

Notes relatives au tableau – Méthodes de dépôt

1. Les termes 'procédé de revêtement', désignent aussi bien le revêtement initial que les retouches ou remises en état du revêtement.
2. Les termes 'revêtement d'aluminure allié' couvrent les revêtements réalisés en un ou plusieurs stades dans lesquels un ou des éléments sont déposés avant ou pendant l'application du revêtement d'aluminure, même si ce dépôt est effectué par un autre procédé de revêtement. Ces termes ne couvrent pas l'usage multiple de procédés de cémentation en caisse en un seul stade pour réaliser des aluminures alliés.
3. Les termes 'revêtement d'aluminure modifié par un métal noble' couvrent les revêtements réalisés en plusieurs stades dans lesquels le ou les métaux nobles sont déposés par un autre procédé de revêtement avant l'application du revêtement d'aluminure.
4. Les termes 'Leurs mélanges' couvrent les matériaux infiltrés, les compositions graduées, les dépôts simultanés et dépôts multicouches et sont obtenus par un ou plusieurs des procédés de revêtement énumérés dans le tableau ci-dessus.
5. MCrAlX désigne un alliage de revêtement où m équivaut à du cobalt, du fer, du nickel ou à des combinaisons de ces éléments, et x à du hafnium, de l'yttrium, du silicium, du tantale en toute quantité ou à d'autres adjonctions intentionnelles de plus de 0,01 % en poids en proportions et combinaisons\* diverses, à l'exclusion :
  - a. des revêtements de CoCrAlY contenant moins de 22 % en poids de chrome, moins de 7 % en poids d'aluminium et moins de 2 % en poids d'yttrium;
  - b. des revêtements de CoCrAlY contenant 22 à 24 % en poids de chrome, 10 à 12 % en poids d'aluminium et 0,5 à 0,7 % en poids d'yttrium; ou
  - c. des revêtements de NiCrAlY contenant 21 à 23 % en poids de chrome, 10 à 12 % en poids d'aluminium et 0,9 à 1,1 % en poids d'yttrium.
6. Les termes 'alliages d'aluminium' désignent des alliages ayant une résistance à la traction maximale égale ou supérieure à 190 MPa, mesurée à une température de 293 K (20°C).
7. Les termes 'acier anticorrosion' désignent les aciers de la série AISI (American Iron and Steel Institute) 300 ou les aciers correspondant à une norme nationale équivalente.
8. Les 'métaux réfractaires et leurs alliages' comprennent les métaux suivants et leurs alliages : niobium (columbium), molybdène, tungstène et tantale.
9. Les 'matériaux pour fenêtres de capteurs' sont les suivants : alumine, silicium, germanium, sulfure de zinc, séléniure de zinc, arséniure de gallium, diamant, phosphore de gallium, saphir et les halogénures métalliques suivants : matériaux pour fenêtres de capteurs ayant un diamètre supérieur à 40 mm : le fluorure de zirconium et le fluorure d'hafnium.
10. La «technologie» afférente à la cémentation en caisse en une seule phase de profils de voilure d'une seule pièce n'est pas visée par la Catégorie 2.
11. Les 'polymères' suivants : polyimides, polyesters, polysulfures, polycarbonates et polyuréthanes.
12. Par 'zircons modifiés', on entend des zircons ayant subi des additions d'autres oxydes métalliques (oxydes de calcium, de magnésium, d'yttrium, de hafnium ou de terres rares) afin de stabiliser certaines phases cristallographiques et compositions de ces phases. Les revêtements servant de barrière thermique constitués de zircons, modifiés à l'aide d'oxyde de calcium ou de magnésium par mélange ou fusion, ne sont pas visés.
13. Les 'alliages de titane' désignent seulement des alliages utilisés dans l'aérospatiale, ayant une résistance à la traction maximale égale ou supérieure à 900 MPa, mesurée à 293 K (20 °C).
14. Les 'verres à faible dilatation' désignent des verres ayant un coefficient de dilatation thermique égal ou inférieur à  $1 \times 10^{-7}$  K<sup>-1</sup> mesuré à 293 K (20 °C).
15. Les 'couches diélectriques' sont des revêtements composés de plusieurs couches de matériaux isolants dans lesquelles les propriétés d'interférence d'un ensemble de divers matériaux ayant des indices de réfraction différents sont utilisées pour réfléchir, transmettre ou absorber différentes bandes de longueurs d'onde. Les couches diélectriques renvoient à plus de quatre couches diélectriques ou couches «composites» diélectrique/métal.
16. Le carbure de tungstène cémenté ne comprend pas les matériaux d'outils de coupe et de formage consistant en carbure de tungstène/(cobalt, nickel), en carbure de titane/(cobalt, nickel), en carbure de chrome/nickel-chrome et en carbure de chrome/nickel.
17. La «technologie» spécialement conçue pour le dépôt de carbone de type diamant sur tout matériau de la liste qui suit n'est pas contrôlée : lecteurs de disquettes et têtes de lecture magnétiques, lunettes en polycarbonate, équipement pour la fabrication de produits jetables, matériel de boulangerie, valves de robinet, diaphragmes acoustiques pour haut-parleurs, pièces de moteur pour automobiles, outils de coupe, matrices de presse-poinçonneuse, lentilles de haute qualité conçues pour les appareils-photo et les télescopes, équipement de bureautique, microphones ou instruments médicaux.
18. Le terme 'carbure de silicium' ne comprend pas les matériaux pour outils de coupe et outils de forme.
19. Les termes 'substrats céramiques', tels qu'utilisés dans cet article, ne comprennent pas les matériaux céramiques contenant 5% en poids ou plus d'argile ou de ciment, sous forme de composants séparés ou combinés.

Note technique relative au tableau :

Les procédés spécifiés dans la colonne 1 du tableau ci-dessus sont définis comme suit :

- a. Le dépôt en phase vapeur par procédé chimique (CVD) est un procédé de revêtement par recouvrement ou revêtement par modification de surface par lequel un métal, un alliage, un matériau «composite», un diélectrique ou une céramique est déposé sur un substrat chauffé. Les gaz réactifs sont réduits ou combinés au voisinage du substrat, ce qui entraîne le dépôt du matériau élémentaire, de l'alliage ou du composé souhaité sur le substrat. L'énergie nécessaire à cette décomposition ou réaction chimique peut être fournie par la chaleur du substrat, par un plasma à décharge lumineuse ou par un rayonnement «laser».

N.B. :

1. Le dépôt en phase vapeur par procédé chimique comprend les procédés suivants : dépôt hors caisse à flux de gaz dirigé, dépôt en phase vapeur par procédé chimique pulsatoire, dépôt thermique par nucléation contrôlée, dépôt en phase vapeur par procédé chimique amélioré par plasma ou assisté par plasma.
  2. Le terme caisse désigne un substrat plongé dans un mélange de poudres.
  3. Les gaz réactifs utilisés dans le procédé hors caisse sont obtenus à l'aide des mêmes réactions et paramètres élémentaires qu'avec le procédé de cémentation en caisse, à ceci près que le substrat à revêtir n'est pas en contact avec le mélange de poudres.
  - b. Le dépôt en phase vapeur par procédé physique par évaporation thermique (TE-PVD) est un procédé de revêtement par recouvrement exécuté dans un vide, à une pression inférieure à 0,1 Pa, par lequel une source d'énergie thermique est utilisée pour la vaporisation du matériau de revêtement. Ce procédé donne lieu à la condensation ou au dépôt du matériau évaporé sur des substrats disposés de façon adéquate. L'addition de gaz à la chambre sous vide pendant le processus de revêtement afin de synthétiser les revêtements composés constitue une variante courante du procédé. L'utilisation de faisceaux d'ions ou d'électrons ou de plasma, pour activer ou assister le dépôt du revêtement est également une variante courante. On peut également utiliser des instruments de contrôle pour mesurer en cours de processus les caractéristiques optiques et l'épaisseur des revêtements. Les techniques spécifiques de dépôt en phase vapeur par procédé physique par évaporation thermique sont les suivantes :
    1. dépôt en phase vapeur par procédé physique par faisceau d'électrons, qui fait appel à un faisceau d'électrons pour chauffer le matériau constituant le revêtement et en provoquer l'évaporation;
    2. dépôt en phase vapeur par procédé physique par chauffage par résistance et assisté par procédé ionique, qui fait appel à des sources de chauffage par résistance électrique en combinaison avec un ou des faisceaux ioniques incidents pour produire un flux contrôlé et uniforme du matériau évaporé;
    3. vaporisation par «laser» qui utilise des faisceaux «lasers» pulsés ou en ondes entretenues pour vaporiser le matériau constituant le revêtement;
    4. dépôt par arc cathodique qui utilise une cathode fusible du matériau constituant le revêtement et qui émet une décharge d'arc provoquée à la surface par le contact momentané d'un déclencheur mis à la masse. Les mouvements contrôlés de la formation d'arc attaquent la surface de la cathode, ce qui crée un plasma fortement ionisé. L'anode peut être soit un cône fixé à la périphérie de la cathode par l'intermédiaire d'un isolant, soit la chambre elle-même. La polarisation du substrat sert au dépôt hors de portée visuelle.
- N.B. :  
 Cette définition ne s'applique pas au dépôt par arc cathodique aléatoire avec des substrats non polarisés.
5. Le placage ionique est une modification spéciale d'une technique générale de dépôt en phase vapeur par procédé physique par évaporation thermique (TE-PVD) par laquelle une source d'ions ou un plasma est utilisé pour ioniser le matériau à déposer, une polarisation négative étant appliquée au substrat afin de faciliter l'extraction, hors du plasma, du matériau. L'introduction de matériaux réactifs, l'évaporation de solides à l'intérieur de la chambre de traitement, ainsi que l'utilisation d'instruments de contrôle pour mesurer en cours de processus les caractéristiques optiques et l'épaisseur des revêtements sont des variantes ordinaires de ce procédé.
  - c. La cémentation en caisse est un procédé de revêtement par modification de surface ou revêtement par recouvrement, par lequel un substrat est plongé dans un mélange de poudres (caisse) comprenant :
    1. les poudres métalliques à déposer (généralement de l'aluminium, du chrome, du silicium ou des combinaisons de ces métaux);
    2. un activateur (généralement un sel haloïde); et
    3. une poudre inerte (la plupart du temps de l'alumine).
 Le substrat et le mélange de poudres sont placés dans une cornue qui est portée à une température comprise entre 1 030 K (757°C) et 1 375 K (1 102°C) pendant un temps suffisant pour permettre le dépôt du revêtement.
  - d. La pulvérisation de plasma est un procédé de revêtement par recouvrement par lequel un canon (chalumeau vaporisateur) produisant et contrôlant un