

FONCTIONNALISATION DE SURFACE

► DESCRIPTIF/DÉFINITION

Les propriétés d'emploi des matériaux dépendent de plus en plus de leur composition superficielle. L'industrie s'est en effet attachée, au cours des trente dernières années notamment, à développer des revêtements et des traitements permettant, par des moyens mécaniques, physiques, chimiques ou électrochimiques, d'obtenir à la surface d'un matériau la modification de sa nature, de sa composition, de sa structure ou de l'état de ses contraintes superficielles, sans modifier ni altérer ses caractéristiques à cœur. Les traitements de surface permettent donc d'améliorer les propriétés de surface d'un matériau pour conférer aux produits une plus grande valeur ajoutée en les rendant plus résistants à la corrosion, à l'oxydation, à l'usure et au frottement, et plus performants thermiquement et électriquement, en améliorant leur aptitude au soudage ou simplement leur aspect, etc. On peut ainsi, en protégeant un acier au carbone par un revêtement de zinc, une passivation et un système de peintures, lui conférer une résistance à la corrosion tout en gardant d'excellentes propriétés mécaniques, comme c'est, par exemple, le cas des tôles automobiles.

Le développement de tels traitements a nécessité la mise en place d'outils d'étude et de contrôle afin d'aboutir à des produits fiables et reproductibles.

Compte tenu de l'essor de l'industrie des traitements de surface, l'analyse et d'une façon plus large la caractérisation des surfaces ont aujourd'hui une nécessité dans de nombreux domaines : corrosion, oxydation, passivation, catalyse, usure, frottement, lubrification, diffusion, adsorption, adhérence, conductivité thermique et électrique, photovoltaïque, etc. Suivant le problème étudié et les propriétés concernées, la définition du terme surface peut varier de façon très importante, depuis la stricte monocouche ou multicouches (de quelques micromètres d'épaisseur) jusqu'à des couches atteignant plusieurs dizaines de micromètres ou plus, de 50 à 100 μm d'épaisseur d'alumine (Al_2O_3) par exemple, après traitement d'anodisation dure sur une pièce en aluminium.

Il existe une grande variété de méthodes d'analyse disponibles, dont certaines sont essentiellement utilisées dans les centres de recherche universitaires ou les centres techniques. On constate toutefois que la localisation des appareils s'est considérablement étendue suite aux nombreux développements réalisés et qu'elle dépend aujourd'hui d'une part du degré de sophistication et d'avancement de la technique, et d'autre part, de la valeur ajoutée du produit analysé. Cependant, si l'on exclut le domaine de la microélectronique, peu de méthodes sont adaptées au contrôle des surfaces industrielles, à partir du moment où l'on souhaite une information rapide sur un grand nombre d'éléments et pour des épaisseurs de couches très variables, ce qui est souvent le cas après les traitements ou les revêtements. Par ailleurs, la qualité des échantillons ne permet pas toujours l'obtention d'un vide poussé (porosité, rugosité importante, présence de résidus organiques, etc.).

► ENJEUX (AVANTAGES)

Sur le plan économique

- Améliorer les propriétés de surface d'un matériau pour conférer aux produits une plus grande valeur ajoutée en les rendant plus résistants à la corrosion, à l'oxydation, à l'usure et au frottement, et plus performants thermiquement et électriquement en améliorant leur aptitude au soudage ou simplement leur aspect, etc.
- Élargir l'offre industrielle par des produits novateurs et différenciateurs.
- Possibilité de « reconverter » des produits en leur donnant une autre fonction et s'ouvrir ainsi de nouveaux marchés.
- Limiter l'usure, et par voie de conséquence la chaleur à évacuer, réduit considérablement les coûts de maintenance.

Sur le plan technologique

- Mise en place d'outils d'étude et de contrôle afin d'aboutir à des produits fiables et reproductibles.

FONCTIONNALISATION DE SURFACE

- Attribuer de nouvelles fonctions aux matériaux, pour répondre à des objectifs multiples d'utilisation (frottement, étanchéité, design esthétique, électrique, optique, hydrophobie et oléophobie, antireflet, adhérence, antibactérien, anti-contrefaçon, anticorrosion, antigivrage, anti-graffiti, anti-rayure, ignifugation, nettoyabilité...).
- Possibilité de combiner des fonctions.
- Augmenter la durabilité de l'intégrité des surfaces vis-à-vis des sollicitations de service.
- Diminuer le coût énergétique de fonctionnement par des caractéristiques tribologiques maîtrisées.

► LES CLÉS DE LA RÉUSSITE

Au niveau technologique

- Maîtriser la grande variété de méthodes d'analyse disponibles.
 - > Le choix de la technologie permettant d'obtenir la caractéristique voulue implique une réflexion spécifique pour trouver le meilleur compromis matériaux-caractéristiques-procédés-contrôle, en particulier lors de la recherche de propriétés innovantes.
 - > Le matériau de base ainsi que ceux d'apport, s'il y en a, doivent être parfaitement maîtrisés. La dispersion statistique des caractéristiques initiales ne doit pas trop perturber le résultat final, ou du moins, permettre de se focaliser uniquement sur la dispersion obtenue par le procédé de fonctionnalisation.

Au niveau numérique

L'emploi d'outils de simulation multi-physique permet

d'anticiper les problèmes, d'optimiser les outillages et le réglage des paramètres. Par exemple, la simulation du traitement thermique donne la possibilité de décrire préventivement le profil de dureté, les profils de concentration, le niveau et l'orientation des contraintes résiduelles et le niveau de déformation. La simulation de croissance des couches minces permet de prévoir la structure et la morphologie de surfaces d'un dépôt selon les conditions d'élaboration appliquées, donc intrinsèquement, sa composition chimique et certaines de ses propriétés mécaniques et structurales.

Au niveau des compétences à mobiliser, des connaissances et de la formation

- Besoins en maîtrise des procédés de collage et de leur évolution, et aux méthodes de contrôles de ces procédés en termes d'état de surface et de propriétés fonctionnelles de ces surfaces.
- Les compétences à mobiliser dépendent des procédés de fonctionnalisation et des modes de contrôle. La plupart font néanmoins appel à des connaissances maîtrisées en physique-chimie ainsi qu'à des techniques de contrôle et de mesure de type laboratoire (caractérisation micro/nano, etc...).

Les questions à se poser

- Est-ce que les performances mécaniques et en fatigue de mes pièces sont suffisantes ?
- Puis-je reconvertir un produit en lui donnant une autre fonction et m'ouvrir ainsi de nouveaux marchés ?
- Quelles sont les procédés de fonctionnalisation de surface qui me sont accessibles de façon économique et technologique ?

► MATURITÉ DE L'OFFRE

| | | | | | |
|----------|-------------|--------|--------|----------|----------|
| Émergent | Laboratoire | Prouvé | Mature | Fréquent | Pervasif |
|----------|-------------|--------|--------|----------|----------|

► LIENS UTILES

Contributeur : Arts et Métiers (Corinne Nouveau, LABOMAP)