

②② Date de dépôt : 14.03.18.

③③ Priorité :

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

☐ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : AUBERT & DUVAL Société par
actions simplifiée —FR et ERASTEEL Société par
actions simplifiée — FR.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 20.09.19 Bulletin 19/38.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 13.03.20 Bulletin 20/11.

⑦② Inventeur(s) : BELLUS JACQUES, BENBAHMED
ATMAN, ANDRE JOHANNA et SANDBERG
FREDRIK.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑦③ Titulaire(s) : AUBERT & DUVAL Société par actions
simplifiée, ERASTEEL Société par actions simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.



La présente invention concerne un nouvel acier de type 10CrMoNiVCo à faible teneur en carbone et haute teneur en cobalt pour traitement thermochimique en particulier destiné au domaine des transmissions telles que les roulements et les engrenages. L'alliage selon l'invention est également utilisable pour d'autres applications requérant une dureté superficielle élevée combinée avec une bonne ténacité à cœur, par exemple dans le cas des systèmes d'injection.

Les roulements sont des organes mécaniques permettant d'assurer des mouvements relatifs et contraints en orientation et direction entre deux pièces. Les roulements comprennent plusieurs composants : bague interne, bague externe ainsi que des corps roulants (bille ou cylindre) disposés entre ces deux bagues. Pour assurer une fiabilité et des performances dans le temps, il est important que ces différents éléments aient de bonnes propriétés en fatigue de roulement, usure, etc.,...

Les engrenages sont des organes mécaniques de transmission de puissance. Pour assurer une densité de puissance favorable (ratio de puissance transmise par l'encombrement des engrenages) et la fiabilité de fonctionnement, les engrenages doivent présenter des bonnes propriétés en fatigue structurale (pied de dent) et fatigue de contact (flans de dent).

Les techniques conventionnelles pour réaliser ces composants métalliques ont recours à des procédés d'élaboration d'aciérie électrique suivies d'opérations éventuelles de refusion, ou de refusions sous vide simples ou multiples. Les lingots ainsi réalisés sont ensuite mis en forme par des procédés de transformation à chaud comme le laminage ou le forgeage sous forme de barre, de tube ou de bague.

Il existe deux types de métallurgie pour assurer les propriétés mécaniques finales.

1er Type : la composition chimique du composant permet d'obtenir les propriétés mécaniques directement après traitement thermique adapté.

- 5 2ème Type : le composant requiert un traitement thermochimique permettant d'enrichir la surface en éléments chimiques interstitiels comme le carbone et/ou l'azote. Cet enrichissement en général superficiel permet alors d'obtenir de hautes propriétés mécaniques après traitement thermique sur des profondeurs de quelques millimètres maximum. Ces
- 10 aciers présentent en général de meilleures propriétés en ductilité que les aciers du 1er Type.

Il existe aussi des procédés thermochimiques appliqués aux aciers du 1er type visant à enrichir la surface en azote pour obtenir de très hautes propriétés mécaniques.

15

- La première des propriétés requises dans le domaine du roulement ou des engrenages est l'obtention d'un très haut niveau de dureté. Ces aciers de type 1 et de type 2 présentent généralement des niveaux de dureté superficielles supérieures à 58 HRC. Les nuances les plus répandues et
- 20 connues sous le vocable M50 (0,8%C-4%Cr-4,2%Mo-1%V) ou 50NiL (0,12%C-4%Cr-4,2%Mo-3,4%Ni-1%V) ne dépassent pas après traitement thermochimique éventuel et traitement thermique adapté une dureté superficielle de 63 HRC. L'obtention de duretés supérieures à 64 HRC est maintenant requise pour améliorer significativement les propriétés du
- 25 composant.

La demande GB2370281 décrit un acier pour siège de soupape par la technologie de la métallurgie des poudres compactée à partir de mélanges

de poudre d'une base fer et de particules plus dures. La matrice, qui ne constitue qu'une partie de l'acier, a la composition suivante, en pourcentages en poids de la composition totale :

- Carbone : 0,2-2,0;
- 5 Chrome : 1,0-9,0;
- Molybdène : 1,0-9,0;
- Silicium : 0,1-1,0;
- Tungstène : 1,0-3,0;
- Vanadium : 0,1-1,0;
- 10 Nickel+ Cobalt + Cuivre : 3,0-15,0;
- Fer : solde

- Toutefois cette matrice comprend de 5 à 40% en volume de perlite, ce qui a pour conséquence un manque de ductilité de cette matrice et donc une fragilisation. En outre le matériau contient aussi de la porosité (jusqu'à
- 15 10%) qui ne permet pas d'atteindre de bonnes propriétés en résistance mécanique et en fatigue. Enfin ce document ne suggère pas d'utiliser de faible teneur en Cuivre et au contraire indique que sa teneur peut aller jusqu'à 15% en poids. Or une teneur en Cuivre élevée n'est pas recherchée pour les applications de la présente invention car le Cuivre est
- 20 un fragilisant connu dont la teneur ne devrait pas dépasser 0,5% en poids par rapport au poids total de la composition de l'acier.

La demande de brevet WO2015/082342 décrit un acier pour roulement ayant la composition suivante, en pourcentages en poids de la composition totale :

- 25 Carbone : 0,05-0,5;
- Chrome : 2,5-5,0;
- Molybdène : 4-6;
- Tungstène : 2-4,5;

Vanadium : 1-3;

Nickel : 2-4;

Cobalt : 2-8;

Fer : solde

- 5 ainsi que les impuretés inévitables, optionnellement comprenant en outre, un ou plusieurs des éléments suivants :

Niobium : 0-2 ;

Azote : 0-0,5;

Silicium : 0-0,7;

- 10 Manganèse : 0-0,7;

Aluminium : 0-0,15;

et en particulier la nuance MIX5 de composition (0,18%C-3,45%Cr-4,93%Mo-3,05%W-2,09%V-0,30%Si-2,89%Ni-5,14%Co-0,27%Mn) qui est la plus intéressante car présentant la plus grande dureté superficielle.

- 15 Cette nuance permet d'atteindre une dureté superficielle après traitement de mise en solution à 1150°C et revenu à 560°C à un niveau maximal de dureté d'environ 800 HV, soit un équivalent de 64 HRC maximum. Toutefois cette demande indique que la teneur en Co doit être limitée à au plus 8% et même il est préférable qu'elle soit au plus de 7% et même
20 encore plus préféré d'au plus 6% car le Co augmente le niveau de dureté du matériau de base qui entraîne une décroissance de la ténacité. La nuance MIX5 qui est préférée a ainsi une teneur en Co de 5,14%.

La demande de brevet WO2017216500 décrit un acier pour roulement ayant la composition suivante, en pourcentages en poids de la

- 25 composition totale :

Carbone : 0,05-0,40, de préférence 0,10-0,30 ;

Chrome : 2,50-5,00, de préférence 3,0-4,5;

Molybdène : 4,0-6,0;

Tungstène : 0,01 – 1,8, de préférence 0,02-1,5 ;

Vanadium : 1,0-3,0, de préférence 1,5-2,5;

Nickel : 2,0-4,0;

Cobalt : 2,0-8,0, de préférence 3,0-7,0;

5 Fer : solde

ainsi que les impuretés inévitables,

optionnellement comprenant en outre, un ou plusieurs des éléments suivants :

Niobium : $\leq 2,0$;

10 Azote : $\leq 0,50$, de préférence $\leq 0,20$;

Silicium : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;

Manganèse : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;

Aluminium : $\leq 0,15$, de préférence $\leq 0,10$;

la teneur combinée en Niobium + Vanadium étant comprise dans la
15 gamme 1,00-3,50 ;

et la teneur en Carbone + Azote étant comprise dans la gamme 0,05-0,50.et

En particulier dans les exemples, la nuance C de composition (0,18-0,20%C-3,90-4,00%Cr-5,00-5,20%Mo-0,10-0,20%W-2,10-2,30%V-0,14-
20 0,16%Si-3,05-3,09%Ni-5,00-5,40%Co-0,18-0,22%Mn-0,03-0,05%Al) est la préférée car présentant la plus grande dureté superficielle. Cette nuance permet d'atteindre une dureté superficielle après traitement de mise en solution à 1100°C-1150°C et revenu à 500°C à un niveau maximal de dureté d'environ 66-67 HRC qui est bien supérieur à la dureté
25 superficielle obtenue avec une nuance selon la demande WO2015/082342 (nuance A : figure 1). Toutefois cette demande indique également que la teneur en Co doit être limitée à au plus 8% et même il est préférable qu'elle soit au plus de 7% et même encore plus préféré d'au plus 6%

car il augmente le niveau de dureté du matériau de base qui entraîne une décroissance de la ténacité. La nuance C qui est préférée a ainsi une teneur en Co de 5,00-5,40%.

- 5 L'obtention de duretés superficielles supérieures à 67 HRC, en particulier à l'aide d'un traitement thermique de mise en solution à une température inférieure ou égale à 1160°C, est donc difficile à obtenir alors qu'elles permettraient d'améliorer significativement les propriétés du composant.
- 10 Les inventeurs se sont aperçus de façon surprenante qu'en augmentant la teneur en cobalt de l'acier décrit dans les demandes WO2015/082342 et WO2017216500 à une teneur comprise entre 9 et 12,5%, tout en maintenant la teneur en carbone à un niveau inférieur ou égal à 0,2% (nouvel équilibre Carbone/Cobalt), l'acier obtenu présentait, après
15 traitement thermochimique, en particulier de cémentation et/ou nitruration, une dureté superficielle très élevée et même supérieure à 67 HRC, en particulier supérieure ou égale à 68 HRC et une dureté à 1mm supérieure à 860 HV (ce qui correspond à environ 66HRC selon la norme ASTM E140-12b publiée en mai 2013) après un traitement thermique de
20 mise en solution à une température comprise dans la gamme 1100°C - 1160°C et revenu à une température supérieure ou égale à 475°C, tout en présentant un niveau de dureté du matériau de base comprise entre 400 et 650 HV.
- 25 Ceci n'était pas du tout évident au vu de ces documents qui incitaient à utiliser une teneur peu élevée en cobalt telle que dans la nuance MIX5 (5,14% de cobalt) et dans la nuance C (5,00-5,40% de cobalt) qui sont considérées comme les compositions présentant la meilleure dureté.

Le brevet US8157931 décrit un acier de type Ni-Co ayant une teneur en cobalt comprise entre 9,9 et 10% et une teneur en carbone comprise entre 0,1 et 0,12% et présentant une forte dureté superficielle de l'ordre de 68-69 HRC. Toutefois un tel acier a une forte teneur en chrome (5,3-5,4%), une faible teneur en vanadium (0,20-0,21%) et en Molybdène (2,5-2,52%) et ne contient pas de tungstène. Cet équilibre de nuance conduit après traitement thermochimique et traitement de qualité associé (comprenant une trempe à 1110°C et un revenu à 482°C) à une dureté superficielle intéressante mais qui diminue très rapidement avec la profondeur, elle est ainsi à partir de 600 µm de profondeur déjà identique à celle du métal de base (figure 1). Cela est probablement dû à la plus faible teneur en carbone dans la couche cémentée que peut supporter la nuance afin d'éviter tout risque de formation de phase graphite fragilisante. La revendication 1 de ce brevet stipule ainsi une teneur en carbone dans la couche cémentée limitée à environ 0,8%. En effet du graphite pourrait apparaître dès 1% en poids de C dans la couche cémentée (couche de surface obtenue après cémentation).

Il n'est donc pas évident de trouver le bon équilibre de la nuance (dont Cr, Mo, V, W, C) au vu de ce document pour arriver à une optimisation à la fois de la dureté superficielle, du profil de dureté (profondeur) et de la ténacité (dont on a une idée par la dureté à cœur). En outre il n'était pas évident au vu de ce document d'arriver à réaliser une couche de cémentation profonde qui permette d'introduire bien plus de carbone que les nuances de l'état de l'art (jusqu'à 1,5% en poids de C) tout en limitant le risque d'apparition du graphite.

La présente invention concerne donc une composition d'acier, avantageusement cémentable et/ou nitrurable, plus avantageusement

cémentable, comprenant, avantageusement constituée essentiellement de,
 en particulier constituée de, en pourcentages en poids de la composition
 totale:

- 5 Carbone : 0,01-0,20 de préférence 0,02–0,18;
- Chrome : 2,5-5,0, de préférence 3,0-4,5;
- Molybdène : 4,0-6,0;
- Tungstène : 0,01-3,0;
- Vanadium : 1,0-3,0, de préférence 1,50-2,50;
- Nickel : 2,0-4,0;
- 10 Cobalt : 9,0-12,5, de préférence 9,5-11,0;
- Fer : solde

ainsi que les impuretés inévitables,

optionnellement comprenant en outre, un ou plusieurs des éléments
 suivants :

- 15 Niobium : $\leq 2,0$;
- Azote : $\leq 0,50$, de préférence $\leq 0,20$;
- Silicium : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;
- Manganèse : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;
- Aluminium : $\leq 0,15$, de préférence $\leq 0,10$;
- 20 la teneur combinée en Niobium + Vanadium étant comprise dans la
 gamme 1,0-3,5;
- et la teneur en Carbone + Azote étant comprise dans la gamme 0,05-0,50.

- 25 Une composition particulièrement intéressante comprend,
 avantageusement est constituée essentiellement de, en particulier est
 constituée de, en pourcentages en poids de la composition totale:

Carbone : 0,02–0,20, de préférence 0,08-0,18;
 Chrome : 3,0–4,5, de préférence 3,5-4,5;

Molybdène : 4,0-6,0, de préférence 4,5-5,5;

Tungstène 0,01 – 3,0;

Vanadium : 1,5-2,5, de préférence 2,0-2,3;

Nickel : 2,0-4,0, de préférence 2,5-3,5;

5 Cobalt : 9,5-12,5, de préférence 9,5-10,5;

Fer : solde

ainsi que les impuretés inévitables,

optionnellement comprenant en outre, un ou plusieurs des éléments suivants :

10 Niobium : $\leq 2,0$;

Azote : $\leq 0,20$;

Silicium : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;

Manganèse : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;

Aluminium : $\leq 0,10$;

15 la teneur combinée en Niobium + Vanadium étant comprise dans la gamme 1,00-3,50 ;

et la teneur en Carbone + Azote étant comprise dans la gamme 0,05-0,50.

En particulier les impuretés inévitables, notamment choisies parmi le

20 Titane (Ti), le Soufre (S), le Phosphore (P), le Cuivre (Cu), l'Étain (Sn), le Plomb (Pb), l'Oxygène (O) et leurs mélanges, sont maintenues au plus bas niveau. Ces impuretés sont généralement dues essentiellement au procédé de fabrication et à la qualité de l'enfournement. De façon avantageuse la composition selon l'invention comprend au plus 1% en

25 poids d'impuretés inévitables, avantageusement au plus 0,75% en poids, encore plus avantageusement au plus 0,50% en poids, par rapport au poids total de la composition.

Les éléments formateurs de carbures, qui ont aussi un effet stabilisant sur la ferrite, éléments dits alphas, sont essentiels à la composition d'acier selon l'invention de façon à fournir suffisamment de dureté, de résistance à la chaleur et à l'usure. Afin d'obtenir une microstructure exempte de ferrite qui fragiliserait le composant, il est nécessaire d'ajouter des éléments stabilisateurs de l'austénite, éléments dits gammagènes.

Une combinaison correcte d'éléments stabilisateurs de l'austénite (Carbone, Nickel, Cobalt et Manganèse) et d'éléments stabilisateurs de la ferrite (Molybdène, Tungstène, Chrome, Vanadium et Silicium) permet d'obtenir une composition d'acier selon l'invention ayant des propriétés supérieures, en particulier après traitement thermochimique tel que la cémentation.

La composition d'acier selon l'invention comprend donc du carbone (C) en une teneur comprise dans la gamme 0,01-0,20 %, de préférence 0,02-0,20%, plus préféré 0,02-0,18%, encore plus préférée 0,08-0,18 %, en poids par rapport au poids total de la composition. En effet le Carbone (C) stabilise la phase austénitique de l'acier aux températures de traitement thermique et est essentielle pour la formation de carbures qui apportent les propriétés mécaniques en général notamment la résistance mécanique, la haute dureté, la résistance à la chaleur et à l'usure. La présence d'une petite quantité de carbone dans un acier est bénéfique pour éviter la formation de particules intermétalliques indésirables et fragiles et pour former de petites quantités de carbures pour éviter la croissance excessive de la taille de grain pendant la mise en solution avant l'opération de trempe . La teneur initiale en carbone ne devra toutefois pas être trop élevée puisqu'il est possible d'augmenter la dureté superficielle des composants formés à partir de la composition d'acier par cémentation. Il

est aussi connu que d'une manière générale l'augmentation de la teneur en carbone permet d'augmenter significativement le niveau de dureté ce qui est en général pénalisant vis-à-vis des propriétés de ductilité. C'est pour cette raison que la teneur en carbone est limitée à 0,20% maximum

5 pour obtenir un niveau de dureté à cœur du matériau d'au maximum 650 HV. Pendant la cémentation, le carbone est implanté dans les couches de surface du composant, de façon à obtenir un gradient de dureté. Le carbone est le principal élément pour le contrôle de la dureté de la phase martensitique formée après cémentation et traitement thermique. Dans un

10 acier cémenté, il est essentiel d'avoir une partie cœur du matériau avec une faible teneur en carbone tout en ayant une surface dure avec une forte teneur en carbone après traitement thermochimique de cémentation.

La composition d'acier selon l'invention comprend en outre du Chrome

15 (Cr) en une teneur comprise dans la gamme 2,5-5,0%, de préférence 3,0-4,5%, encore plus préférée 3,5-4,5%, encore plus avantageusement 3,8-4,0% en poids par rapport au poids total de la composition.

Le Chrome contribue à la formation de carbures dans l'acier et est l'un des principaux éléments qui contrôle la trempabilité des aciers.

20 Toutefois le Chrome peut aussi favoriser l'apparition de ferrite et d'austénite résiduelle. La teneur en Chrome de la composition d'acier selon l'invention ne doit donc pas être trop élevée.

La composition d'acier selon l'invention comprend également du

25 Molybdène (Mo) en une teneur comprise dans la gamme 4,0-6,0%, de préférence 4,5-5,5%, encore plus préférée 4,8-5,2%, en poids par rapport au poids total de la composition.

Le Molybdène améliore la tenue au revenu, la résistance à l'usure et la dureté de l'acier. Toutefois, le Molybdène a un fort effet stabilisant sur la phase ferrite et ne doit donc pas être présent en trop grande quantité dans la composition d'acier selon l'invention.

5

La composition d'acier selon l'invention comprend de plus du Tungstène (W) en une teneur comprise dans la gamme 0,01-3,0%, de préférence 0,01-1,5%, encore plus préférée 0,01-1,4%, avantageusement 0,01-1,3%, en poids par rapport au poids total de la composition.

- 10 Le tungstène est un stabilisant de la ferrite et un élément fortement formateur de carbures. Il améliore la résistance au traitement thermique et à l'usure et la dureté par formation de carbures. Cependant, il peut abaisser également la dureté superficielle de l'acier et surtout les propriétés de ductilité et ténacité. Pour que cet élément joue pleinement
- 15 son rôle, il est nécessaire de procéder à des mises en solution à haute température.

- La composition d'acier selon l'invention comprend en outre du Vanadium (V) en une teneur comprise dans la gamme 1,0-3,0%, de préférence 1,5-2,5%, encore plus préférée 1,7-2,3%, avantageusement 2,00- 2,3%, en particulier 2,0-2,2%, en poids par rapport au poids total de la composition.
- 20

- Le Vanadium stabilise la phase ferrite et a une forte affinité avec le carbone et l'azote. Le Vanadium apporte la résistance à l'usure et au revenu par formation de carbures de vanadium durs. Le Vanadium peut être en partie substitué par le niobium (Nb), qui a des propriétés similaires.
- 25

La teneur combinée en Niobium + Vanadium doit donc être comprise dans la gamme 1,0-3,5% en poids par rapport au poids total de la composition. Si le Niobium est présent, sa teneur doit être $\leq 2,0\%$ en poids par rapport au poids total de la composition. Avantageusement, la composition d'acier
 5 selon l'invention ne comprend pas de Niobium.

La composition d'acier selon l'invention comprend également du Nickel (Ni) en une teneur comprise dans la gamme 2,0-4,0%, de préférence 2,5-3,5%, encore plus préférée 2,7-3,3%, avantageusement
 10 3,0-3,2%, en poids par rapport au poids total de la composition.

Le Nickel favorise la formation d'austénite et donc inhibe la formation de ferrite. Un autre effet du Nickel est de décroître la température M_s , c'est-à-dire la température à laquelle la transformation d'austénite en martensite commence lors du refroidissement. Cela peut empêcher la
 15 formation de martensite. La quantité de Nickel doit donc être contrôlée de façon à éviter la formation d'austénite résiduelle dans les composants cémentés.

La composition d'acier selon l'invention comprend de plus du Cobalt (Co)
 20 en une teneur comprise dans la gamme 9,0 -12,5%, de préférence 9,5-12,5%, avantageusement 9,5-11,0%, plus avantageusement 9,5-10,5%, en poids par rapport au poids total de la composition. La teneur en Cobalt est mesurée selon les normes ASTM-E1097-12 publiée en juin 2017 et ASTM E1479_16 publiée en décembre 2016. L'erreur de mesure de la
 25 teneur en Cobalt de l'acier selon l'invention est ainsi de $\pm 2,5\%$ relatif environ et évaluée selon les normes ISO5724-1 (décembre 1994), ISO5725-2 (décembre 1994), ISO5725-3 (décembre 1994), ISO5725-4

(décembre 1994), ISO5725-5 (décembre 1994), ISO5725-6 (décembre 1994) et la norme NF ISO/CEI Guide 98-3 du 11 juillet 2014.

Le Cobalt est un élément fortement stabilisateur de l'austénite qui empêche la formation de ferrite indésirable. Contrairement au Nickel, le

- 5 Cobalt augmente la température M_s , ce qui à son tour diminue la quantité d'austénite résiduelle. Le Cobalt, en association avec le Nickel, permet la présence de stabilisateurs de ferrite tels que les éléments formateurs de carbures Mo, W, Cr et V. Les éléments formateurs de carbures sont essentiels pour l'acier selon l'invention en raison de leur effet sur la
- 10 dureté, la résistance à la chaleur et à l'usure. Le Cobalt a un petit effet d'augmentation de la dureté sur l'acier. Toutefois, cette augmentation de la dureté est corrélée à la décroissance de la ténacité. Il ne faut donc pas que la composition d'acier selon l'invention contienne une quantité trop importante de Cobalt. L'ajout du Co permet de limiter la teneur en C en
- 15 évitant la promotion de la ferrite pour une composition selon l'invention (contenant les teneurs en Cr, Mo, V, Ni et W telles que décrites ci-dessus). Cette limitation en carbone permet de compenser l'augmentation de dureté liée à l'addition de Co.

- 20 La composition d'acier selon l'invention peut en outre comprendre du Silicium (Si) en une teneur $\leq 0,70\%$, en poids par rapport au poids total de la composition. Avantagusement, elle comprend du Silicium, en particulier en une teneur comprise dans la gamme 0,05-0,50%, de préférence 0,05-0,30%, avantagusement 0,07-0,25%, encore plus
- 25 avantagusement 0,10-0,20%, en poids par rapport au poids total de la composition.

Le Silicium stabilise fortement la ferrite, mais est souvent présent lors du procédé de fabrication de l'acier lors de la désoxydation de l'acier liquide.

Des teneurs faibles en oxygène sont en effet également importantes pour obtenir de faibles niveaux d'inclusions non-métalliques et de bonnes propriétés mécaniques telles que la résistance à la fatigue et la résistance mécanique.

5

La composition d'acier selon l'invention peut en outre comprendre du Manganèse (Mn) en une teneur $\leq 0,70\%$, en poids par rapport au poids total de la composition. Avantageusement, elle comprend du Manganèse, en particulier en une teneur comprise dans la gamme $0,05-0,50\%$, de
10 préférence $0,05-0,30\%$, avantageusement $0,07-0,25\%$, encore plus avantageusement $0,10-0,22\%$, encore plus particulièrement $0,10-0,20\%$ en poids par rapport au poids total de la composition.

Le Manganèse stabilise la phase austénite et décroît la température M_s dans la composition d'acier. Le Manganèse est en général ajouté dans les
15 aciers lors de leur fabrication du fait de son affinité pour le Soufre, il se forme ainsi du sulfure de Manganèse pendant la solidification. Cela supprime le risque de formation de sulfures de Fer qui ont un effet défavorable sur l'usinage à chaud des aciers. Le Manganèse fait aussi partie de l'étape de désoxydation comme le Silicium. La combinaison du
20 Manganèse avec le Silicium donne une désoxydation plus efficace que chacun de ces éléments seuls.

Optionnellement, la composition d'acier selon l'invention peut comprendre de l'Azote (N), en une teneur $\leq 0,50\%$, de préférence $\leq 0,20\%$, en poids
25 par rapport au poids total de la composition.

L'Azote favorise la formation d'austénite et abaisse la transformation d'austénite en martensite. L'Azote peut dans une certaine mesure remplacer le Carbone dans l'acier selon l'invention pour former des

nitrides. Toutefois la teneur en Carbone + Azote doit être comprise dans la gamme 0,05-0,50% en poids par rapport au poids total de la composition.

- 5 De façon optionnelle, la composition d'acier selon l'invention peut comprendre de l'Aluminium (Al), en une teneur $\leq 0,15\%$, de préférence $\leq 0,10\%$, en poids par rapport au poids total de la composition.

L'Aluminium (Al) peut en effet être présent lors du procédé de fabrication de l'acier selon l'invention et contribue de manière très efficace à la
 10 désoxydation de l'acier liquide. C'est en particulier le cas lors des procédés de refusion tels que le procédé VIM-VAR. La teneur en Aluminium est en général plus élevée dans les aciers produits en utilisant le procédé VIM-VAR que dans les aciers obtenus par la technologie des poudres. L'Aluminium génère des difficultés au cours de l'atomisation par
 15 obstruction de la busette de coulée par des oxydes.

Une faible teneur en Oxygène est importante pour obtenir une bonne micro-propreté ainsi que de bonnes propriétés mécaniques telles que la résistance à la fatigue et la résistance mécanique. Les teneurs en Oxygène obtenues par voie lingot sont typiquement inférieures à 15 ppm.

20

Avantageusement, la composition selon la présente invention est cémentable, c'est-à-dire qu'elle peut subir un traitement de cémentation, et/ou nitrurable, c'est-à-dire qu'elle peut subir un traitement de nituration et même avantageusement elle peut subir un traitement thermochimique,
 25 en particulier choisi parmi la cémentation, la nituration, la carbonituration et la cémentation suivie de la nituration.

Ces traitements permettent d'améliorer la dureté superficielle de l'acier, en ajoutant des éléments carbonés et/ou azotés. Ainsi, si la cémentation est

utilisée, la teneur en Carbone de la surface de l'acier augmente et donc entraîne une augmentation de la dureté superficielle. La surface (couche superficielle avantageusement ayant une épaisseur de 100 microns) est ainsi avantageusement enrichie en Carbone pour obtenir une teneur finale

5 en carbone (teneur superficielle finale en carbone) de 0,5% - 1,7% en poids, plus particulièrement de 0,8% - 1,5% en poids, plus avantageusement d'au moins 1% en poids, en particulier de 1-1,3% en poids, encore plus avantageusement > 1,1% en poids, encore plus particulièrement entre 1,2 et 1,5% en poids. Dans la suite de ce

10 document, la teneur en carbone superficielle s'entendra avoir été déterminée à l'aide d'un échantillonnage d'une couche superficielle sur une profondeur de 100 microns.

Si la nitruration est utilisée, c'est la teneur en Azote qui augmente à la surface de l'acier, et donc également la dureté superficielle.

15 Si la carbonitruration ou la cémentation suivie de la nitruration sont utilisées, ce sont les teneurs en Carbone et Azote à la surface de l'acier qui sont augmentées et donc également la dureté superficielle.

Ces procédés sont bien connus de l'homme du métier.

20 Dans un mode de réalisation avantageux, la composition d'acier selon l'invention présente, après un traitement thermochimique, avantageusement de cémentation ou de nitruration ou de carbonitruration ou de cémentation puis de nitruration, suivi d'un traitement thermique, une dureté superficielle supérieure à 67HRC, en particulier supérieure ou

25 égale à 68 HRC, mesurée selon la norme ASTM E18 publiée en juillet 2017 ou norme équivalente. Elle présente en outre avantageusement une dureté superficielle supérieure ou égale à 910HV (environ 67,25 HRC selon la norme ASTM E140-12b publiée en mai 2013), avantageusement,

supérieure ou égale à 920 HV, en particulier supérieure ou égale à 940HV, mesurée selon la norme ASTM E384 publiée en août 2017 ou norme équivalente, en particulier après une mise en solution à une température de 1100°C. Elle présente par ailleurs avantageusement une dureté

5 superficielle supérieure ou égale à 930 HV (correspondant à 67,75 HRC environ selon la norme ASTM E140-12b publiée en mai 2013), avantageusement, supérieure ou égale à 940 HV (correspondant à 68 HRC selon la norme ASTM E140-12b publiée en mai 2013), en particulier supérieure ou égale à 950 HV, mesurée selon la norme ASTM E384

10 publiée en août 2017 ou norme équivalente après une mise en solution à une température de 1150°C.

Elle présente de plus avantageusement une dureté à 1 mm de profondeur supérieure ou égale à 860 HV (ce qui correspond à environ 66 HRC selon la norme ASTM E140-12b publiée en mai 2013), avantageusement,

15 supérieure ou égale à 870 HV, en particulier supérieure ou égale à 880 HV, mesurée selon la norme ASTM E384 publiée en août 2017 ou norme équivalente, en particulier après une mise en solution à une température de 1100°C. Elle présente par ailleurs avantageusement une dureté à 1 mm de profondeur supérieure ou égale à 880 HV,

20 avantageusement, supérieure ou égale à 890 HV, en particulier supérieure ou égale à 900 HV, mesurée selon la norme ASTM E384 publiée en août 2017 ou norme équivalente

Elle présente par ailleurs avantageusement un niveau de dureté du matériau de base (dureté cœur matériau) compris entre 440 et 650 HV,

25 avantageusement entre 440 et 630 HV, mesurée selon la norme ASTM E384 publiée en août 2017 ou norme équivalente.

La composition d'acier obtenue grâce à ces traitements a avantageusement une concentration en carbone en surface (teneur superficielle finale) de 1-1,3% en poids.

Ledit traitement thermique peut comprendre :

- 5 - (1) une mise en solution de l'acier à une température comprise entre 1090°C-1160°C, avantageusement entre 1100°C-1160°C, plus avantageusement entre 1100 et 1155°C, en particulier entre 1100 et 1150°C, plus particulièrement de 1150°C,
- (2) suivi avantageusement d'un maintien à cette température jusqu'à
10 austénitisation complète, en particulier pendant une durée de 15 minutes (trempe), (ces 2 phases (1) et (2) permettent la mise en solution totale ou partielle des carbures initialement présents),
- (3) puis éventuellement un premier refroidissement (trempe), en particulier sous gaz neutre à, par exemple, une pression de 2 bars (2×10^5
15 Pa), avantageusement jusqu'à la température ambiante, (cette phase permet d'obtenir une microstructure principalement martensitique avec de l'austénite résiduelle. Cette austénite résiduelle est fonction de la température de refroidissement : la teneur diminue avec la température de refroidissement),
- 20 - (4) suivi éventuellement d'un maintien à la température ambiante,
- (5) puis avantageusement d'un deuxième refroidissement à une température inférieure à -40°C, plus avantageusement inférieure à -60°C, encore plus avantageusement d'environ -70°C, en particulier pendant 2 heures (cette phase permet de diminuer la teneur en austénite
25 résiduelle),
- (6) et avantageusement un ou plusieurs revenus, plus avantageusement au moins trois revenus, avantageusement à une température supérieure ou égale à 475°C, plus avantageusement comprise entre 475°C et 530°C,

en particulier de 500°C, encore plus particulièrement pendant 1 heure chacun (ce ou ces revenus permettent la précipitation de carbures et la décomposition partielle ou totale de l'austénite résiduelle. Cela permet d'obtenir des propriétés de ductilité).

5

L'intérêt de l'acier selon l'invention est donc d'obtenir de hauts niveaux de dureté avec un traitement thermique limité (température comprise entre 1090°C-1160°C, avantageusement entre 1100°C-1160°C, plus avantageusement entre 1100°C-1155°C, en particulier entre 1100°C-

10

1150°C, plus particulièrement de 1150°C).

Dans un mode de réalisation particulièrement avantageux, la composition d'acier selon l'invention présente, après un traitement thermochimique, avantageusement de cémentation ou de nitruration ou de carbonitruration

15

ou de cémentation puis de nitruration, suivi d'un traitement thermique, une structure martensitique ayant une teneur d'austénite résiduelle inférieure à 10% en poids, plus avantageusement inférieure à 0,5% en poids, et exempte de ferrite et de perlite, phases connues pour diminuer la dureté superficielle de l'acier.

20

Ledit traitement thermique peut être tel que décrit ci-dessus.

La présente invention concerne en outre un procédé de fabrication d'une ébauche en acier ayant la composition selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comprend :

25

- a) une étape d'élaboration de l'acier;
- b) une étape de transformation de l'acier;
- c) un traitement thermochimique;
- d) et un traitement thermique.

Avantageusement le traitement thermique de l'étape d) du procédé selon la présente invention est tel que décrit ci-dessus.

De façon avantageuse, le traitement thermochimique de l'étape c) du
5 procédé selon la présente invention consiste en un traitement de
cémentation ou de nitruration ou de carbonitruration ou de cémentation
puis de nitruration, avantageusement il s'agit d'un traitement de
cémentation, plus particulièrement permettant un enrichissement en
carbone en surface entraînant une teneur superficielle finale en carbone
10 d'au moins 1% en poids, encore plus avantageusement > 1,1% en poids.

En particulier, l'étape b) du procédé selon la présente invention consiste
en une étape de laminage, de forgeage et/ou de filage, avantageusement
de forgeage. Ces procédés sont bien connus de l'homme du métier.

15

Dans un mode de réalisation avantageux, l'étape a) d'élaboration du
procédé selon la présente invention est mise en œuvre par un procédé
d'élaboration conventionnelle en four à arc avec affinage et refusion sous
laitier conducteur (ESR), ou par un procédé VIM ou VIM-VAR, avec
20 éventuellement une étape de refusion sous laitier conducteur (ESR) et/ou
sous vide (VAR), ou par Métallurgie des poudres telle que l'atomisation par
gaz et la compression par compaction isostatique à chaud (HIP).

Ainsi, l'acier selon la présente invention peut être élaboré par un procédé
VIM-VAR. Ce procédé permet d'obtenir une très bonne propreté
25 inclusionnaire et améliore l'homogénéité chimique du lingot. Il est aussi
possible de procéder à une voie de refusion sous laitier conducteur (ESR :
Electro Slag Remelting) ou de combiner des opérations ESR et VAR
(refusion sous vide).

Cet acier peut être aussi obtenu par Métallurgie des poudres. Ce procédé permet de produire de la poudre métallique de grande pureté par atomisation, de préférence atomisation par gaz permettant d'obtenir de faibles teneurs en oxygène. La poudre est ensuite comprimée par recours
 5 par exemple à une compaction isostatique à chaud (HIP).
 Ces procédés sont bien connus de l'homme du métier.

La présente invention concerne également une ébauche d'acier susceptible d'être obtenue par le procédé selon l'invention. Cette ébauche est faite à
 10 base d'acier ayant la composition selon la présente invention et telle que décrite ci-dessus.

Elle concerne de plus l'utilisation d'une ébauche selon l'invention ou d'une composition d'acier selon l'invention pour la fabrication d'un organe
 15 mécanique ou d'un système d'injection, avantageusement d'un élément de transmission tels qu'un engrenage, un arbre de transmission et/ou un roulement et donc en particulier d'un roulement.

Elle concerne ainsi un organe mécanique, avantageusement un élément de transmission, en particulier un engrenage, un arbre de transmission ou
 20 un roulement, plus particulièrement un roulement ou un engrenage, encore plus particulièrement un roulement, en acier ayant la composition selon l'invention ou obtenu à partir d'une ébauche d'acier selon l'invention.
 Elle concerne enfin un système d'injection en acier ayant la composition selon l'invention ou obtenu à partir d'une ébauche d'acier selon l'invention.
 25 En effet, avec la composition d'acier selon l'invention, il est possible de combiner la haute dureté superficielle et la résistance à l'usure de surface après traitement thermochimique avec une partie cœur du matériau ayant une haute résistance à la fatigue et une haute résistance mécanique.

Ces aciers sont donc utilisables dans des domaines exigeants tels que les roulements pour l'aérospatiale ou les systèmes d'injection.

L'invention sera mieux comprise à la lecture des exemples qui suivent qui sont donnés à titre indicatif non limitatif.

- 5 Dans les exemples, sauf indication contraire, tous les pourcentages sont exprimés en poids, la température est exprimée en degré Celsius et la pression est la pression atmosphérique.

- Exemples :** Sept coulées laboratoires de 9 Kg chacune environ (6 exemples selon l'invention et un exemple comparatif de composition proche de celle du brevet US8157931 : exemple comparatif 1) ont été élaborées par le procédé VIM selon la composition figurant au tableau 1 ci-dessous (en % en poids par rapport au poids total de la composition), le solde étant du Fe:

Tableau 1

Elément	C	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	Si	Mn	Al	N
Exemple 1 : GRADE A	0,18	3,1	3,9	5,1	2,1	1,18	10,0	0,2	0,18	0,023	0,005
Exemple 2 : GRADE B	0,20	3,1	3,9	5,1	2,2	2,96	10,1	0,18	0,21	0,02	0,009
Exemple 3 : GRADE C	0,16	3,1	3,9	5,1	2,1	1,19	10,0	0,21	0,18	0,02	0,009
Exemple 4 : GRADE D	0,16	3,0	4,0	5,1	2,1	2,92	10,1	0,22	0,25	0,016	0,005
Exemple 5 : GRADE E	0,16	3,1	3,9	5,0	2,1	0,01	10,0	0,123	0,2	0,042	0,005
Exemple 6 : GRADE F	0,17	3,1	4,0	5,2	2,2	0,01	12,4	0,17	0,2	0,038	0,006
Exemple comparatif 1 : GRADE G	0,14	3,1	2,1	2,7	1,2	1,32	10,0	0,222	0,16	0,022	0,004

La teneur en Nb est en dessous de la limite de détection. Nb <0,005% pour tous les exemples.

Ces compositions sont très similaires à l'exception de l'exemple comparatif

1. Les principales différences notables entre l'exemple comparatif 1 et
5 l'exemple 1 tiennent à la teneur en V, en Mo et en Cr.

Ces coulées laboratoire ont été transformées en barres de diamètre 40 mm par un procédé de forgeage à chaud sous presse de 2000 T. Des barreaux de diamètre 20 mm ont été usinés dans la barre et cémentés.

- 10 Les barreaux cémentés ont été traités par (1) une mise en solution à 1100°C ou 1150°C, (2) un maintien pendant 15 min à cette température pour austénitisation, (3) un refroidissement sous gaz neutre à une pression comprise entre 2 et 6 bars (2×10^5 et 6×10^5 Pa), (4) une période à température ambiante, (5) un refroidissement à -70°C pendant 2 heures, et (6) 3 revenus à une température de 500°C pendant 1 heure chacun.

- 15 Les profils de dureté superficielle en HV mesurés selon la norme ASTM E384 publiée en aout 2017 des exemples 1 à 6 et de l'exemple comparatif 1 sont indiqués dans les tableaux 2 et 3.

Tableau 2 (mise en solution à 1100°C)

Exemple	Dureté cœur matériau	Dureté à 1 mm de profondeur	Dureté superficielle
Exemple 1 : GRADE A	522	888	936
Exemple 2 : GRADE B	485	863	927
Exemple 3 : GRADE C	542	890	938
Exemple 4 : GRADE D	495	878	934
Exemple 5 : GRADE E	554	880	942
Exemple 6 : GRADE F	567	927	976
Exemple comparatif 1 : GRADE G	576	835	847

Tableau 3 (mise en solution à 1150°C)

Exemple	Dureté cœur matériau	Dureté à 1 mm de profondeur	Dureté superficielle
Exemple 1 : GRADE A	550	888	949
Exemple 2 : GRADE B	543	888	943
Exemple 3 : GRADE C	603	933	957
Exemple 4 : GRADE D	552	904	957
Exemple 5 : GRADE E	612	934	940
Exemple 6 : GRADE F	627	936	988
Exemple comparatif 1 : GRADE G	585	868	878

- Pour toutes les compositions chimiques sauf pour l'exemple comparatif 1, la dureté superficielle après cémentation dépasse 920 HV pour une
- 5 température de mise en solution de 1100°C et dépasse 930 HV pour une température de mise en solution de 1150°C. La dureté à 1 mm de profondeur est toujours supérieure à 860 HV pour une température de mise en solution de 1100°C et est toujours supérieure à 880 HV pour une température de mise en solution de 1150°C pour tous les exemples sauf
- 10 l'exemple comparatif 1 (effet du manque d'éléments d'alliage).
- Les duretés sur matériaux de base sont toutes inférieures à 650 HV.

REVENDICATIONS

1. Composition d'acier comprenant, avantageusement constitué essentiellement de, en pourcentages en poids de la composition totale:

- 5 Carbone : 0,01-0,20 de préférence 0,02-0,18;
 Chrome : 2,5-5,0, de préférence 3,0-4,5;
 Molybdène : 4,0-6,0;
 Tungstène : 0,01-3,0;
 Vanadium : 1,0-3,0, de préférence 1,5-2,5;
 10 Nickel : 2,0-4,0;
 Cobalt : 9,0-12,5, de préférence 9,5-11,0;
 Fer : solde

ainsi que les impuretés inévitables,

optionnellement comprenant en outre, un ou plusieurs des éléments

15 suivants :

- Niobium : $\leq 2,0$;
 Azote : $\leq 0,50$, de préférence $\leq 0,20$;
 Silicium : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;
 Manganèse : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;
 20 Aluminium : $\leq 0,15$, de préférence $\leq 0,10$;

la teneur combinée en Niobium + Vanadium étant comprise dans la gamme 1,0-3,5;

et la teneur en Carbone + Azote étant comprise dans la gamme 0,05-0,50.

25 **2.** Composition d'acier selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend, avantageusement en ce qu'elle est constituée essentiellement de, en pourcentages en poids de la composition totale:

 Carbone : 0,02-0,20, de préférence 0,08-0,18;

Chrome : 3,0-4,5, de préférence 3,5-4,5;

Molybdène : 4,0-6,0, de préférence 4,5-5,5;

Tungstène 0,01 – 3,0;

Vanadium : 1,5-2,5, de préférence 2,0-2,3;

5 Nickel : 2,0-4,0, de préférence 2,5-3,5 ;

Cobalt : 9,5-12,5, de préférence 9,5-10,5;

Fer : solde

ainsi que les impuretés inévitables,

optionnellement comprenant en outre, un ou plusieurs des éléments

10 suivants :

Niobium : $\leq 2,0$;

Azote : $\leq 0,20$;

Silicium : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;

Manganèse : $\leq 0,70$, de préférence 0,05-0,50;

15 Aluminium : $\leq 0,10$;

la teneur combinée en Niobium + Vanadium étant comprise dans la gamme 1,0-3,5;

et la teneur en Carbone + Azote étant comprise dans la gamme 0,05-0,50.

20 **3.** Composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisée en ce qu'elle comprend au plus 1% en poids d'impuretés inévitables, avantageusement au plus 0,5% en poids.

25 **4.** Composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les impuretés inévitables sont choisis parmi le Titane, le Soufre, le Phosphore, le Cuivre, l'Etain, le Plomb, l'Oxygène et leurs mélanges.

5. Composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'elle est cémentable et/ou nitrurable.

6. Composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce qu'elle présente, après un traitement thermochimique, avantageusement de cémentation ou de nitruration ou de carbonitruration ou de cémentation puis de nitruration, suivi d'un traitement thermique, une dureté superficielle supérieure à 67 HRC, en particulier supérieure ou égale à 68 HRC et avantageusement une dureté à 1 mm de profondeur supérieure ou égale à 66 HRC.

7. Composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce qu'elle présente, après un traitement thermochimique, avantageusement de cémentation ou de nitruration ou de carbonitruration ou de cémentation puis de nitruration, suivi d'un traitement thermique, une structure martensitique ayant une teneur d'austénite résiduelle inférieure à 0,5% en poids et exempt de ferrite et de perlite.

8. Composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisée en ce que le traitement thermique comprend une mise en solution à une température comprise entre 1090°C-1160°C suivi d'une trempe avec éventuellement un refroidissement, avantageusement à une température inférieure à -40°C, et plusieurs revenus, avantageusement au moins trois revenus, à une température comprise entre 475°C et 530°C, en particulier de 500°C.

9. Procédé de fabrication d'une ébauche en acier ayant la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend :

- a) une étape d'élaboration de l'acier;
- 5 b) une étape de transformation de l'acier;
- c) un traitement thermochimique;
- d) et un traitement thermique.

10. Procédé de fabrication selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'étape c) consiste en un traitement de cémentation ou de nitruration ou de carbonitruration ou de cémentation puis de nitruration, avantageusement il s'agit d'un traitement de cémentation.

11. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 9 ou 10, caractérisé en ce que l'étape c) consiste en un traitement de cémentation permettant un enrichissement en carbone en surface entraînant une teneur superficielle finale en carbone d'au moins 1% en poids, encore plus avantageusement $> 1,1\%$ en poids.

12. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que l'étape d) comprend une mise en solution à une température comprise entre 1090°C - 1160°C , avantageusement comprise entre 1100°C - 1150°C , suivi d'un maintien à cette température jusqu'à austénitisation complète avec éventuellement un refroidissement à une température inférieure à -40°C , avantageusement de -70°C , et plusieurs revenus, avantageusement au moins trois revenus, à une température comprise entre 475°C et 530°C , en particulier de 500°C .

- 13.** Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, caractérisé en ce que l'étape b) consiste en une étape de laminage, de forgeage et/ou de filage.
- 5 **14.** Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que l'étape a) d'élaboration est mise en œuvre par un procédé d'élaboration conventionnelle en four à arc et avec affinage et refusion sous laitier conducteur (ESR), ou par un procédé VIM ou VIM-VAR, avec éventuellement une étape de refusion sous laitier conducteur
10 (ESR) et/ou sous vide (VAR), ou par Métallurgie des poudres telle que l'atomisation par gaz et la compression par compaction isostatique à chaud (HIP).
- 15.** Ebauche d'acier susceptible d'être obtenue par un procédé selon
15 l'une quelconque des revendications 9 à 14.
- 16.** Utilisation d'une ébauche selon la revendication 15 ou d'une composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 pour la fabrication d'un organe mécanique ou d'un système d'injection,
20 avantageusement d'un roulement.
- 17.** Organe mécanique, avantageusement élément de transmission, en particulier roulement ou engrenage, en acier ayant la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ou obtenu à partir d'une
25 ébauche d'acier selon la revendication 15.

18. Système d'injection en acier ayant la composition selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ou obtenu à partir d'une ébauche d'acier selon la revendication 15.

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

☒ Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

☒ Le demandeur a maintenu les revendications.

☐ Le demandeur a modifié les revendications.

☐ Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

☐ Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

☐ Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

☒ Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

☐ Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

☐ Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

DATABASE WPI
Week 199941
Thomson Scientific, London, GB;
AN 1999-489939
XP002787318,
-& JP H11 210767 A (SENSHIN ZAIRYO RIYO
GENERATOR KENKYUSHO)
3 août 1999 (1999-08-03)

WO 2017/216500 A1 (AUBERT & DUVAL SA [FR];
ERASTEEL [FR])
21 décembre 2017 (2017-12-21)

WO 2015/082342 A1 (ERASTEEL [FR]; AUBERT &
DUVAL SA [FR]) 11 juin 2015 (2015-06-11)

US 5 424 028 A (MALONEY JAMES L [US] ET
AL) 13 juin 1995 (1995-06-13)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT