

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 06.06.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 13.12.24 Bulletin 24/50.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS
Société par actions simplifiée à associé unique — FR.

72 Inventeur(s) : EUVRARD Béatrice Christine, BECK
Guillaume Julien, BECQUERELLE Samuel Raymond
Germain et COURLEUX Alice.

73 Titulaire(s) : SAFRAN TRANSMISSION SYSTEMS
Société par actions simplifiée à associé unique.

74 Mandataire(s) : Casalonga.

54 Pièce présentant une surface externe, ladite surface externe étant recouverte d'un revêtement multicouches.

57 La présente invention porte sur une pièce (1) présentant une surface externe (1a), ladite surface externe (1a) étant recouverte d'un revêtement (2) comprenant au moins :

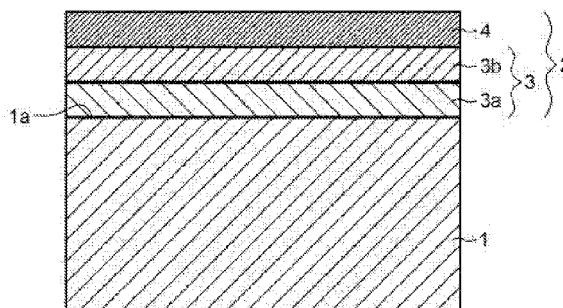
a) une première couche (3), déposée sur la surface externe (1a) de la pièce (1), comprenant au moins deux sous-couches (3a, 3b) :

i) une première sous-couche (3a) en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le cobalt, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges ;

ii) une deuxième sous-couche (3b), déposée sur la première sous-couche (3a), en un matériau comportant au moins deux éléments choisis parmi le chrome, le nickel, le tungstène, le cobalt, le carbone, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges ; et

b) une deuxième couche (4), déposée sur la première couche (3), étant une couche de carbone amorphe.

Figure pour l'abrégié : Fig 1



Description

Titre de l'invention : Pièce présentant une surface externe, ladite surface externe étant recouverte d'un revêtement multicouches

Domaine technique

[0001] L'invention concerne le domaine technique des pièces d'un réducteur de moteur, notamment de moteur d'avion, telles qu'un palier d'un réducteur de moteur d'avion.

Etat de la technique

- [0002] Le rôle d'un réducteur, en particulier un réducteur mécanique est de modifier le rapport de vitesse et de couple entre l'axe d'entrée et l'axe de sortie d'un système mécanique.
- [0003] Les nouvelles générations de turbomachines à double flux, notamment celles ayant un très haut taux de dilution, comportent un réducteur mécanique pour entraîner l'arbre d'une soufflante (aussi appelé fan). De manière usuelle, le réducteur a pour but de transformer la vitesse de rotation dite rapide de l'arbre d'une turbine de puissance en une vitesse de rotation plus lente pour l'arbre entraînant la soufflante.
- [0004] Un tel réducteur comprend un pignon central, appelé solaire, une couronne et des pignons appelés satellites, qui sont en prise entre le solaire et la couronne. Les satellites sont maintenus par un châssis appelé porte-satellites. Le solaire, la couronne et le porte-satellites sont des planétaires car leurs axes de révolution coïncident avec l'axe longitudinal X de la turbomachine. Les satellites ont chacun un axe de révolution différents équirépartis sur le même diamètre de fonctionnement autour de l'axe des planétaires. Ces axes sont parallèles à l'axe longitudinal X.
- [0005] Il existe plusieurs architectures de réducteur. Dans l'état de l'art des turbomachines à double flux, les réducteurs sont de type planétaire ou épicycloïdal. Il existe dans d'autres applications similaires, des architectures dites différentielles ou compound.
- [0006] Sur un réducteur planétaire, le porte-satellites est fixe et la couronne constitue l'arbre de sortie du dispositif qui tourne dans le sens inverse du solaire.
- [0007] Sur un réducteur épicycloïdal, la couronne est fixe et le porte-satellites constitue l'arbre de sortie du dispositif qui tourne dans le même sens que le solaire.
- [0008] Sur un réducteur différentiel, aucun élément n'est fixé en rotation. La couronne tourne dans le sens contraire du solaire et du porte-satellites.
- [0009] Les réducteurs peuvent être composés d'un ou plusieurs étages d'engrènement. Cet engrènement est assuré de différentes façons comme par contact, par friction ou encore par champs magnétique. Il existe plusieurs types d'engrènement par contact comme avec des dentures droites, hélicoïdales ou en chevron.
- [0010] Les paliers d'un réducteur, notamment les paliers lisses d'un réducteur de moteur

d'avion, présentent différents avantages, notamment un encombrement limité, une capacité à supporter des charges radiales élevées, à des vitesses importantes, mais aussi un gain important de fiabilité et en dynamique.

[0011] A l'heure actuelle, les paliers, notamment les paliers lisses d'un réducteur, en particulier d'un moteur d'avion, peuvent être recouverts de revêtements de différentes natures, afin de limiter leur usure, les conséquences du frottement entre pièces mécaniques limitant ainsi les risques de grippage.

[0012] Par exemple, des revêtements de type cupro-plomb ou encore de type cupro-bismuth sont utilisés pour recouvrir la surface de paliers, tels qu'un palier lisse. Les revêtements comprenant un alliage zinc-étain-plomb peuvent également être cités à titre d'exemple. Ces revêtements présentent un module d'Young très inférieur à celui de l'acier, ce qui génère un écaillage du revêtement en cas de déformation du substrat, et limite la durée de vie d'un tel revêtement. De même, le coefficient de dilatation thermique de ces revêtements est très différent de celui de l'acier, ce qui peut générer un écaillage en cas d'échauffement du système.

[0013] Ces revêtements ne donnent donc pas entière satisfaction, en particulier, la limite de grippage est assez faible, les conséquences négatives sont rapidement observées. Ceci réduit donc la longévité de la pièce.

[0014] Il existe donc un besoin réel de fournir une pièce, telle qu'un palier, en particulier un palier lisse, présentant une résistance à l'usure améliorée.

Exposé de l'invention

[0015] A cet effet, la présente invention porte sur une pièce présentant une surface externe, ladite surface externe étant recouverte d'un revêtement comprenant au moins :

[0016] a) une première couche, déposée sur la surface externe de la pièce, comprenant au moins deux sous-couches :

[0017] i) une première sous-couche en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le cobalt, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges ;

[0018] ii) une deuxième sous-couche, déposée sur la première sous-couche, en un matériau comportant au moins deux éléments choisis parmi le chrome, le nickel, le tungstène, le cobalt, le carbone, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges ;

[0019] b) une deuxième couche, déposée sur la première couche, étant une couche de carbone amorphe.

[0020] Grâce à la pièce selon l'invention, une amélioration de la résistance à l'usure est obtenue avec un revêtement présentant un module d'Young et un coefficient de dilatation proches de celui de l'acier, par exemple lors des différents cycles de fonctionnement. De plus, le coefficient de frottement est minimisé grâce à la pièce selon

l'invention. Ainsi, grâce à l'invention, la longévité de la pièce est augmentée.

- [0021] Par ailleurs, grâce aux sous-couches de l'invention, l'adhérence du revêtement à la surface de la pièce est assurée. De plus, en cas d'arrachement, les sous-couches peuvent également jouer le rôle de lubrifiant solide, permettant ainsi de prolonger la durée de vie du revêtement sur la pièce, et donc d'augmenter la durée de vie de la pièce selon l'invention.
- [0022] De préférence, le matériau de la première sous-couche comporte au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges.
- [0023] Avantageusement, le matériau de la deuxième sous-couche comporte au moins deux éléments choisis parmi le chrome, le nickel, le tungstène, le carbone, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.
- [0024] Préférentiellement, la première sous-couche et la deuxième sous-couche sont différentes. En d'autres termes, le matériau de la première sous-couche et le matériau de la deuxième sous-couche sont de préférence de différentes natures.
- [0025] Selon un mode de réalisation préféré, la deuxième couche est une couche de carbone amorphe hydrogéné ou non hydrogéné, de préférence une couche de carbone amorphe hydrogéné.
- [0026] Le carbone amorphe, aussi nommé DLC pour « Diamond Like Carbon » est une famille de revêtement à base d'atomes de carbone.
- [0027] Ainsi, de préférence, la deuxième couche est une couche de carbone amorphe hydrogéné (a-c:H).
- [0028] Grâce à la couche de carbone amorphe, la résistance à l'usure est d'autant plus améliorée et le coefficient de frottement est minimisé.
- [0029] De préférence, le ratio des liaisons carbone-carbone sp^2/sp^3 dans la couche de carbone amorphe va de 1 à 3.
- [0030] Grâce à ce ratio particulier, la résistance à l'usure est d'autant plus améliorée.
- [0031] Avantageusement, le revêtement présente une épaisseur allant de 0,5 μm à 50 μm .
- [0032] Selon un mode de réalisation préféré, la dureté de la deuxième couche est supérieure ou égale, plus préférentiellement strictement supérieure, à la dureté de la première couche.
- [0033] Avantageusement, la dureté de la deuxième couche est supérieure ou égale, plus préférentiellement strictement supérieure, à la dureté de la deuxième sous-couche.
- [0034] Ainsi, de préférence, le revêtement présente un gradient de dureté et de préférence un gradient de module.
- [0035] Le revêtement présente de préférence une dureté allant de 1000 à 4000 Hv (dureté Vickers). La dureté Vickers est déterminée de façon expérimentale par nano-indentation ou micro-duromètre, selon une méthode classique bien connue de l'homme

du métier.

[0036] Le revêtement présente de préférence un module d'Young allant de 170 à 250 GPa. Le module d'Young est déterminé de façon expérimentale par nano-indentation.

[0037] Selon un mode de réalisation particulier, la première couche comprend en outre :

[0038] iii) une troisième sous-couche, déposée sur la deuxième sous-couche, en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[0039] Avantageusement, la dureté de la deuxième couche est supérieure ou égale, plus préférentiellement strictement supérieure, à la dureté de la troisième sous-couche.

[0040] Selon un autre mode de réalisation particulier, la première couche comprend en outre :

[0041] iv) une quatrième sous-couche, déposée sur la troisième sous-couche, en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[0042] Avantageusement, la dureté de la deuxième couche est supérieure ou égale, plus préférentiellement strictement supérieure, à la dureté de la quatrième sous-couche.

[0043] Selon encore un autre mode de réalisation particulier, la première couche comprend en outre :

[0044] v) une cinquième sous-couche, déposée sur la quatrième sous-couche, en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[0045] Avantageusement, la dureté de la deuxième couche est supérieure ou égale, plus préférentiellement strictement supérieure, à la dureté de la cinquième sous-couche.

[0046] Avantageusement, la pièce est un palier, tel qu'un palier lisse.

[0047] Un autre objet de l'invention est un procédé de fabrication de la pièce selon l'invention comprenant les étapes suivantes :

[0048] (a) fournir une pièce selon l'invention présentant une surface externe ;

[0049] (b) former sur la surface externe au moins la première sous-couche et la deuxième sous-couche pour obtenir la première couche, telles que définies précédemment ;

[0050] (c) former sur la première couche la deuxième couche telle que définie précédemment pour obtenir le revêtement.

[0051] La présente invention a également pour objet un aéronef comprenant au moins une pièce selon l'invention telle que définie ci-avant.

Brève description des dessins

[0052] D'autres buts, avantages et caractéristiques ressortiront de la description qui va suivre, donnée à titre purement illustratif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- [0053] [Fig.1] représente une pièce présentant une surface externe étant recouverte d'un revêtement multicouches selon un premier mode de réalisation conforme à l'invention ;
- [0054] [Fig.2] représente une pièce présentant une surface externe étant recouverte d'un revêtement multicouches selon un deuxième mode de réalisation conforme à l'invention ;
- [0055] [Fig.3] représente une pièce présentant une surface externe étant recouverte d'un revêtement multicouches selon un troisième mode de réalisation conforme à l'invention ;
- [0056] [Fig.4] représente une pièce présentant une surface externe étant recouverte d'un revêtement multicouches selon un quatrième mode de réalisation conforme à l'invention.
- [0057] Dans ce qui va suivre, les bornes d'un domaine de valeurs sont comprises dans ce domaine, notamment dans les expressions « compris entre ... et ... » et « ... de ... à ... ».
- [0058] Par ailleurs, l'expression « au moins un » utilisée dans la présente description est équivalente à l'expression « un ou plusieurs ».

Exposé détaillé de modes de réalisation

- [0059] La [Fig.1] illustre une pièce 1 présentant une surface externe 1a qui est recouverte d'un revêtement 2 selon un premier mode de réalisation selon l'invention.
- [0060] Le revêtement 2 comprend une première couche 3, déposée sur la surface externe 1a de la pièce 1, et une deuxième couche 4 déposée sur la première couche 3.
- [0061] La première couche 3 comprend une première sous-couche 3a en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le cobalt, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges. La première sous-couche 3a est déposée sur la surface externe 1a de la pièce 1.
- [0062] De préférence, le matériau de la première sous-couche 3a comporte au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges.
- [0063] Le matériau de la première sous-couche 3a peut être un métal, un métal dopé ou une céramique contenant du chrome, un alliage de nickel, tel qu'un alliage chrome-nickel ou encore un alliage nickel-phosphore, un mélange d'azote et de chrome, tel que du nitrure de chrome.
- [0064] La première couche 3 comprend en outre une deuxième sous-couche 3b, déposée sur la première sous-couche 3a, en un matériau comportant au moins deux éléments choisis parmi le chrome, le nickel, le tungstène, le cobalt, le carbone, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.
- [0065] Le matériau de la deuxième sous-couche 3b peut être un alliage de nickel, tel qu'un alliage chrome-nickel, un mélange d'azote et de chrome, un mélange de carbone et tungstène, tel que du carbure de tungstène.
- [0066] De plus, le matériau de la deuxième sous-couche 3b peut être dopé avec un élément,

tel que du carbone ou un élément métallique, tel que du silicium, du chrome ou du titane.

[0067] La première sous-couche 3a et la deuxième sous-couche 3b peuvent être différentes. De préférence, elles sont différentes. En d'autres termes, le matériau de la première sous-couche 3a et le matériau de la deuxième sous-couche 3b sont de préférence de différentes natures.

[0068] Par exemple, si le matériau de la première sous-couche 3a est en un alliage chrome-nickel, alors le matériau de la deuxième sous-couche 3b sera un matériau différent de l'alliage chrome nickel dans ce mode de réalisation.

[0069] Avantageusement, la deuxième couche 4 est une couche de carbone amorphe hydrogéné ou non hydrogéné, de préférence une couche de carbone amorphe hydrogéné (a-c:H).

[0070] Préférentiellement le ratio des liaisons carbone-carbone sp^2/sp^3 dans la deuxième couche 4 va de 1 à 3.

[0071] Préférentiellement, le revêtement 2 présente une épaisseur allant de 0,5 μm à 50 μm .

[0072] La pièce 1 comprenant le revêtement 2 selon l'invention peut être fabriquée selon un procédé comprenant les étapes suivantes :

[0073] (a) fournir la pièce 1 présentant la surface externe 1a ;

[0074] (b) former sur la surface externe 1a la première sous-couche 3a et la deuxième sous-couche 3b pour obtenir la première couche, telles que définies précédemment.

[0075] Les sous-couches 3a et 3b sont par exemple déposées par dépôt physique en phase vapeur (PVD) ou par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD (« Plasma-enhanced chemical vapor deposition ») ou PAVCD (« Plasma assisted chemical vapor deposition »)) ; la deuxième couche 4 est déposée par PACVD ou PECVD pour obtenir un meilleur état de surface et une vitesse de dépôt plus élevée.

[0076] (c) former sur la première couche la deuxième couche telle que définie précédemment pour obtenir le revêtement.

[0077] La [Fig.2] illustre une pièce 1 présentant une surface externe 1a qui est recouverte d'un revêtement 2 selon un deuxième mode de réalisation selon l'invention.

[0078] Tout comme la pièce 1 telle que décrite dans le premier mode de réalisation, le revêtement 2 comprend une première couche 3, déposée sur la surface externe 1a de la pièce 1, et une deuxième couche 4 déposée sur la première couche 3.

[0079] La première couche 3 comprend également au moins une première sous-couche 3a et une deuxième sous-couche 3b.

[0080] Les mêmes modes préférentiels tels que décrits dans le premier mode de réalisation sont valables pour ce deuxième mode de réalisation.

[0081] La première couche 3 comprend en outre une troisième sous-couche 3c, déposée sur la deuxième sous-couche 3b, en un matériau comportant au moins un élément choisi

parmi le chrome, le nickel, le cobalt, le phosphore, le titane, le silicium, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[0082] Dans ce deuxième mode, la deuxième couche 4 est déposée sur la troisième sous-couche 3c.

[0083] La [Fig.3] illustre une pièce 1 présentant une surface externe 1a qui est recouverte d'un revêtement 2 selon un troisième mode de réalisation selon l'invention.

[0084] Tout comme la pièce 1 telle que décrite dans le deuxième mode de réalisation, le revêtement 2 comprend une première couche 3, déposée sur la surface externe 1a de la pièce 1, et une deuxième couche 4 déposée sur la première couche 3.

[0085] La première couche 3 comprend également au moins une première sous-couche 3a, une deuxième sous-couche 3b et une troisième sous-couche 3c.

[0086] Les mêmes modes préférentiels tels que décrits dans les premier et deuxième modes de réalisation sont valables pour ce troisième mode de réalisation.

[0087] La première couche 3 comprend en outre une quatrième sous-couche 3d, déposée sur la troisième sous-couche 3c, en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[0088] Dans ce troisième mode, la deuxième couche 4 est déposée sur la quatrième sous-couche 3d.

[0089] La [Fig.4] illustre une pièce 1 présentant une surface externe 1a qui est recouverte d'un revêtement 2 selon un quatrième mode de réalisation selon l'invention.

[0090] Tout comme la pièce 1 telle que décrite dans le troisième mode de réalisation, le revêtement 2 comprend une première couche 3, déposée sur la surface externe 1a de la pièce 1, et une deuxième couche 4 déposée sur la première couche 3.

[0091] La première couche 3 comprend également au moins une première sous-couche 3a, une deuxième sous-couche 3b, une troisième sous-couche 3c et une quatrième sous-couche 3d.

[0092] Les mêmes modes préférentiels tels que décrits dans les premier, deuxième et troisième modes de réalisation sont valables pour ce quatrième mode de réalisation.

[0093] La première couche 3 comprend en outre une cinquième sous-couche 3e, déposée sur la quatrième sous-couche 3d, en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le cobalt, le phosphore, l'azote, le titane, le silicium, leurs alliages et leurs mélanges.

[0094] Dans ce quatrième mode, la deuxième couche 4 est déposée sur la cinquième sous-couche 3e.

Exemple

[0095] Cinq pièces en acier ont été utilisées, dénommées dans la suite pièces 1 à 5.

[0096] Des essais pions disques ont été réalisés suivant les normes DIN 50324-07, ASTM

G99-05 ou ISO 18535, générant les résultats disponibles dans le Tableau 1.

[0097] Tous les pions sont en acier faiblement allié et présentent une surface rectifiée, avec les particularités du Tableau 1. Les disques sont tous identiques, en acier faiblement allié avec une surface rectifiée.

[0098] La pièce 1 a subi un traitement thermochimique de durcissement superficiel.

[0099] La pièce 2 a été utilisée telle quelle et n'a pas subi de traitement thermochimique.

[0100] Les pièces 3 à 5 ont été recouvertes de revêtements de différentes natures.

L'ensemble des informations peut être trouvé dans le tableau 1 ci-dessous.

[0101] [Tableaux1]

Pièce	1	2	3	4	5
Traitement thermique	OUI	NON	-	-	-
Revêtement	-	-	CuPb ₁₈ Sn	CuPb	Revêtement multicouche typique de l'application

[0102] Ainsi, les pièces 1 à 4 sont des pièces comparatives. La pièce 5 est une pièce selon l'invention, revêtue d'une couche de carbone amorphe avec sous-couches d'une épaisseur de 0,5 µm à 50 µm, par PVD et PACVD.

[0103] Puis ces pièces ont été soumises à un test afin d'évaluer le taux d'usure.

[0104] Les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous. Le taux d'usure est exprimé en µm/s.

[0105] [Tableaux2]

Pièce	1	2	3	4	5
Taux d'usure (µm/s)	0,5	2,5	1,4	0,25	0,05

[0106] Il apparaît clairement que la pièce 5 selon l'invention présente un taux d'usure significativement moins élevé que celui des pièces 1 à 4 comparatives.

[0107] Ainsi, la pièce selon l'invention permet d'améliorer la résistance à l'usure.

Revendications

- [Revendication 1] Pièce (1) présentant une surface externe (1a), ladite surface externe (1a) étant recouverte d'un revêtement (2) comprenant au moins :
- a) une première couche (3), déposée sur la surface externe (1a) de la pièce (1), comprenant au moins deux sous-couches (3a, 3b) :
 - i) une première sous-couche (3a) en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le cobalt, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges ;
 - ii) une deuxième sous-couche (3b), déposée sur la première sous-couche (3a), en un matériau comportant au moins deux éléments choisis parmi le chrome, le nickel, le tungstène, le cobalt, le carbone, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges ;
 - b) une deuxième couche (4), déposée sur la première couche (3), étant une couche de carbone amorphe.
- [Revendication 2] Pièce selon la revendication 1, caractérisé en ce que le matériau de la première sous-couche (2a) comporte au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le phosphore, l'azote, le niobium, leurs alliages et leurs mélanges.
- [Revendication 3] Pièce selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le matériau de la deuxième sous-couche (2b) comporte au moins deux éléments choisis parmi le chrome, le nickel, le tungstène, le carbone, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.
- [Revendication 4] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première sous-couche (3a) et la deuxième sous-couche (3b) sont différentes.
- [Revendication 5] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la deuxième couche (4) est une couche de carbone amorphe hydrogéné ou non hydrogéné, de préférence une couche de carbone amorphe hydrogéné.
- [Revendication 6] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ratio des liaisons carbone-carbone sp^2/sp^3 dans la deuxième couche (4) va de 1 à 3.
- [Revendication 7] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le revêtement (2) présente une épaisseur allant de 0,5 μm à 50 μm .
- [Revendication 8] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première couche (3) comprend en outre :

iii) une troisième sous-couche (3c), déposée sur la deuxième sous-couche (3b), en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[Revendication 9] Pièce selon la revendication 8, caractérisé en ce que la première couche (3) comprend en outre ;

iv) une quatrième sous-couche (3d), déposée sur la troisième sous-couche (3c), en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[Revendication 10] Pièce selon la revendication 9, caractérisé en ce que la première couche (3) comprend en outre :

v) une cinquième sous-couche (3e), déposée sur la quatrième sous-couche (3d), en un matériau comportant au moins un élément choisi parmi le chrome, le nickel, le titane, le silicium, le cobalt, le phosphore, l'azote, leurs alliages et leurs mélanges.

[Revendication 11] Pièce selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la pièce (1) est un palier.

[Revendication 12] Procédé de fabrication d'une pièce (1) telle que définie à l'une quelconque des revendications précédentes comprenant les étapes suivantes :

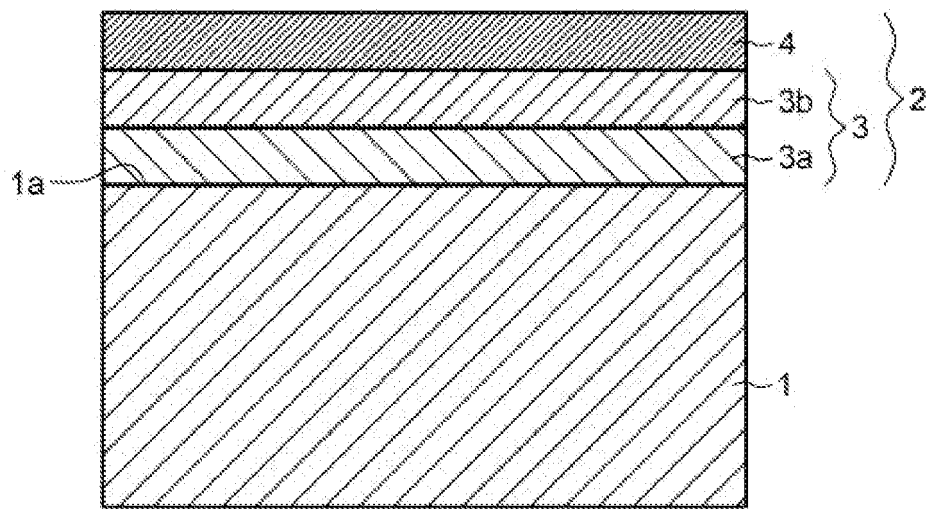
(a) fournir une pièce (1) présentant une surface externe (1a) ;

(b) former sur la surface externe (1a) au moins la première sous-couche (3a) et la deuxième sous-couche (3b) pour obtenir la première couche (3) ;

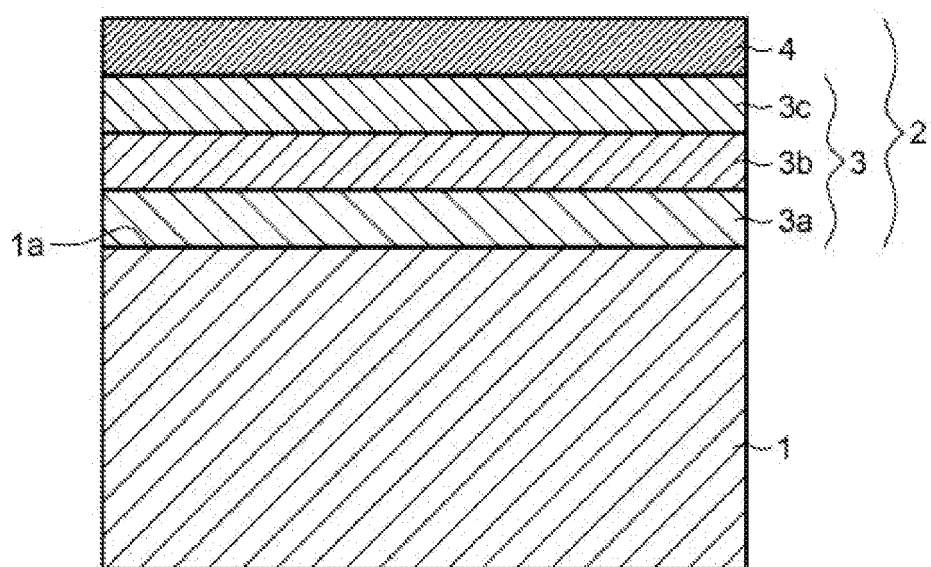
(c) former sur la première couche (3) la deuxième couche (4) pour obtenir le revêtement (2).

[Revendication 13] Aéronef comprenant au moins une pièce (1) telle que définie à l'une quelconque des revendications 1 à 11.

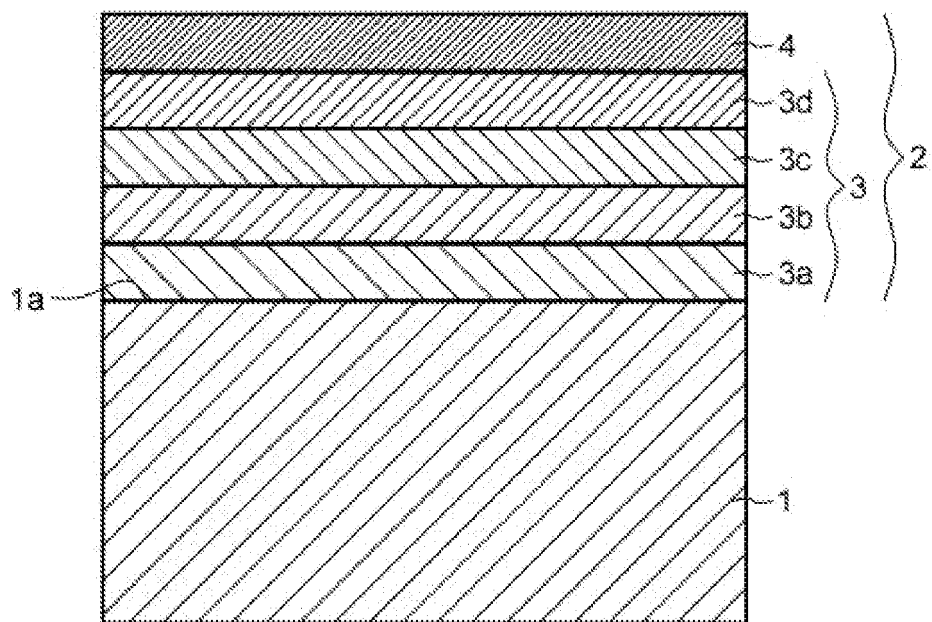
[Fig. 1]



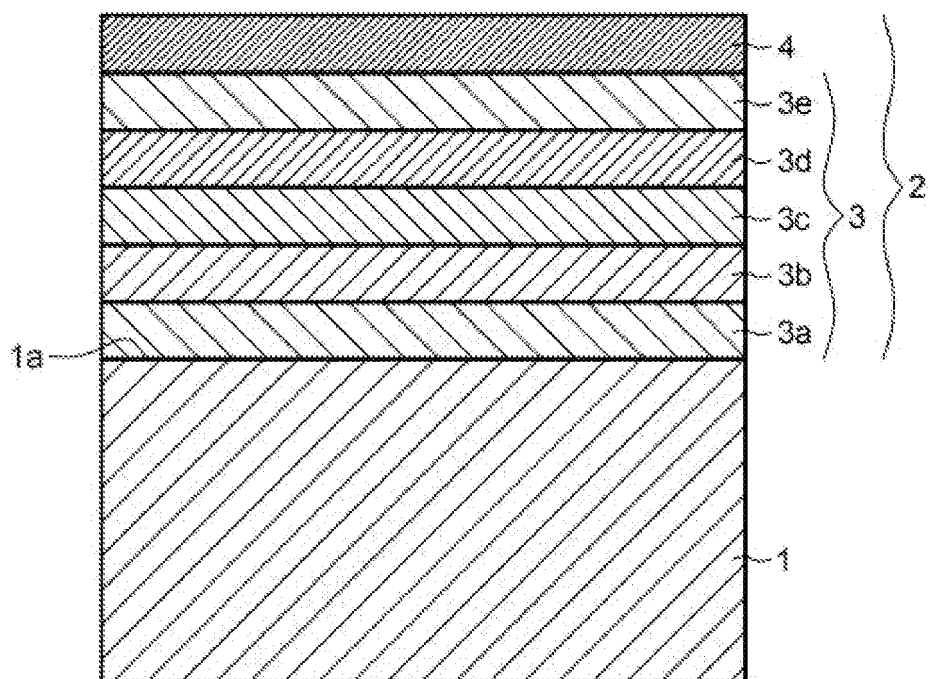
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 922181
FR 2305682

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X Y A	US 2012/270064 A1 (OKAMOTO SHINYA [JP] ET AL) 25 octobre 2012 (2012-10-25) * revendications 1-8 * * alinéas [0007] - [0011], [0029] - [0037] * * alinéas [0042] - [0046] * * alinéas [0054] - [0062], [0068] - [0072]; tableau 1 * -----	1-5, 7, 11, 12 13 6, 8-10	C23C 28/00 C23C 30/00
X	US 2014/178637 A1 (RAJAGOPALAN SRINIVASAN [US] ET AL) 26 juin 2014 (2014-06-26) * revendications 1-8, 14, 15-20, 31-56 * * alinéas [0072] - [0088] * * alinéas [0091] - [0098] * * alinéas [0118] - [0125] * -----	1-13	
X A	US 9 759 322 B2 (MAHLE METAL LEVE SA [BR]; MAHLE INT GMBH [DE]) 12 septembre 2017 (2017-09-12) * revendications 1-12, 14, 20 * * colonne 4, ligne 13 - ligne 67 * * colonne 5, ligne 38 - colonne 7, ligne 5 * -----	1-7, 11-13 8-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	EP 3 892 895 A1 (SIMON ADRIEN LOUIS [FR] ET AL) 13 octobre 2021 (2021-10-13) * revendications 1, 9 * * abrégé * -----	13	C23C F02C F01D
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
24 janvier 2024		Ovejero, Elena	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305682 FA 922181**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **24-01-2024**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2012270064 A1	25-10-2012	CN 102747324 A	24-10-2012	
		JP 2012224043 A	15-11-2012	
		US 2012270064 A1	25-10-2012	

US 2014178637 A1	26-06-2014	AU 2013364110 A1	09-07-2015	
		BR 112015009709 A2	04-07-2017	
		CA 2890522 A1	26-06-2014	
		CN 104870692 A	26-08-2015	
		EP 2938754 A1	04-11-2015	
		MY 185121 A	30-04-2021	
		RU 2015123296 A	27-01-2017	
		US 2014178637 A1	26-06-2014	
WO 2014099211 A1	26-06-2014			

US 9759322 B2	12-09-2017	BR 102012003607 A2	29-10-2013	
		CN 104271802 A	07-01-2015	
		EP 2814999 A1	24-12-2014	
		US 2015018254 A1	15-01-2015	
		WO 2013120157 A1	22-08-2013	

EP 3892895 A1	13-10-2021	CN 113531059 A	22-10-2021	
		EP 3892895 A1	13-10-2021	
		FR 3109194 A1	15-10-2021	
		US 2021317788 A1	14-10-2021	
