

Fonctionnalisation de surface

Description / Définition

Optimisation et/ou ajout de caractéristiques de surface sur une pièce métallique ou polymère pour en améliorer les propriétés et les performances ou lui conférer de nouvelles fonctions.

Les technologies de fonctionnalisation de surface se répartissent en trois grandes familles :

- Revêtements, traitements de surface et fonctionnalisation par voie liquide : traitement chimique, procédés électrolytiques en milieux aqueux ou en liquides ioniques, électrophorèse, dépôts électrochimiques composites, sol-gel chargés...
- Revêtements, films minces, traitements de surface et fonctionnalisation par voie sèche : Plasma, vapeur (PVD, CVD, CVI, ...), rayonnements ionisants, traitements thermiques, traitements thermochimiques (nituration, cémentation, carbonituration), projection de poudre (Cold Spray)...
- Micro-nanostructuration de surface par voie physique : texturation et structuration à différentes échelles par laser, grenailage, Skin-Pass, micro-usinage, etc.

Enjeux (avantages)

Sur le plan économique

- Elargir 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

- Doter 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, anti-givrage, 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. Un tiers de la consommation d'énergie des transports sert à vaincre les frottements (Centre de Recherche VTT Finlande et Argonne National Laboratory).

Sur le plan de la transformation de l'entreprise

Certains traitements peuvent être intégrés directement dans les lignes de production comme le traitement par induction, qui peut même être intégré dans la machine directement. Des essais concluants de cémentation en ligne de fabrication en Allemagne (EMA Indutec GmbH), en remplaçant une enceinte de grandes dimensions par plusieurs chambres plus petites, ont montré qu'un gain important en flexibilité était possible. Il s'ensuit donc un gain de place et une reconfiguration des lignes de production.

Sur le plan environnemental, sociétal

La fonctionnalisation de surface permet d'obtenir des produits plus en accord avec les critères de développement durable : diminution des puissances absorbées, hybridation, downsizing, nouveaux concepts de combustion, diminution des masses...

Les procédés actuels innovants utilisent moins de matériaux. Par exemple, le procédé ZeroFlow de nituration gazeuse (Seco/Warwick) fonctionne uniquement avec NH₃ et

sa consommation totale de gaz est divisée par quatre comparativement aux autres procédés.

Les clés de la réussite

Aux niveaux technologique

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, si 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 physiques 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.

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

Les compétences à mobiliser dépendent des procédés de fonctionnalisation et des modes de contrôle. La plupart font quand même appel à des connaissances maîtrisées en physique/chimie, 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 reconverter 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 et de l'adoption

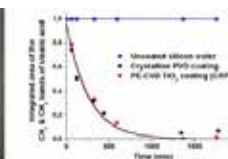
Emergent	Laboratoire	Prouvé	Mature	Fréquent	Répandu
----------	-------------	--------	--------	----------	---------

La maturité de l'offre varie selon le procédé à mettre en œuvre.

Illustrations



Atmospheric pressure plasma torch for the deposition of SiO₂-TiO₂ coatings on large surfaces and/or complex shapes



Kinetics of degradation of stearic acid by an as-deposited PE-CVD (red) and a PVD crystalline (black) TiO₂ coatings

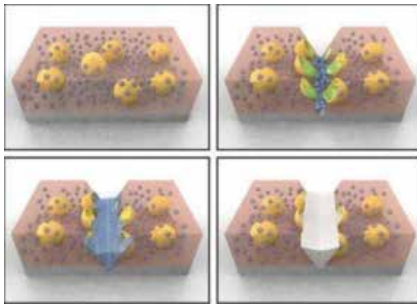
Dépôt par plasma atmosphérique de SiO₂-TiO₂ autonettoyant (Source : LIST, LU)



Stent revêtu de polymère antibactérien PVP



Implantation ionique sur implants et prothèses (parties métalliques et polymères). Procédé Bodycote Implantec qui permet, à basse température, d'introduire en extrême surface pratiquement n'importe quel élément chimique.



Revêtement cicatrisant : les capsules de catalyseur (jaune) et de polymère (bleu) se brisent. Le liquide polymérise et emplit la rayure (Université d'Illinois).

Liens utiles

Contributeurs

Cetim : Centre Technique des Industries Mécaniques

<http://www.cetim.fr>

Organismes professionnels concernés

FIM : Fédération des Industries Mécaniques

<http://www.fim.net/fr/sites-fim/accueil>

Centres de ressources et de compétences nationaux

CETIM/CETIMAT

<http://www.cetim.fr/fr/Actualites/En-France/A-la-une/Un-laboratoire-commun-pour-fonctionnaliser-les-surfaces>

IREPA LASER

<http://www.irepa-laser.com/fr/micro-usinage>

CIRIMAT

<http://www.cirimat.cnrs.fr/spip.php?article77>

MICA

http://www.carnot-mica.fr/competences_rares.html

MINES-PARISTECH

<http://www.mat.mines-paristech.fr/Recherche/Equipes-scientifiques/SIP/Themes/>