

## DESCRIPTION

L'invention concerne, de manière générale, les pièces de moteur avec une zone de combustion dont la température atteint au moins 1600°C. L'invention concerne notamment une pièce de turbine, comme une aube de turbine ou un habillage d'une chambre de combustion. L'invention concerne également des éléments de pompe utilisés dans des moteurs de fusée, ou d'autres pièces de moteur qui sont utilisées à des températures très élevées, par exemple l'habillage de la section d'échappement d'un moteur à turbine à gaz.

De telles pièces moteur sont utilisés dans des matériaux à même de résister à ces températures élevées. En particulier, ces pièces de moteur peuvent être réalisées dans un superalliages (une catégorie bien connue d'alliages de cobalt et de nickel spécialement adaptés à une utilisation à des températures élevées).

Toutefois, les superalliages ont un point de fusion inférieur à 1600°C. Il est donc nécessaire de protéger le superalliage contre de telles hautes températures.

Une approche, utilisée uniquement pour les aubes de turbine, consiste à ménager des ouvertures dans la pièce concernée et à refroidir celui-ci au moyen de l'air qui circule par les ouvertures. Ce type de refroidissement à air peut refroidir la pièce, mais n'est habituellement pas à lui seul suffisant.

Une autre approche consiste à utiliser une couche thermiquement isolante d'oxyde céramique, souvent réalisée en oxyde de zirconium. Le terme "oxyde céramique" est utilisé par différents fabricants de turbines pour désigner différents groupes de matériaux. Dans la présente demande de brevet, le terme désigne les oxydes de métaux dont la température de fusion est supérieure à 1600°C.

Néanmoins, les coefficients de dilatation thermique des superalliages et de l'oxyde de zirconium diffèrent de manière importante. Par conséquent, lorsqu'une pièce de moteur dotée d'un revêtement qui est réalisée dans un superalliage chauffe, le superalliage se dilate dans une proportion qui diffère de celle du revêtement. Cela entraîne des contraintes au niveau de l'interface entre le superalliage et le revêtement, et des parties du revêtement finissent par se détacher. Il est alors nécessaire de remplacer la pièce.

D1 propose une solution à ce problème. D1 propose d'utiliser, entre l'oxyde céramique et le superalliage, une couche d'adhésion qui contient du nickel et/ou du cobalt et, de 10 à 50 % en poids, de l'aluminium. La durée de vie des pièces décrites dans le document D1 est améliorée, mais d'autres améliorations sont nécessaires.

Par ailleurs, D2 propose un procédé et un appareil pour revêtir des métaux de couches d'oxyde céramique par évaporation par faisceau d'électron. L'appareil de revêtement a été employé avec succès pour déposer un revêtement de sécurité sur une aube de turbine réalisée dans un superalliage. De tels revêtements de sécurité sont utilisés dans un but de protection contre les pièces contrefaites. Une couche très mince (d'environ 1 micromètre) d'oxyde de zirconium est déposée sur la base de l'aube de turbine à 950°C. Ce revêtement a une microstructure colonnaire, dans laquelle les colonnes sont perpendiculaires à la surface de la pièce, des intervalles étant présents entre les colonnes. Ces intervalles peuvent être chargés avec un mélange unique d'ions de terres rares. Le client peut identifier ce mélange et, par conséquent, s'assurer de l'authenticité de la pièce. Si cela est souhaité, le revêtement peut être enlevé à l'aide d'un plasma avant que la pièce soit utilisée.

L'isolation thermique d'un tel revêtement est insuffisant. Un tel revêtement n'est donc pas adapté pour être utilisé dans des pièces de moteurs avec une zone de combustion dont la température atteint au moins 1600°C.

L'invention vise à pallier les inconvénients susmentionnés.

Selon un aspect, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 1.

Il a été constaté de manière surprenante que la couche d'oxyde de métaux ayant une épaisseur d'au moins 25 micromètres et présentant une microstructure colonnaire protège les superalliages contre les hautes températures d'une manière aussi efficace que les couches d'oxyde de métaux traditionnelles, telles que décrit dans D1 notamment. En outre, les espaces entre les colonnes permettent au revêtement de se déformer lorsque le substrat et l'oxyde céramique se dilatent sous l'effet de la chaleur, et cela génère beaucoup moins de contraintes.

Ainsi, une pièce telle que proposée est solide et résistante et convient pour être utilisée dans un moteur avec une zone de combustion dont la température atteint au moins 1600°C.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 2. Dans ce cas la durée de vie de la pièce dotée du revêtement augmentera de manière importante. De préférence, la couche d'adhésion est composée d'un alliage de nickel ou de cobalt, l'alliage contenant en outre, de 10 à 50% en poids, d'aluminium et jusqu'à 25% en poids, de chrome et/ou d'yttrium.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 3.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 4. De la sorte la pièce de moteur pèse moins, ce qui constitue un avantage important si la pièce est destinée à être utilisée dans des moteurs d'avions.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 5.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 6.

Dans un mode de réalisation avantageux, il est proposé une pièce de moteur selon la revendication 7. De la sorte, le poids de la pièce n'est pas trop élevé.

Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de fabrication d'une pièce de moteur selon la revendication 8. De préférence, le procédé comprend également un entraînement en rotation continu de la pièce à l'intérieur de la chambre à vide mise sous vide.

Dans un mode de mise en oeuvre avantageux, il est proposé un procédé selon la revendication 9.

Dans un mode de mise en oeuvre avantageux, il est proposé un procédé selon la revendication 10.

Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de fabrication d'une pièce de moteur selon la revendication 11.

Dans un mode de mise en oeuvre avantageux, il est proposé un procédé selon la revendication 12.

Dans un mode de mise en oeuvre avantageux, il est proposé un procédé selon la revendication 13.

Dans un mode de mise en oeuvre avantageux, il est proposé un procédé selon la revendication 14.

Selon un autre aspect, il est proposé un procédé de fabrication d'une aube de turbine selon la revendication 15.

Il est également proposé une aube de turbine comprenant :

- une paroi formée d'un substrat en superalliage,
- un revêtement recouvrant la paroi et comportant une couche d'oxyde de métaux dont la température de fusion est supérieure à 1600°C, la couche d'oxyde de métaux présentant une épaisseur d'au moins 25 micromètres, caractérisée en ce que la paroi délimite une partie centrale creuse, et en ce que la couche d'oxyde de métaux est composée de colonnes formées dudit oxyde de métaux, les colonnes étant espacées les unes des autres et étant orientées selon un angle compris entre 75° et 105° par rapport au substrat et en ce que des ouvertures sont ménagées dans la paroi et le revêtement entre les colonnes de la couche d'oxyde de métaux, les ouvertures débouchant sur la partie centrale creuse.

## REVENDEICATIONS

1. Pièce de moteur comprenant :

- un substrat (11, 21) en superalliage,
- un revêtement recouvrant le substrat et comportant une couche d'oxyde de métaux (13, 23) dont la température de fusion est supérieure à 1600°C, la couche d'oxyde de métaux présentant une épaisseur d'au moins 25 micromètres, caractérisée en ce que la couche d'oxyde de métaux (13, 23) est composée de colonnes (14a, 14b, 14c, 24a, 24b) formées dudit oxyde de métaux, les colonnes étant espacées les unes des autres et étant orientées selon un angle compris entre 75° et 105° par rapport au substrat (11, 21).

2. Pièce de moteur selon la revendication 1, dans lequel le revêtement comporte en outre une couche d'adhésion (12, 22) ayant un coefficient de dilatation thermique dont la valeur est comprise entre celle du superalliage et celle de l'oxyde de métaux.

3. Pièce de moteur selon la revendication 2, dans laquelle la couche d'adhésion (12, 22) présente une épaisseur comprise entre 10 et 200 micromètres.

4. Pièce de moteur selon la revendication 1, dans lequel le revêtement est disposé directement sur le substrat (11, 21).

5. Pièce de moteur selon des revendications 1 à 4, dans laquelle chaque colonne (24a, 24b) de la couche d'oxyde de métaux (13, 23) est formée par un empilement de grains dudit oxyde de métaux aplatis (26a, 26b, 26c).

6. Pièce de moteur selon l'une des revendications 1 à 5, dans laquelle l'oxyde de métaux est choisi parmi un oxyde de zirconium, un oxyde d'aluminium, un oxyde de titane et un oxyde ayant une structure pyrochlore.

7. Pièce selon l'une des revendications 1 à 6, dans laquelle la couche d'oxyde de métaux (13, 23) présente une épaisseur inférieure ou égale à 2 millimètres.

8. Procédé de fabrication d'une pièce de moteur comprenant :

- une fixation d'une pièce présentant un substrat (11) en superalliage à un support,
- un placement de la pièce de moteur dans une chambre à vide avec une source d'oxyde de métaux dont la température de fusion est supérieure à 1600°C,
- une mise sous vide de la chambre à vide,
- un chauffage de la pièce à une température comprise entre 920°C et 1050°C,
- une formation d'un revêtement recouvrant le substrat (11), la formation du revêtement comportant :
  - o une formation d'une couche (13) dudit oxyde de métaux par évaporation dudit oxyde de métaux en chauffant la source d'oxyde de métaux à l'aide d'un faisceau d'électrons, la couche d'oxyde de métaux étant composée de colonnes (14a, 14b, 14c, 24a, 24b) formées dudit oxyde de métaux, les colonnes étant espacées les unes des autres et étant orientées selon un angle compris entre 75° et 105° par rapport au substrat (11,

21),

caractérisé en ce que la couche d'oxyde de métaux présente une épaisseur d'au moins 25 micromètres.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la chambre à vide comprend également une souce, dite source d'adhésion, ayant un coefficient de dilatation thermique dont la valeur est comprise entre celle du superalliage et celle de l'oxyde de métaux, et dans lequel la formation du revêtement comporte en outre une formation d'une couche d'adhésion (12) interposée entre le substrat (11) et la couche d'oxyde de métaux (13), la couche d'adhésion (12) étant formée par évaporation de la source d'adhésion, en chauffant la pièce à une température comprise entre 800°C et 900°C.

10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, dans lequel l'oxyde de métaux est un oxyde de zirconium, et dans lequel on chauffe la pièce à une température comprise entre 950°C et 1000 °C.

11. Procédé de fabrication d'une pièce de moteur, comprenant :

- une obtention d'une pièce présentant un substrat (11, 21) en superalliage,

- une formation d'un revêtement recouvrant le substrat (11, 21), la formation comportant une formation d'une couche continue d'oxyde de métaux présentant une épaisseur d'au moins 25 micromètres,

caractérisé en ce que la formation du revêtement comprend en outre un usinage du revêtement adapté pour former, à partir de la couche continue d'oxyde de métaux, une couche d'oxyde de métaux (13, 23) composée de colonnes (14a, 14b, 14c, 24a, 24b) formées dudit oxyde de métaux et présentant une épaisseur d'au moins 25 micromètres, les colonnes étant espacées les unes des autres et étant orientées selon un angle compris entre 75° et 105° par rapport au substrat (11, 21).

12. Procédé selon la revendication 12, dans lequel la formation du revêtement comprend une formation d'une couche d'adhésion entre le substrat (11, 21) et la couche d'oxyde de métaux (13, 23), la couche d'adhésion ayant un coefficient de dilatation thermique dont la valeur est comprise entre celle du superalliage et celle de l'oxyde de métaux.

13. Procédé selon la revendication 13, dans lequel la couche d'adhésion et la couche continue d'oxyde de métaux sont formées par pulvérisation au plasma.

14. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel la couche d'oxyde de métaux composée de colonnes est obtenue en usinant la couche continue d'oxyde de métaux par laser.

15. Procédé de fabrication d'une aube de turbine, comprenant les étapes d'un procédé selon la revendication 14, de façon à obtenir une paroi de substrat en superalliage recouverte dudit revêtement et dans lequel on forme des ouvertures (31a, 31b, 31c) ménagées dans la paroi et le revêtement par laser avec les colonnes de la couche d'oxyde de métaux, et dans lequel on donne une forme creuse à l'aube de turbine de façon à obtenir une partie centrale creuse sur laquelle débouchent lesdites ouvertures.