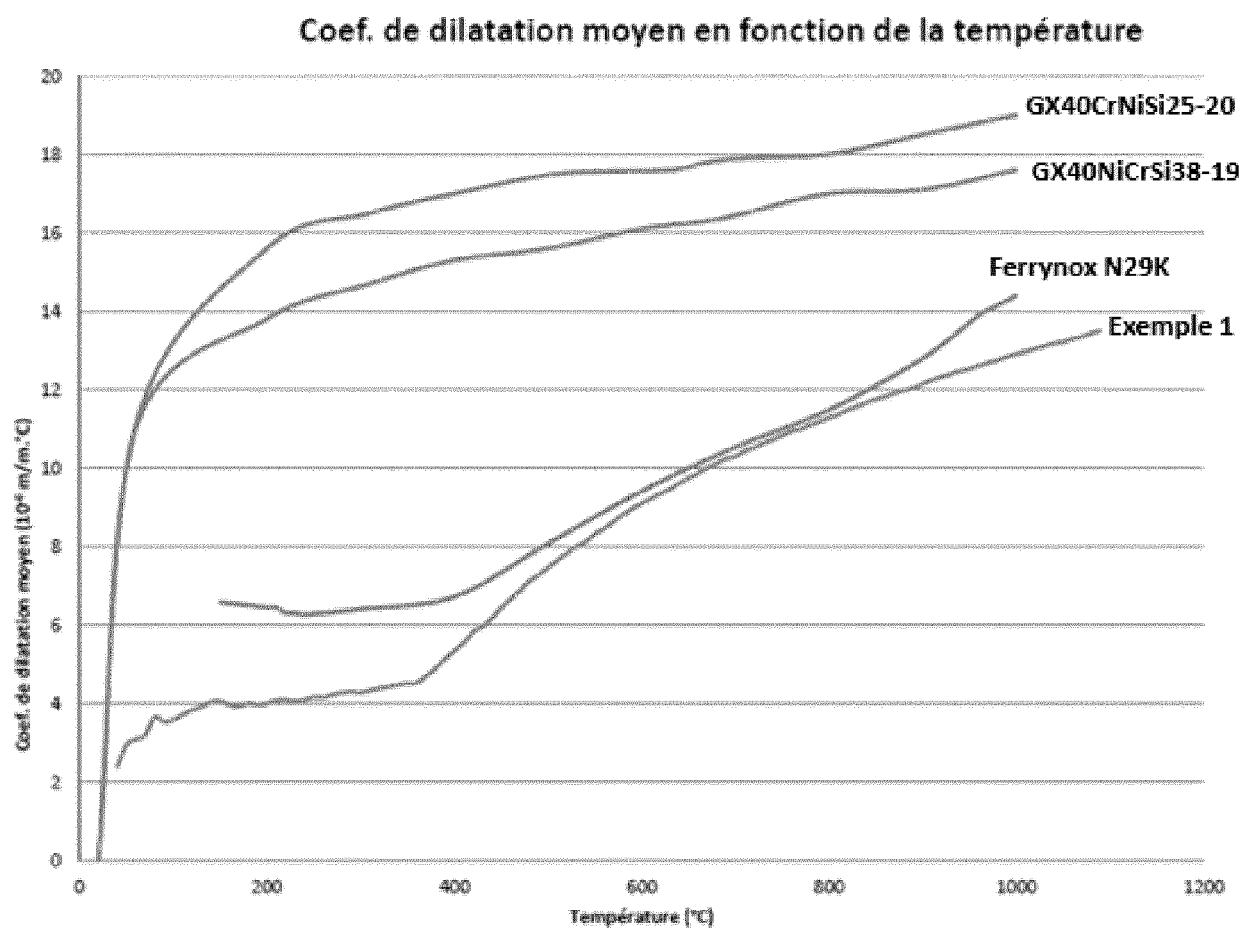


FIG. 1



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 17 3521

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 0 343 292 A1 (NIPPON CHUZO KABUSHIKI KAISHA [JP]) 29 novembre 1989 (1989-11-29) * pages 1, 4 *	1-12	INV. C21D6/00 C22C38/08 C22C38/10 C22C38/14 C22C38/40 C22C38/60
Y	JP 2003 138336 A (KOGI CORP) 14 mai 2003 (2003-05-14) * abrégé; tableaux 2, ex. 12 *	1-12	
Y	W.Z. WANGA, T. JINB, .H. JIAA, J.L. LIUB, Z.Q. HUB: "Effects of cobalt on creep rupture properties and dislocation structures in nickel base superalloys", Materials Science and Engineering: A, vol. 624 29 janvier 2015 (2015-01-29), pages 220-228, XP002765974, DOI: 10.1016/j.msea.2014.11.038 Extrait de l'Internet: URL:http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2014.11.038 [extrait le 2016] * le document en entier *	1-12	
A	JP S63 162841 A (NIPPON CASTING CO LTD) 6 juillet 1988 (1988-07-06) * abrégé; tableaux 1, 2 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) C22C C21D
A	US 4 832 908 A (ISHIKAWA KATSUHISA [JP] ET AL) 23 mai 1989 (1989-05-23) * revendication 1; tableaux 1, 2 *	1-12	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 26 juin 2017	Examineur Chebeleu, Alice
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 17 17 3521

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

26-06-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0343292 A1	29-11-1989	CA 1325902 C DE 3877564 D1 EP 0343292 A1 JP 2594441 B2 JP S6421037 A US 4904447 A	11-01-1994 25-02-1993 29-11-1989 26-03-1997 24-01-1989 27-02-1990
JP 2003138336 A	14-05-2003	AUCUN	
JP S63162841 A	06-07-1988	JP H0258337 B2 JP S63162841 A	07-12-1990 06-07-1988
US 4832908 A	23-05-1989	JP S6350446 A US 4832908 A	03-03-1988 23-05-1989

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 0343292 A [0003]
- JP 2003138336 A [0005]
- FR 3025807 [0012] [0060]