



EDITO

Par **Frédéric MEUNIER**

L'année 2020 ne fut pas une année phare, c'est certain ! Nous souhaitons tous l'oublier au plus vite et regarder vers l'avenir.

Le « Staff » A3TS (que ce soit au niveau national ou local) est convaincu que nous sortirons grandis de cette période. En effet, la « misère » de nos relations sociales et professionnelles depuis mars 2020 est à l'opposé de ce qui fait l'ADN de notre association. Réseau, convivialité et amitiés.

L'A3TS est connue et reconnue pour la qualité et l'apport indéniable de ses relations humaines. Nous souhaitons toutes et tous « nous retrouver » ensemble pour à nouveau échanger. Je suis sûr que pour toutes et tous, le Congrès de Marseille est attendu avec impatience... Peu de vos fournisseurs et clients bénéficient de votre part d'une telle « impatience » pour un long déplacement N'est-ce pas 😊 ?

Je crois que nous saurons trouver le dosage idéal entre le présentiel et le distanciel pour le futur de votre association. D'ores et déjà, des formations sont disponibles en distanciel ; par exemple le nouveau concept des *B-a -Ba* : format à la fois court et synthétique qui permet de rafraichir les connaissances, ou de s'initier à un domaine technique.

Nous évoluons, nous nous renouvelons et nous progressons ; Covid ou pas Covid !

Votre soutien compte plus que jamais en cette période de transition, par l'engagement dans les projets en cours et par le règlement de votre cotisation.

Portez-vous bien et bonne lecture. On garde le « Contact » !

A très bientôt !

LA VEILLE EN UNE PAGE

Quoi de neuf dans le dernier semestre : les plus assidus liront les analyses de la cinquantaine de publications. Pour ceux qui voudraient saisir l'essentiel rapidement, voici le plus important en une page, sélectionné par le Cetim:

| | Très intéressant | Incontournable | |
|---|---|--|--|
| Procédé | Efficienc e améliorée | Propriétés améliorées | Applications améliorées |
| Revêtements chimiques | Ni sur particules TiH ₂ pour mousses d'aluminium | Ni nanocristallin multicouches à usure 3,5 x plus faible Dépôts avec particules B ₄ C, TiO ₂ , ZrO ₂ pour tribologie | Ni-B pour énergies renouvelables |
| Revêtements électrolytiques | | Maillage biomimétique hydrophobe et antibactérien par électrodéposition Ni-Cu anticorrosion | Dépôt nanocomposite Ni-W/SiC pour automobile Dépôt biocompatible pour implants |
| Liquides ioniques | | LI pour inhiber la formation de biofilms LI pour protection de l'acier (3 articles) | Sol-gel pour implants (2 articles) |
| Traitements thermiques / thermochimiques | Effet de la nitruration sur la topographie de surface | Texturation laser/nitruration (2 articles) | Traitement US et nitruration de générateurs de vapeur |
| DLC / dépôts sous vide | TaN nanostructuré par PCM | Projection SPS TiO ₂ + DLC superhydrophobe (aéro) | CrN sur segments de pistons automobiles |
| Projection thermique | Boruration d'Inconel 625 après HVOF | Projection Si superhydrophobe et oléophobe (pétrole, auto) Revêtements anti-givre lubrifiés par projection de matières premières hybrides | Revêtement composite 7075Al/TiB ₂ réalisé par Cold Spray (aéro) |
| Traitement des alliages légers | Traitements sur magnésium: MAO/NiP; Ni-P/Ni-P-TiO ₂ ; Ni-P/nano-SiC; V-Mn Ni-P; PEO TiN (5 articles) | | |
| Peintures | | Revêtements polymères nanocomposites anticorrosion, antiallure, auto-cicatrisation | Polyuréthanes sans isocyanate pour aéro |
| Fabrication additive | Prédiction de la rugosité par apprentissage machine | Post-traitements comparés Dépôt Ag-Cu pour conductivité électrique et anticorrosion Résistance à la corrosion d'un revêtement Ni-P post-FA | Post-traitements TA6V aéro Traitement US pour gradient de structure (implants) |
| Traitements des effluents | Traitement alternatif d'alliages Zn-Ni | Récupération de P et de Ni en nickelage chimique Recyclage de Cu en TS | Traitement des eaux usées par électrocoagulation (auto) Extraction de Pd (auto) |

Publications

« Les articles dont les liens n'apparaissent pas sont issus d'une recherche sur les serveurs STN. Les références sont intégralement données (titre de la revue, date, numéro, pages...). Les références des auteurs et leurs coordonnées ont été limitées aux 2 premiers auteurs, les lecteurs qui souhaiteraient l'ensemble des références et adresses éventuelles des laboratoires peuvent le demander à l'A3TS »

REVÊTEMENTS CHIMIQUES

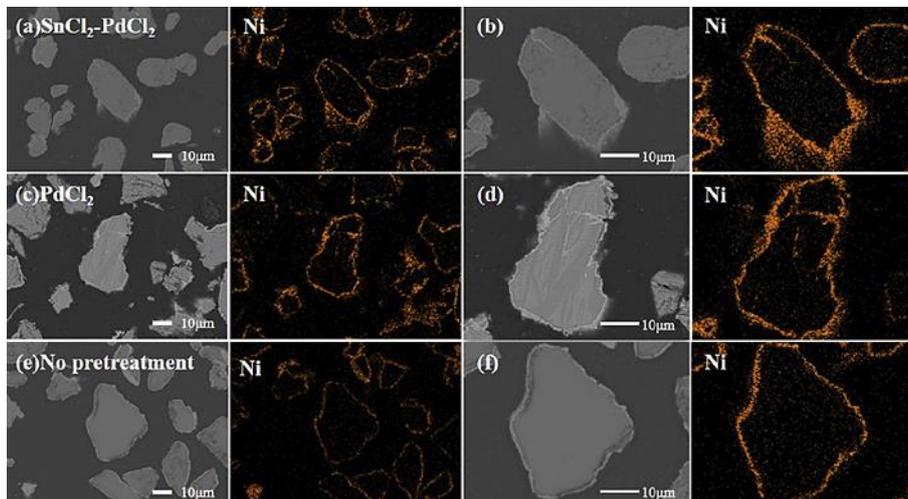
Rôle des différents procédés de prétraitement dans le dépôt de nickel chimique sur des particules de TiH₂ dans un bain simplifié (Role of various pretreatment processes in electroless nickel deposition on TiH₂ particles with a simple plating bath)

P. Tang, S. W. Jiang - Department of Materials Engineering, Key Laboratory of Liaoning Provincial College for New Materials and Material Modification, Dalian Polytechnic University, Dalian, 116034, CN
Journal of Alloys and Compounds, Volume 825, 5 June 2020

Du nickel chimique a été déposé avec succès sur des particules de TiH₂ à l'aide d'un simple bain qui ne contient qu'un sel de nickel NiCl₂ et un réducteur puissant, le diméthylamine borane (DMAB). L'effet de divers procédés de prétraitement a été étudié. Les trois différents procédés de prétraitement sont les suivants :

- (1) prétraitement en deux étapes avec sensibilisation au SnCl₂ suivi d'une activation au PdCl₂ (SnCl₂-PdCl₂),
- (2) activation unique au PdCl₂,
- (3) aucun prétraitement (dépôt direct sans courant).

Les caractéristiques des poudres de TiH₂ avant et après le dépôt de nickel ont été analysées par microscopie à balayage électronique à émission de champ (FE-SEM), spectrométrie à dispersion d'énergie (EDS) et diffraction des rayons X (XRD). Il a été constaté qu'à l'exception du procédé traditionnel de prétraitement SnCl₂-PdCl₂, le prétraitement par activation unique au PdCl₂ et le dépôt direct de nickel par voie non électrique sans aucun prétraitement peuvent tous deux conduire à l'obtention d'une couche de nickel continue et homogène sur les poudres de TiH₂. Cela peut être dû à la surface de la poudre fortement chargée négativement avec un très faible point isoélectrique (P.I.E.) qui favorise l'adsorption de Ni²⁺ du bain de traitement sur la surface de la poudre. D'autre part, le puissant agent réducteur DMAB facilite la réduction des ions Ni²⁺ même sans catalyse Pd. Ce travail fournit une méthode simplifiée et alternative pour le revêtement de nickel chimique sur des poudres de TiH₂ pour les mousses d'aluminium.



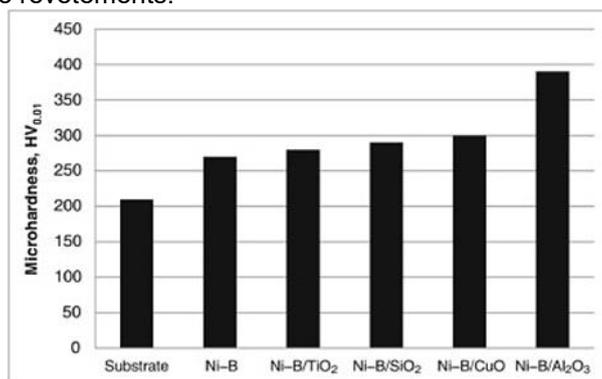
Revêtements chimiques Ni-B et composites : examen critique sur les mécanismes de formation, les propriétés, les applications et les tendances à venir (Electroless Ni-B and composite coatings: A critical review on formation mechanism, properties, applications and future trends)

Q. Barati (a), Seyed Mohammad Mehdi Hadavi (b) - a Ferdowsi University of Mashhad, IR; b Tarbiat Modares University, Tehran, IR

Surfaces and Interfaces, Volume 21, December 2020

En raison de leurs propriétés uniques, les revêtements chimiques sont largement utilisés pour créer des revêtements uniformes et efficaces. Parmi les revêtements qui peuvent être réalisés par procédé autocatalytique, le revêtement Ni-B, en raison de ses excellentes propriétés telles qu'une bonne résistance à la corrosion, une grande résistance à l'usure, une dureté élevée, sa possible utilisation comme électrocatalyseur pour la production d'énergies renouvelables, a récemment attiré l'attention de nombreux chercheurs. Les travaux ont permis d'améliorer leur

résistance à l'usure et d'ouvrir la voie à leur utilisation dans la production d'énergies renouvelables. En raison des propriétés attractives mentionnées, un article de synthèse complet a semblé nécessaire et utile pour acquérir des connaissances approfondies sur le mécanisme de formation, la microstructure, la composition chimique et les stratégies d'amélioration (résistance à la corrosion, propriétés tribologiques, domaines d'application) de ces revêtements. Cet article s'attache notamment à passer en revue ces nouvelles stratégies et les tendances futures pour l'amélioration de ce type de revêtements.



Revue de synthèse du comportement tribologique de revêtements multicouches autocatalytiques

(Tribological characteristics of electroless multilayer coating: A review)

Sunny Kumar Tushar Banerjee, Dharmendra Patel - Department of Production and Industrial Engineering, NIT Jamshedpur, Jharkhand 831014, IN

materialstoday:Proceedings, 4 May 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320328224>

Les propriétés requises au cœur et à la surface des composants industriels peuvent être de nature différente et conflictuelle : faible coefficient de frottement couplé à une résistance à l'usure et à la corrosion importante.... La demande de solutions pour différents scénarios industriels complexes ne cesse d'augmenter. Ces propriétés « contradictoires » peuvent être obtenues en déposant une couche de revêtement appropriée sur la surface d'un composant. Ces dernières années, on a assisté à une forte augmentation du nombre d'articles de recherche dans le domaine de la synthèse, de la caractérisation et de l'évaluation des performances des dépôts chimiques qui constituent un moyen rentable de réaliser un revêtement mince combinant une dureté suffisamment élevée, un faible coefficient de frottement ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion. Toutefois, ces propriétés sont rarement obtenues à partir d'une architecture de revêtement à couche unique. Les revêtements duplex ou multicouches ont donc été conceptualisés et synthétisés. La couche située immédiatement après le substrat peut agir comme une couche d'adhérence, sur laquelle il est possible de superposer une couche supérieure présentant des caractéristiques anti-usure ou anticorrosion. La structure multicouches offre également une meilleure résistance à la corrosion que le revêtement monocouche, en raison de la variation du potentiel de corrosion entre les différentes couches. L'ajout de particules céramiques telles que B₄C, TiO₂, ZrO₂ dans la couche supérieure modifie la microstructure, les propriétés mécaniques et le comportement tribologique de ce type de dépôts. Le présent article passe en revue les propriétés des revêtements chimiques multicouches et fait la démonstration de leur supériorité par rapport aux revêtements monocouche.

Impact d'une approche multicouche sur le comportement en tribocorrosion de revêtements de nickel chimique nanocristallin obtenus par différents modes de déposition

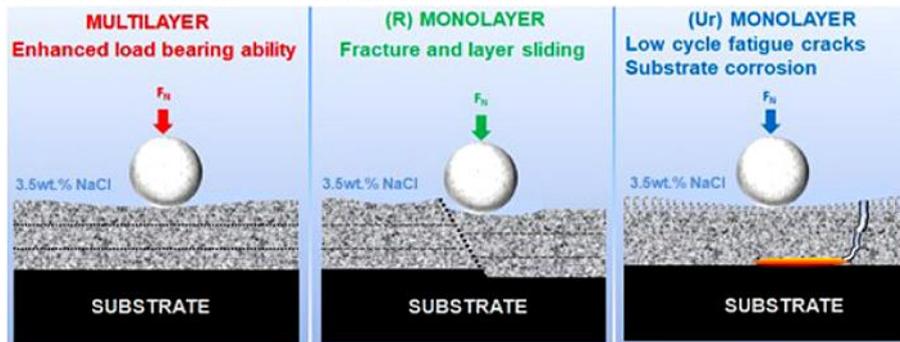
(Impact of the multilayer approach on the tribocorrosion behaviour of nanocrystalline electroless nickel coatings obtained by different plating modes)

A. Salicio-Paz (ab), A. Dalmau (a) - a CIDETEC, ES; b Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona, ES; c Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA), ES

Wear, Volumes 456–457, 15 September 2020

Ce travail vise à étudier le comportement en tribocorrosion des revêtements de nickel chimique fabriqués par trois moyens différents. Les revêtements multicouches ont été produits en empilant successivement trois couches de NiP ayant la même teneur en phosphore (P). Cela a été réalisé en interrompant le procédé de déposition après la croissance de chaque couche pour nettoyer l'échantillon et effectuer une régénération chimique de l'électrolyte. À des fins de comparaison, deux revêtements monocouches différents ont été produits de manière continue. L'un d'entre eux a subi une régénération chimique de l'électrolyte (monocouche R) alors qu'aucune action n'a été entreprise sur l'autre pendant la durée totale du dépôt (monocouche Ur). Les résultats ont montré que tous les revêtements présentaient des volumes d'usure similaires lors d'essais d'usure à sec au cours desquels les revêtements monocouche Ur ont développé des fissures de fatigue qui ont traversé l'épaisseur du revêtement. Des tests de tribocorrosion ont été effectués dans une solution de NaCl à 3,5% en poids et ont montré la formation de tribocouches dans toutes les conditions étudiées. En outre, les revêtements monocouches présentaient des fissures de fatigue et des volumes d'usure plus importants que les revêtements multicouches. La présence d'interphases dans les revêtements multicouches permet d'améliorer leur capacité de charge. Ainsi, les revêtements multicouches supportent mieux la contrainte dérivée de la charge normale appliquée et du mouvement de glissement pendant les

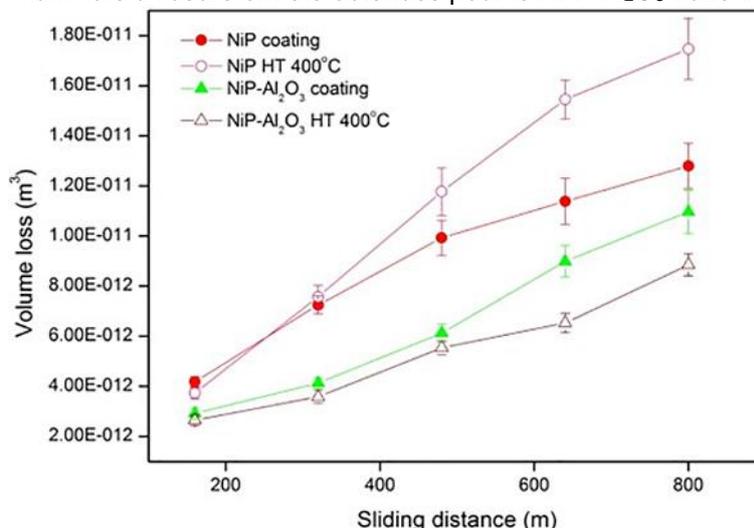
essais de tribocorrosion, ce qui se traduit par une déformation plastique plus faible des revêtements et des volumes d'usure 3,5 fois plus faibles dans les mêmes conditions d'essai.



Comportement à l'usure par frottement à sec des revêtements composites NIP et NIP-Al₂O₃ (Dry sliding wear behavior of electroless NIP and NIP-Al₂O₃ composite coatings)

G. Prabu Ram (a), S. Karthikeyan (b) - a Ramco Institute of Technology, Rajapalayam 626117, India; b PSNA College of Engineering and Technology, Dindigul 624622, IN
 materialstoday:Proceedings,29 Aug. 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320356054>

Des revêtements Ni-P et des revêtements composites Ni-P-Al₂O₃ ont été réalisés par dépôt chimique sur un substrat en acier doux. Les revêtements ont été traités par chauffage à 400°C pendant 1h. Une augmentation raisonnable de la microdureté est obtenue grâce à l'incorporation de nanoparticules d'Al₂O₃ dans le Ni-P. Le traitement thermique des deux revêtements a augmenté respectivement leur dureté de 70,5% et 82,5% par rapport aux conditions de déposition classique. L'amélioration de la dureté est due à la cristallisation du nickel amorphe et à la formation de phosphure de nickel (Ni₃P) pendant la phase de traitement thermique. Le comportement à l'usure des revêtements Ni-P et Ni-P-Al₂O₃ tels que déposés et traités thermiquement a été étudié dans des conditions de frottement à sec. Dans ces conditions, l'usure se traduit par l'oxydation et l'adhérence du revêtement Ni-P et par une combinaison d'oxydation, d'adhérence et d'abrasion du revêtement Ni-P-Al₂O₃. La formation d'un film d'oxyde à la surface pendant l'essai d'usure augmente la résistance à l'usure du revêtement Ni-P avec l'augmentation de la distance de glissement. L'incorporation de particules d'Al₂O₃ dans la matrice Ni-P entraîne une résistance à l'usure accrue par rapport au revêtement Ni-P. Sur les revêtements traités thermiquement, les tests d'usure ont induit des microfissures et leur propagation est observée au fur et à mesure du test. La délamination et le pelage du revêtement sont observés dans le revêtement Ni-P traité thermiquement à 400°C avec une résistance à l'usure relativement faible. L'incorporation de nanoparticules d'Al₂O₃ retarde la propagation des microfissures au cours de l'essai d'usure. Ainsi, la dureté maximale et la résistance maximale à l'usure ont été obtenues pour le Ni-P-Al₂O₃ traité thermiquement à 400°C.



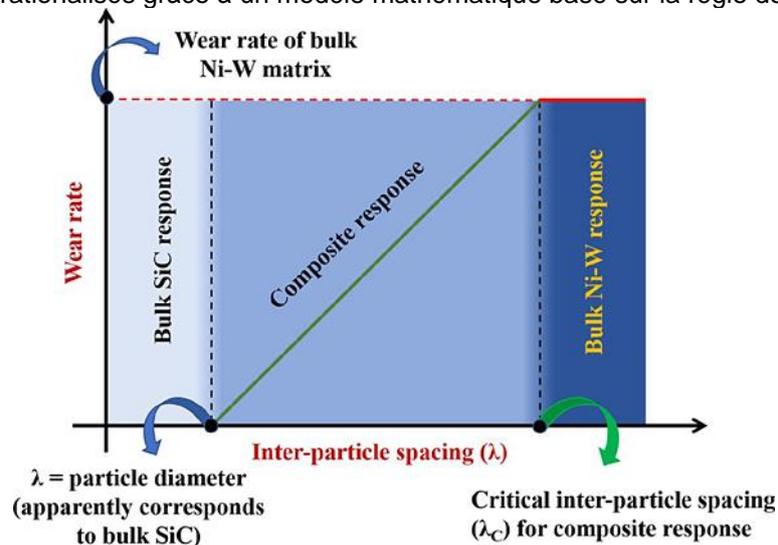
REVÊTEMENTS ELECTROLYTIQUES

Électrodéposition pulsée, propriétés mécaniques et mécanisme d'usure de revêtements nanocomposites Ni-W/SiC utilisés pour les applications automobiles (Pulsed electrodeposition, mechanical properties and wear mechanism in Ni-W/SiC nanocomposite coatings used for automotive applications)

Nitin P. Wasekar, Lavakumar Bathini - International Advanced Research Centre for Powder Metallurgy and New Materials, Hyderabad, IN

Applied Surface Science, Volume 527, 15 October 2020

La tenue à l'usure par frottement à sec de revêtements nanocomposites Ni-W/SiC déposés par électrodéposition à courant pulsé et soumis à un traitement thermique à 500°C a été étudiée. À cette fin, des revêtements composites Ni-14 (at%) W/SiC avec une proportion variable de particules β -SiC ont été réalisés. Les revêtements ont été analysés du point de vue de leur structure, leur topographie de surface, la teneur en particules du revêtement et l'espacement entre les particules. Les propriétés mécaniques des revêtements ont été évaluées et corrélées avec la teneur en SiC. Des essais d'usure par frottement à sec ont été effectués (à température ambiante) sur un disque WC-Co en utilisant une configuration broche sur disque. On ne note pas de changement de phase dans les revêtements composites Ni-W/SiC (grâce au traitement thermique à 500°C). Il a été observé que les propriétés mécaniques des revêtements nanocomposites suivent les règles mathématiques des ROM (rule of mixture). Le taux d'usure du système nanocomposite présente une relation linéaire avec l'espacement interparticulaire des particules de SiC incorporées dans la matrice Ni-W. Le taux d'usure spécifique et le coefficient de frottement des revêtements nanocomposites ont été rationalisés grâce à un modèle mathématique basé sur la règle des I-ROM (règle inverse).

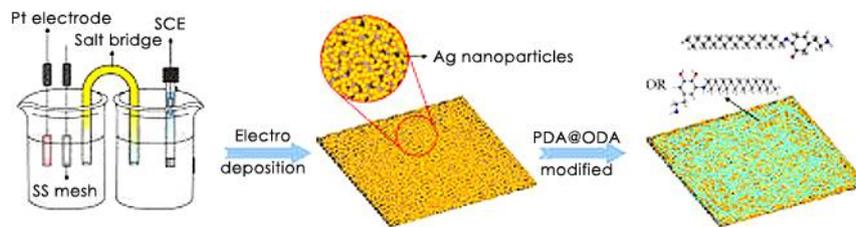


Maillage en acier inoxydable biomimétique superhydrophobe et antibactérien réalisé par électrodéposition potentiostatique (Biomimetic superhydrophobic and antibacterial stainless-steel mesh via double-potentiostatic electrodeposition and modification)

Shuyi Li, Yan Liu - Key Laboratory of Bionic Engineering, Jilin University, Changchun, CN

Surface and Coatings Technology, Volume 403, 15 December 2020

Inspiré par les propriétés antisalissures des surfaces superhydrophobes de certaines espèces, des matériaux hybrides ont été développés en chargeant des agents antibactériens de nanoparticules d'argent sur des mailles en acier inoxydable superhydrophobes. La combinaison du dépôt à double potentiel et d'un greffage par polymérisation in situ a été réalisée avec succès. Les effets des facteurs d'influence sur la topographie des nanoparticules d'argent dans le processus d'électrodéposition ont été étudiés, notamment le potentiel de nucléation, le temps de nucléation, le potentiel et le temps de croissance. Les résultats ont permis de constater que le temps de croissance pendant le processus de déposition avait eu un effet relativement significatif sur les propriétés antibactériennes des échantillons. La présence de nanoparticules d'Ag est favorable à l'amélioration du greffage par polymérisation de composés PDA@ODA. Que ce soit en culture statique ou dynamique, les surfaces superhydrophobes ont significativement réduit l'adhésion bactérienne, ce qui est attribué aux performances superhydrophobes et antibactériennes associées à l'effet synergique des composés organiques PDA@ODA et des nanoparticules d'Ag inorganiques. Les mailles en acier inoxydable superhydrophobes ont une bonne stabilité à long terme et une bonne stabilité mécanique, ce qui est favorable à l'extension de leurs champs d'application.



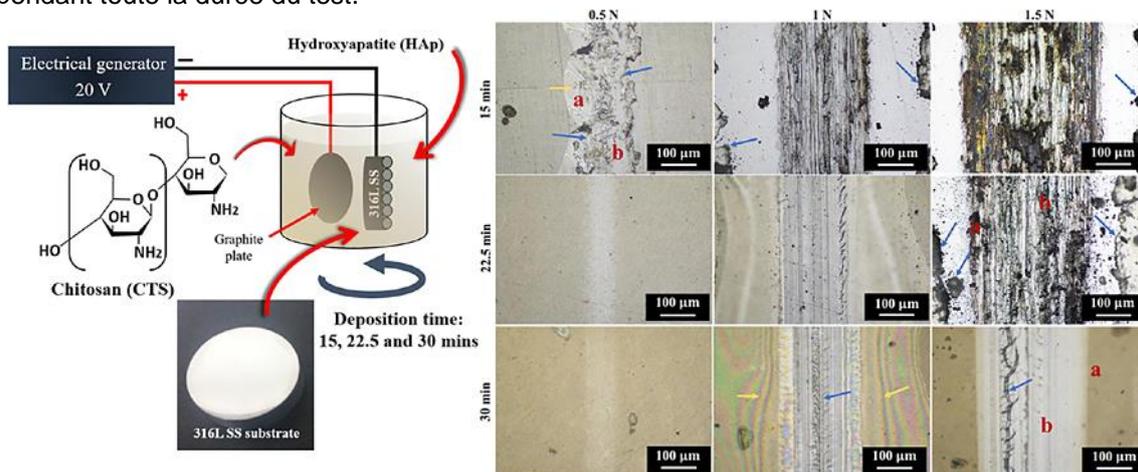
Étude tribologique des revêtements HAp/CTS réalisés par électrodéposition sur de l'acier inoxydable 316L

(Tribological study of HAp/CTS coatings produced by electrodeposition process on 316L stainless steel)

E. García (a), J. F. Louvier-Hernández (b) - a Universidad de Guadalajara, MX; b Tecnológico Nacional de México en Celaya, MX

Materials Letters, Volume 277, 15 October 2020

Le chitosane (CTS) est un copolymère biocompatible, biodégradable et antibactérien qui, combiné à l'hydroxyapatite synthétique (HAp), constitue un bon matériau pour les applications orthopédiques. À cet égard, ce travail présente les études tribologiques de trois revêtements composites CTS/HAp réalisés par électrodéposition à 15, 22,5, et 30 min de temps de déposition sur un substrat en acier inoxydable 316L. Les revêtements ont été formés dans une matrice CTS avec des particules HAp de morphologies similaires pour tous les échantillons avec une épaisseur plus ou moins importante en fonction du temps de dépôt. Le revêtement présente une structure cristalline similaire. Le revêtement réalisés avec une électrodéposition de 30 minutes présente de meilleures propriétés tribologiques, avec un coefficient de frottement de 0,15 à 0,5 N et une meilleure résistance au frottement sous une charge de 1 et 1,5 N. Bien que ce revêtement ait présenté des fissures, des marques d'abrasion et quelques ruptures d'adhérence lors des tests de contact, il n'y a pas eu de décollement du revêtement, ce qui a permis de protéger les surfaces du substrat pendant toute la durée du test.



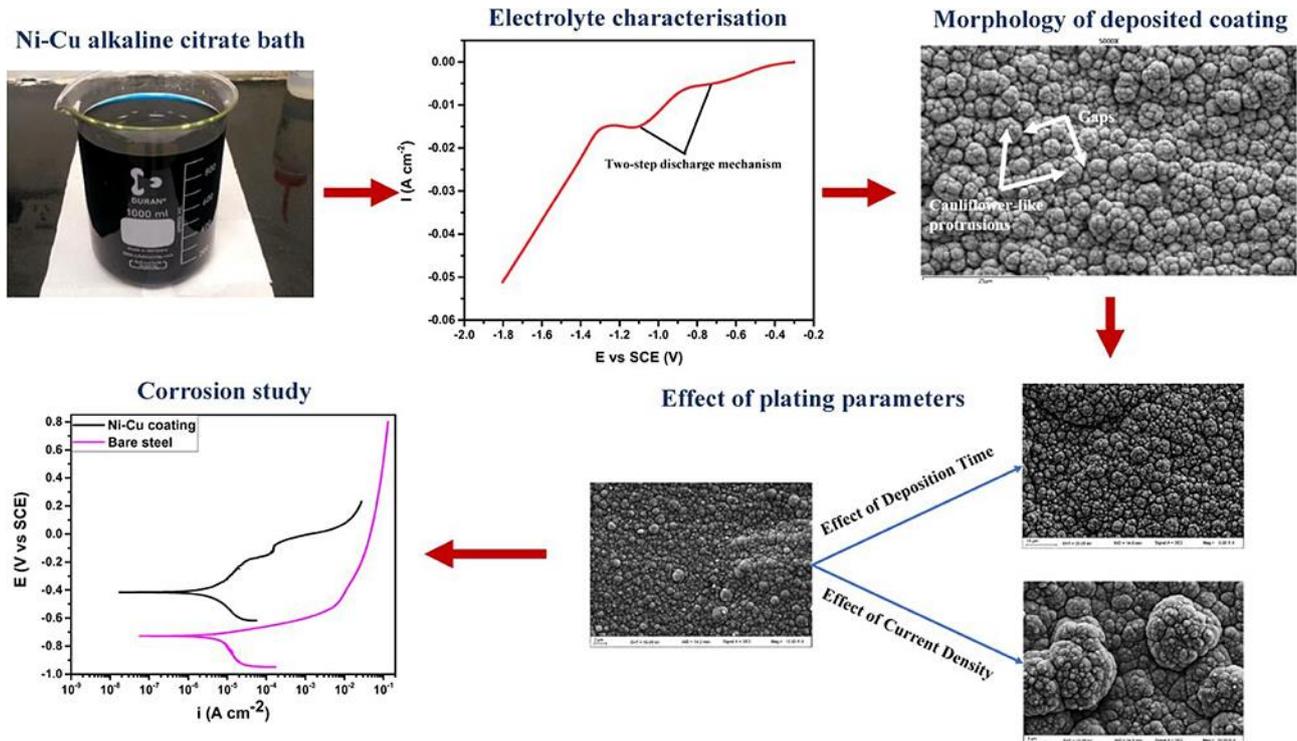
Amélioration des propriétés anticorrosion d'un acier doux par électrodéposition d'alliage Ni-Cu

(Electrodeposited Ni-Cu alloy coatings on mild steel for enhanced corrosion properties)

Yashwardhan Deo, Sounak Guha - Tata Steel Limited, Jamshedpur, IN

Applied Surface Science, Volume 515, 15 June 2020

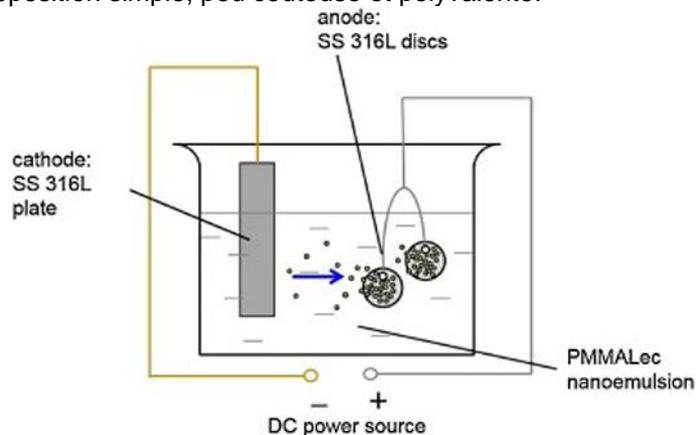
Des revêtements Ni-Cu monophasés riches en Ni ont été obtenus sur des substrats en acier doux par électrodéposition à partir de bains de citrate alcalin stables. Trois bains différents ont été préparés avec une concentration variable en Cu^{2+} . Les électrodépositions ont été réalisées en mode galvanostatique à trois densités de courant différentes de 10, 20 et 30 mA cm^{-2} . Les compositions de revêtement définies à partir d'une analyse EDX (Spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie) ont montré que la teneur en cuivre du revêtement augmentait avec l'augmentation de la teneur en cuivre du bain, mais diminuait avec l'augmentation de la densité de courant. Il a été également observé que la morphologie des dépôts changeait avec une augmentation de la densité de courant. Les dépôts provenant de bains à faible teneur en cuivre présentaient des structures en « chou-fleur » plus séparées et plus localisées. On a également observé que la rugosité des dépôts augmentait avec l'augmentation de la densité du courant et, dans une certaine mesure, avec l'augmentation de la durée de dépôt. Le potentiel de corrosion de tous les revêtements était moins négatif que celui de l'acier doux, ce qui indique des propriétés de protection du revêtement. Le taux de corrosion est largement affecté par la morphologie et la rugosité des revêtements. À des densités de courant plus élevées et à un temps de dépôt plus long, les surfaces plus rugueuses et les interstices et séparations entre les structures en « chou-fleur » sont responsables d'un taux de corrosion plus élevé.



Revêtements biocompatibles électrodéposés prometteurs pour l'acier, obtenus à partir de microémulsions polymérisées (Promising electrodeposited biocompatible coatings for steel obtained from polymerized microemulsions)

Paulina A. Trzaskowska (a), Aleksandra Poniatowska (b) - a CEZAMAT, Warsaw University of Technology, PL; b Faculty of Chemical and Process Engineering, Warsaw University of Technology, PL
 Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 591, 20 April 2020

Étonnamment, les microémulsions O/W (oil in water) polymérisées contenant de la lécithine de soja n'ont pas encore été appliquées pour obtenir des revêtements biocompatibles électrodéposés sur des surfaces en acier inoxydable. Dans cette étude, on a supposé que le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) incorporé dans l'émulsion renforcerait l'adhérence à la surface de l'acier, ce qui pourrait entraîner une durabilité prolongée de la couche obtenue. Des microémulsions polymérisées composées d'une phase huileuse comprenant du méthacrylate de méthyle (MMA) et un initiateur de polymérisation avec de la lécithine comme agent tensioactif ont été préparées, caractérisées puis électrodéposées sur la surface d'échantillons en acier. Les propriétés physico-chimiques et biocompatibles des revêtements SS-PMMA-Lec obtenus ont été déterminées et liées au temps de polymérisation des microémulsions. Il a été prouvé que les revêtements étaient non toxiques et qu'ils empêchaient l'adsorption d'albumine sérique humaine. En particulier, une variante des revêtements testés présentait des propriétés satisfaisantes. Ces microémulsions polymérisées sont prometteuses pour la préparation de revêtements pour les implants métalliques par une méthode d'électrodéposition simple, peu coûteuse et polyvalente.

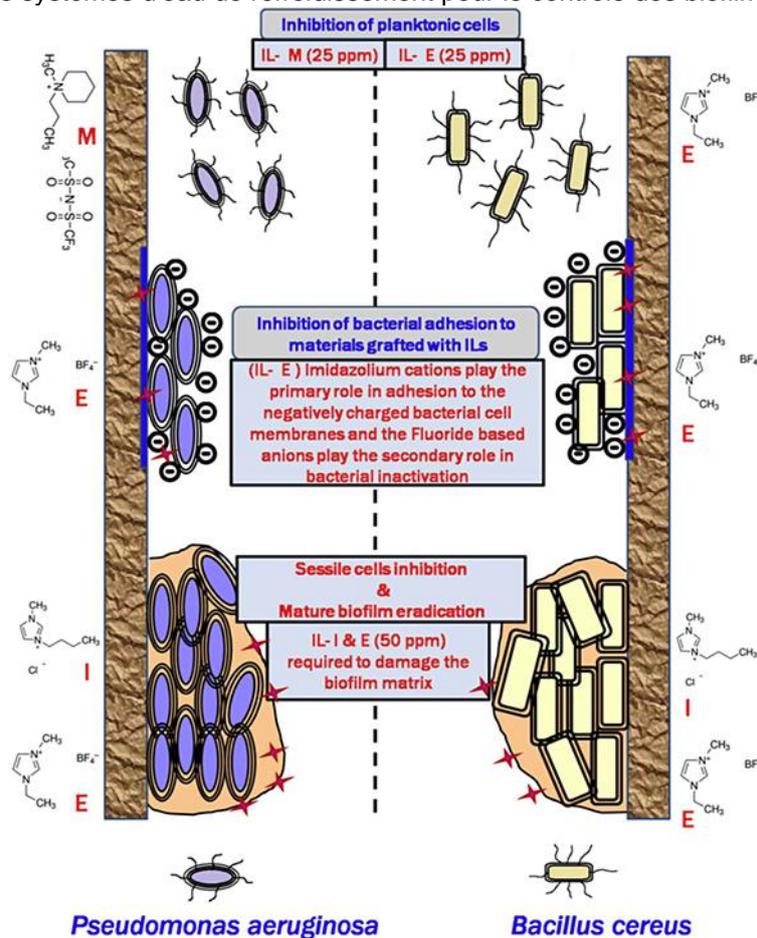


LIQUIDES IONIQUES / SOL-GEL

Effacité des liquides ioniques à base d'imidazolium et de pipéridinium pour inhiber la formation de biofilms sur les surfaces en titane et en acier au carbone (Efficacy of imidazolium and piperidinium based ionic liquids on inhibiting biofilm formation on titanium and carbon steel surfaces)

B. Anandkumar, R. P. George - Corrosion Science and Technology Division, Metallurgy and Materials Group Indira Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam, IN
Analytica Chimica Acta, Volume 1126, 22 August 2020

Dans cette étude, l'efficacité de trois liquides ioniques (IL) cationiques et anioniques différents sur la formation d'un biofilm sur les matériaux utilisés dans des systèmes de refroidissement à l'eau a été évaluée. Deux IL à base d'imidazolium, le tétrafluoroborate 1-éthyl 3-méthylimidazolium (IL-E) et le chlorure de 1-butyl 3-méthylimidazolium (IL-I) présentant des groupes anioniques fluorure et chlorure, ainsi qu'un IL à base de pipéridinium, le bis(trifluorométhylsulfonyl)imide de N-méthyl-N-propylpipéridinium (IL-M) présentant un groupe fluorométhyle ont été utilisés. L'efficacité de ces IL a été évaluée sur les cellules planctoniques et sessiles des principaux agents de formation de biofilm dans les systèmes d'eau de refroidissement à l'aide de des bactéries *Pseudomonas* sp (Gram négatif) et *Bacillus* sp (Gram positif). Leur effet sur l'inhibition de la formation de biofilm sur les surfaces de titane et d'acier au carbone a également été évalué. Les résultats ont montré que les cellules planctoniques de *Pseudomonas* sp. et de *Bacillus* sp. étaient efficacement inhibées par 25 ppm d'IL-M et d'IL-E, respectivement. Pour les deux bactéries, 50 ppm d'IL-I étaient suffisants pour inhiber et éradiquer la formation de cellules sessiles. Parmi les trois IL, l'IL-E donne les meilleurs résultats pour inhiber l'adhésion des cellules bactériennes sur les surfaces Ti et acier. Ces résultats suggèrent que les IL à base d'imidazolium sont efficaces pour contrôler la formation des cellules sessiles et éradiquer un biofilm, par rapport aux IL à base de pipéridinium. En outre, l'IL à base d'imidazolium avec anion fluorure (IL-E) donne les meilleurs résultats en terme d'inhibition de l'adhésion de ces cellules bactériennes et donc permet de prévenir la formation de biofilm sur les surfaces des matériaux. Cette étude établit la faisabilité de l'utilisation des IL dans les systèmes d'eau de refroidissement pour le contrôle des biofilms bactériens.

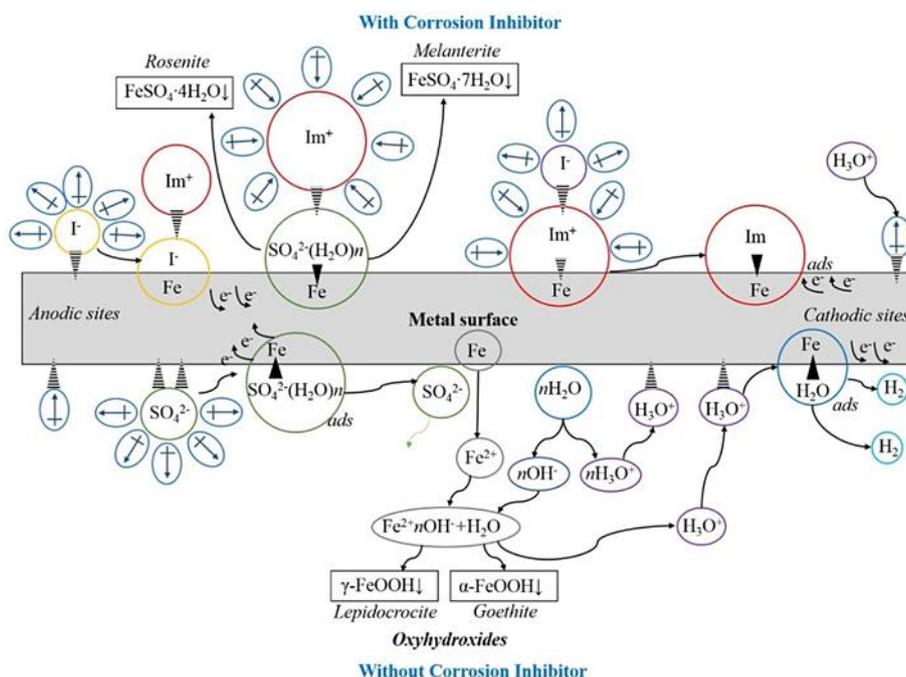


Propriétés anti-corrosion des liquides ioniques contenant des ions iodure sur l'acier API 5L X52 en milieu acide (Corrosion inhibition properties of iodide ionic liquids for API 5L X52 steel in acid medium)

Paulina Arellanes-Lozada, Víctor Díaz-Jiménez, Universidad Autónoma de Puebla, MX
Corrosion Science, Volume 175, October 2020

Un mécanisme de description de l'inhibition de la corrosion de l'acier API 5L X52 dans de l' H_2SO_4 1 M en utilisant deux liquides ioniques (IL) avec des cations dérivés de l'imidazolium et un anion iodure comme inhibiteurs de corrosion (IC) aux états stationnaires et dynamiques est proposé. Le processus d'adsorption se produit d'abord par l'adsorption des ions iodure (I^-) sur la surface du métal sous l'effet de la force coulombienne, qui favorise l'adsorption ultérieure du cation imidazolium. Les valeurs maximales de l'efficacité d'inhibition (IE) des ILs se situent entre 91 et 95 %. Les différentes analyses (XPS, tomographie, MEB et AFM) ont permis de confirmer cette efficacité. En outre, les auteurs ont avancé les conclusions suivantes :

- les composés $[\text{DBIM}]^+\text{I}^-$ et $[\text{DPIM}]^+\text{I}^-$ fonctionnent comme des inhibiteurs de type mixte ;
- l'efficacité d'inhibition des $[\text{DBIM}]^+\text{I}^-$ et $[\text{DPIM}]^+\text{I}^-$ est fonction de la concentration et du nombre de Reynolds ;
- les liquides ioniques $[\text{DBIM}]^+\text{I}^-$ et $[\text{DPIM}]^+\text{I}^-$ obéissent à l'isotherme de Langmuir, ce qui confirme l'adsorption physico-chimique ;
- l'orientation des $[\text{DBIM}]^+\text{I}^-$ et $[\text{DPIM}]^+\text{I}^-$ est principalement due à l'anion iodure.



Protection contre la corrosion d'un acier doux en milieu acide : études expérimentales et modélisation du rôle de certains liquides ioniques (Impact of selected ionic liquids on corrosion protection of mild steel in acidic medium: Experimental and computational studies)

Anitah A. Nkuna (a), Ekemini D. Akpan (b) - a University of Venda, Thohoyandou, ZA; b North-West University, Mmabatho, ZA

Journal of Molecular Liquids, Volume 314, 15 September 2020

Le potentiel anti-corrosion sur de l'acier doux (MS) dans de l'acide chlorhydrique 1 M de trois nouveaux liquides ioniques (IL), à savoir :

- le 5-(Trifluorométhyl) dibenzothiopheniumtetrafluoroborate (TDTB),
- le 5-(Trifluorométhyl)dibenzothiopheniumtrifluorométhanesulfonate (TDTM),
- le sulfate de 1-éthyl-3-méthylimidazolium éthyle (EMIM)(ESO_4),

a été étudié en utilisant des techniques électrochimiques, gravimétriques et la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR). Les données issues de l'analyse potentiodynamique montrent que les trois molécules étudiées possèdent des caractéristiques qui correspondent à des inhibiteurs de type mixte, mais le TDTM présente des caractéristiques plus anodiques. Une analyse MEB (microscopie à balayage électronique) a été utilisée pour les études de surface. Une inhibition remarquable de la corrosion de l'acier doux a pu être mise en évidence par spectroscopie à dispersion d'énergie (SDE). La spectroscopie FTIR a permis de formaliser l'interrelation des groupes fonctionnels montrant la disparition des bandes d'absorption caractéristiques dans les spectres FTIR des films d'adsorption. Des calculs de chimie quantique et des modèles de Monte Carlo ont été utilisés pour mieux comprendre les propriétés électroniques des composés en relation avec l'effet d'inhibition de la corrosion et la liaison et/ou l'adsorption de liquides ioniques sur les surfaces. L'énergie d'adsorption est la suivante : $\text{TDTB} \approx \text{TDTM} > (\text{EMIM})(\text{ESO}_4)$. Les valeurs numériques de l'énergie d'adsorption sont de $-3,72 \text{ kcal mol}^{-1}$, $-3,77 \text{ kcal mol}^{-1}$ et $-3,04 \text{ kcal mol}^{-1}$ pour TDTB, TDTM et $(\text{EMIM})(\text{ESO}_4)$, respectivement. En outre, il a été montré que l'efficacité de l'inhibition des ILs dépendait largement de la nature des cations et des anions.

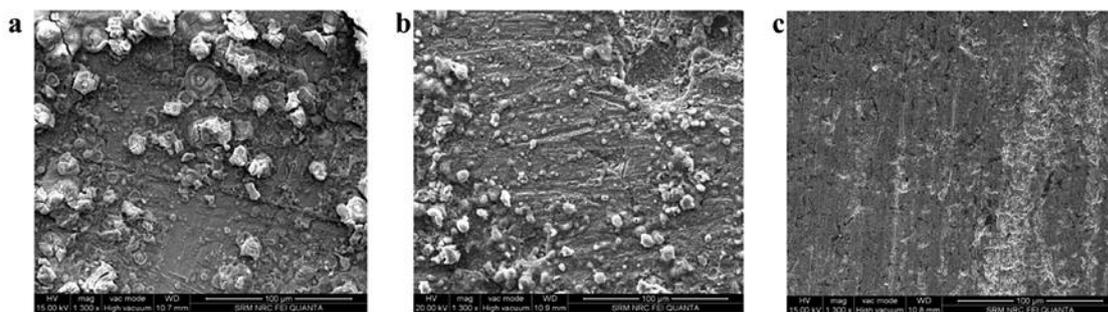
Liquides ioniques à base d'imidazolium : synthèse et évaluation de l'effet inhibiteur sur la corrosion de l'acier doux dans une solution d'acide chlorhydrique (Imidazolium based ionic liquid derivatives; synthesis and evaluation of inhibitory effect on mild steel corrosion in hydrochloric acid solution)

N. Subasree, J. Arockia Selvi - SRM Institute of Science and Technology, Kattankulathur, IN

Deux liquides ioniques (IL) contenant de l'imidazolium ont été synthétisés :

- le bromure de 3-hexadécyl-1-méthyl-1H-imidazol-3-ium [C₁₆M₁Im] [Br],
- le bromure de 3-hexadécyl-1,2-diméthyl-1H-imidazol-3-ium [C₁₆M₂Im] [Br]

Ces composés ont été évalués du point de vue de la résistance à la corrosion de l'acier doux dans une solution de HCl 1M qu'ils offraient par des études gravimétriques et électrochimiques. Les résultats ont montré que l'efficacité de l'inhibition était améliorée grâce à une augmentation de la concentration de l'inhibiteur et diminuait avec l'augmentation de la température. En outre, on a observé que l'efficacité d'inhibition du [C₁₆M₂Im] [Br] était supérieure à celle de [C₁₆M₁Im] [Br] (inhibition maximale de 95,35% et 90,67% respectivement) en raison de l'augmentation des substituants méthyle qui augmentent la densité électronique du composé inhibiteur. Une étude de polarisation a révélé que les IL agissaient comme des inhibiteurs de type mixte, bien que présentant principalement un effet inhibiteur anodique. Les inhibiteurs adsorbés sur la surface du métal obéissent à l'isotherme d'adsorption de Langmuir. La formation du complexe d'inhibiteurs sur la surface de l'acier doux a été confirmée par spectroscopie UV-Visible.

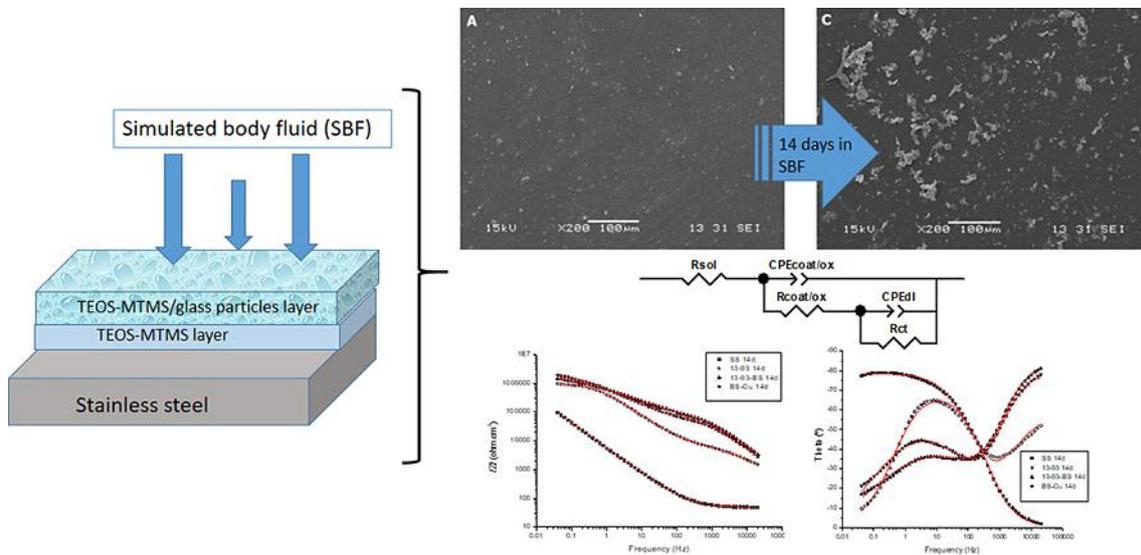


SEM images of mild steel samples: a) after 1h immersion in 1M HCl, b) after 1h immersion in 1M HCl with 250ppm [C₁₆M₁Im] [Br] and c) after 1h immersion in 1M HCl with 250ppm [C₁₆M₂Im] [Br].

Revêtements sol-gel incorporant du borosilicate bioactif améliorant les performances anticorrosives des implants en acier inoxydable (Sol-gel coatings incorporating borosilicate bioactive glass enhance anti corrosive and surface performance of stainless steel implants)

M. A. Balestriere (a), K. Schuhlade (b) - a Materials Science and Technology Research Institute (INTEMA), UNMdP-CONICET, Mar del Plata, AR; b University Erlangen-Nuremberg, DE
Journal of Electroanalytical Chemistry, Volume 876, 1 November 2020

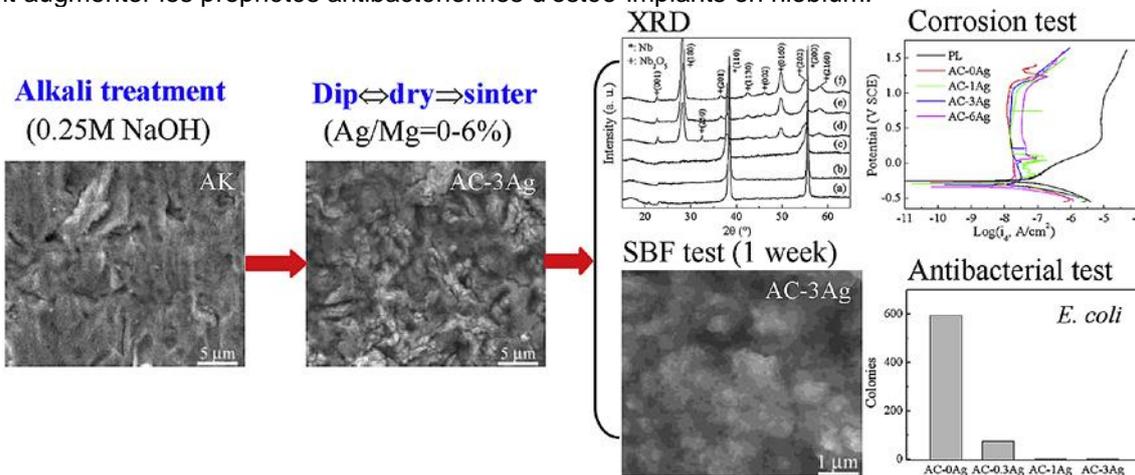
Les métaux sont les matériaux les plus utilisés comme implants orthopédiques ou dentaires en raison de leurs excellentes propriétés mécaniques. L'acier inoxydable est un matériau très utilisé en raison de ses excellentes propriétés mécaniques et de son faible coût par rapport à d'autres métaux, par exemple les alliages de titane. Dans les pays en développement, il reste l'un des matériaux les plus utilisés pour les dispositifs temporaires tels que les plaques osseuses et les vis de fixation, ainsi que pour les implants orthopédiques permanents. Cependant, l'acier inoxydable ne présente pas de bonnes propriétés anticorrosives et bioactives dans les milieux physiologiques par rapport à d'autres métaux : l'acier inoxydable n'est pas capable de créer une liaison naturelle avec l'os et pourrait libérer des produits de corrosion qui pourraient finalement aboutir au retrait de l'implant. Une approche prometteuse pour éviter ces effets est de protéger l'implant avec un revêtement fonctionnel, qui pourrait en outre avoir des propriétés antibactériennes. Dans ce travail, trois types de particules de verre bioactives (silicate, borosilicate et borosilicate dopé au cuivre) ont été ajoutés dans une deuxième phase à un revêtement hybride organique-inorganique à base de silice sol-gel, dans le but d'améliorer les propriétés de surface de l'acier inoxydable comme matériau d'implant. La composition chimique des particules et des revêtements ainsi que le comportement bioactif et anticorrosif des systèmes de revêtement générés ont été analysés par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), par microscopie à balayage électronique (MEB) et par des tests électrochimiques. Après 14 jours d'immersion dans une solution simulant un fluide corporel, les particules contenues dans les revêtements ont présenté une dissolution lente, générant des dépôts riches en phosphate (premier aperçu de la bioactivité) et améliorant la réponse électrochimique.



Films sol-gel AgMgO antibactériens et bioactifs sur substrats niobium (Sol-gel derived AgMgO films for antibacterial and bioactive surface modification of niobium metal)

P. Ning, F. Zhang - Key Laboratory of Biomedical Information Engineering of Ministry of Education, School of Life Science and Technology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, CN
 Materials Chemistry and Physics, Volume 243, 1 March 2020

Les films de MgO contenant de l'argent (AgMgO) avec dans différents rapports molaires Ag/Mg (0, 0,3%, 1%, 3% et 6%) ont été déposés par sol-gel sur du niobium métallique pour améliorer ses propriétés antibactériennes et sa bioactivité. Le niobium a préalablement été prétraité par un alcali pour augmenter l'épaisseur du film (des nanofibres de niobate de sodium se forment à la surface du niobium traité aux alcalis). Pour les échantillons revêtus, des couches épaisses et rugueuses de Nb₂O₅ se forment en raison de l'oxydation du niobium à 400°C. L'argent est principalement présent sous forme de niobate d'argent dans les films d'AgMgO. Dans le test de polarisation potentiodynamique, les échantillons revêtus présentent une meilleure résistance à la corrosion que l'échantillon poli. Le test de simulation des fluides corporels met en évidence la bioactivité de l'échantillon revêtu avec 3% d'Ag. L'activité antibactérienne (*Escherichia coli*) des échantillons revêtus dépend de la teneur en argent, et une efficacité antibactérienne de 100% est obtenue avec une teneur en Ag ≥1%. Le présent travail fournit une méthode simple permettant d'augmenter les propriétés antibactériennes d'ostéo-implants en niobium.

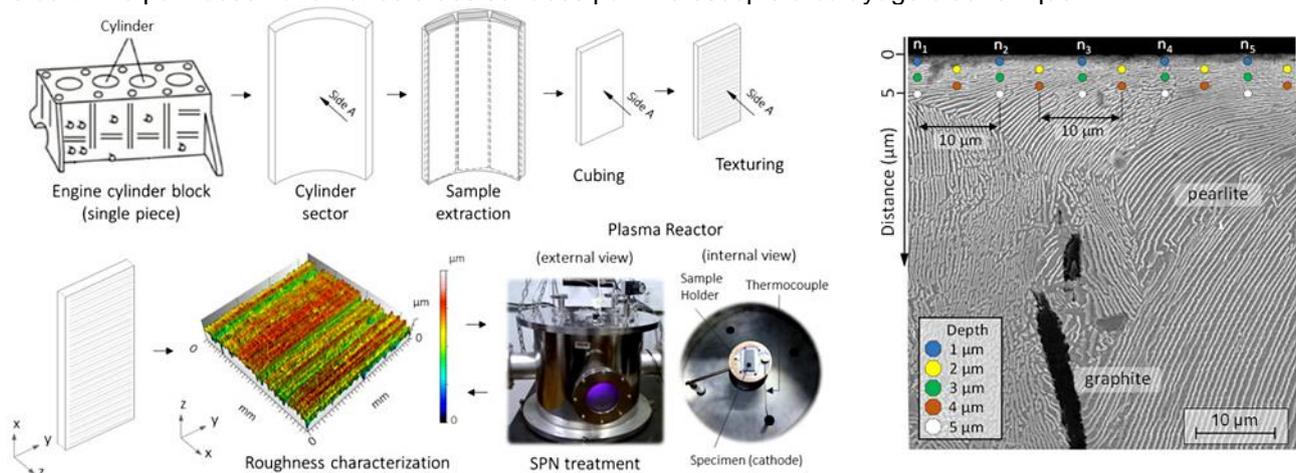


TRAITEMENTS THERMIQUES / THERMOCHIMIQUES / DURCISSEMENT LASER

Effets de la nitruration plasma à faible profondeur sur la topographie de surface de la fonte grise (Effects of shallow plasma nitriding on the surface topography of gray cast iron specimens)

Dineciodos Santos Filho (ab), André Paulo Tschiptschin (b) - a General Motors, Technological Center, São Caetano do Sul, BR; b University of São Paulo, Dept. of Metallurgical and Matls. Engineering, São Paulo, BR
Surface and Coatings Technology, Volume 404, 25 December 2020

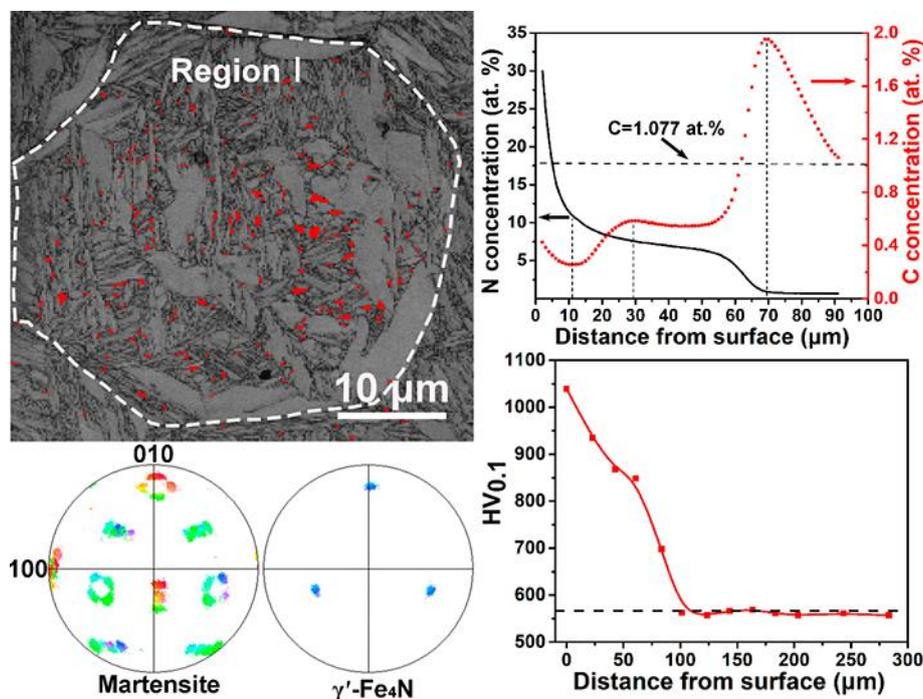
Un concept de traitement par plasma pour améliorer les surfaces pré-texturées des composants en fonte grise perlitique est proposé. Il consiste en une nitruration plasma à basse température et pendant de courtes périodes, afin d'augmenter la dureté de la surface en utilisant une formation de nitrure à faible profondeur dans la surface du fer. Ainsi, le motif de rugosité d'une surface préalablement texturée est préservé après le traitement. Une série d'expériences de nitruration plasma a été réalisée sur des échantillons produits à partir de fonte grise. Des échantillons plats, obtenus à partir d'ébauches extraites de la paroi du cylindre d'un bloc-cylindres de moteur, ont été texturés en laboratoire afin de simuler une distribution de rugosité typique d'un processus de rodage d'un cylindre ordinaire. La formation de nitrure de fer (Fe_3N) a été identifiée par analyse de diffraction des rayons X. De plus, le profil de concentration en azote a été évalué quantitativement par spectroscopie à dispersion de longueur d'onde (rayons X), ce qui a permis de confirmer la formation de nitrure à faible profondeur. Les mesures de microdureté ont indiqué que le nitrure de fer de type ϵ -Epsilon et le durcissement de la solution solide à faible profondeur augmentaient la dureté de la surface texturée. Des mesures de rugosité par interférométrie 3-D ont été effectuées avant et après le traitement plasma pour évaluer la stabilité topographique des échantillons texturés. Les résultats ont montré que le motif de texture de la rugosité était conservé de manière satisfaisante après le traitement, ce qui a été confirmé par l'observation directe des surfaces par microscopie à balayage électronique.



Modifications microstructurales et propriétés mécaniques de l'acier AerMet100® traité en surface par nitruration plasma (Microstructural changes and mechanical properties of AerMet100 steel surface-treated by plasma nitriding)

Baofeng Chen, Fuyao Yan - National Key Laboratory for Precision Hot Processing of Metals, School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, CN
Surface and Coatings Technology, Volume 403, 15 December 2020

Dans ce travail, l'acier martensitique AerMet100® a subi une nitruration plasma à 460°C pendant 8h dans un mélange gazeux 50% N_2 + 50% H_2 . Les microstructures et les propriétés mécaniques ont été étudiées. Les résultats montrent que les conditions de nitruration peuvent efficacement inhiber la formation d'une couche de composé blanc fragile à la surface de l'acier. Des études complémentaires sur les orientations des lattes de martensite et de l'austénite antérieure confirment que les 24 variantes de lattes de martensite produites par un grain d'austénite antérieur suivent la relation d'orientation K-S et que cette relation se maintient pendant la nitruration. En outre, on a pu observer que l'orientation de la couche de nitrures de fer de type γ' -Gamma (γ' - Fe_4N) était exactement la même que celle de l'austénite antérieure. Par rapport à l'échantillon non nitruré, la microdureté de l'acier après traitement est remarquablement améliorée, et le taux d'usure volumique est grandement réduit. Une amélioration aussi importante est principalement attribuée à la combinaison entre dureté de surface élevée, quantité de nano-grains et durcissement secondaire du substrat.

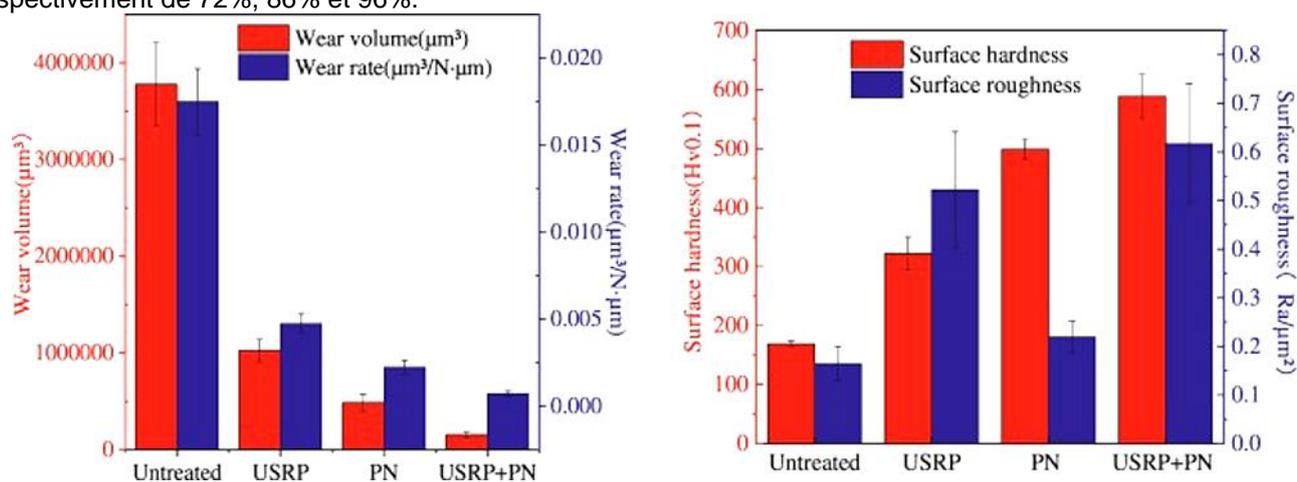


Effets combinés des procédés USRP et nitruration plasma sur la résistance à l'usure par frottement de l'Inconel 690TT (Effects of ultrasonic surface rolling processing and plasma nitriding on the fretting wear behavior of Inconel 690TT)

Junbiao Liu, Xuehui Zhang - Faculty of Materials Metallurgy and Chemistry, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi, CN

Surface and Coatings Technology, Volume 402, 25 November 2020

Les phénomènes d'usure de tubes de générateurs de vapeur peuvent être à l'origine de sérieux dommages. Dans ce travail, un traitement par ultrasons USRP (ultrasonic surface rolling processing) combiné à une nitruration plasma (PN) ont été appliqués pour améliorer la résistance à l'usure par frottement de l'Inconel 690TT utilisé dans ces générateurs. Par rapport aux échantillons non traités, la dureté de surface des échantillons traités par USRP, PN et USRP + PN a augmenté respectivement de 191%, 295% et 348%. l'USRP permet d'améliorer la dureté de surface grâce à la formation d'une couche de nanostructures à gradient (GNS), et la nitruration permet de modifier la composition chimique au niveau de la surface. Après USRP, PN et USRP+PN, le volume d'usure a diminué respectivement de 72%, 86% et 96%.



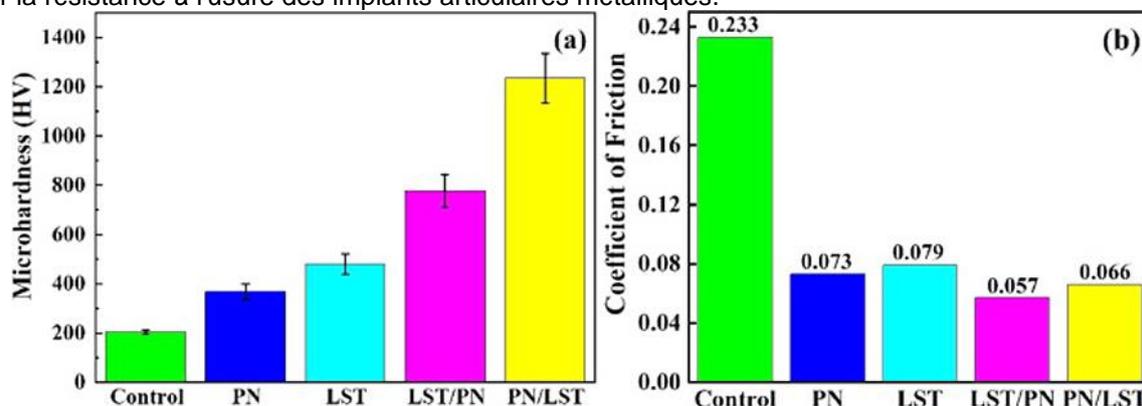
Amélioration de la résistance à l'usure de l'alliage Zr-2.5Nb par la formation d'une couche de nitrure microtexturée réalisée par texturation de surface laser/nitruration plasma (Improving wear resistance of Zr-2.5Nb alloy by formation of microtextured nitride layer produced via laser surface texturing/plasma nitriding technology)

Yangyang Liu (a), Yuling Yang (ab) - a School of Science, Northeastern University, Shenyang CN; b Key Laboratory for Additive Manufacturing and Remanufacturing Materials, Liaoning, CN

Surfaces and Interfaces, Volume 20, September 2020

Les alliages Zr-Nb présentent un grand intérêt pour la réalisation d'implants métalliques, principalement en raison de leur excellente biocompatibilité et de leur compatibilité avec l'IRM. Malheureusement, leur utilisation est fortement

limitée par leur faible dureté et leur faible résistance à l'usure. Une texturation de surface au laser (LST) combinés à une nitruration plasma (PN) ont été utilisées pour obtenir une couche de nitrure microtexturée et améliorer ainsi les propriétés tribologiques d'un alliage Zr-2,5Nb en. Les influences des différentes procédures (LST/PN, PN/LST, PN et LST) sur la microdureté de surface et la résistance à l'usure ont été analysées par diverses méthodes (LSCM, MEB, XRD, FE-SEM, EDS). Les résultats ont indiqué que l'alliage Zr-2,5Nb traité par la technologie composite LST/PN présentait la plus grande microdureté et le plus faible taux d'usure. L'alliage Zr-2,5Nb traité par LST ou PN/LST présente un taux d'usure beaucoup plus élevé que lorsqu'il est traité par PN ou LST/PN, ce qui indique que les microtextures produites par LST puis recouvertes d'une couche de nitrure obtenue par PN présentent une excellente résistance à l'usure. Les procédés duplex, et en particulier le LST/PN, présentent un grand potentiel pour améliorer la résistance à l'usure des implants articulaires métalliques.



Tenue à l'usure et à la corrosion de la surface d'un acier P20 modifié par nitruration gazeuse traitement de surface laser (Wear and corrosion behavior of P20 steel surface modified by gas nitriding with laser surface engineering)

Guanghua Yan (a), Shaolei Lu (b) - a School of Construction Machinery, Shandong Jiao Tong University, Jinan, CN Applied Surface Science, Volume 530, 15 November 2020

La nitruration gazeuse et le traitement de surface laser sont des technologies reconnues pour améliorer les performances de surface des aciers. Cette étude évalue l'effet d'un traitement duplex nitruration gazeuse / traitement de surface laser sur la dureté de surface, l'usure et la résistance à la corrosion de l'acier P20 pour la fabrication de moules à matières plastiques. La nitruration gazeuse à 550°C pendant 20h avec un potentiel d'azote de 0,18 génère une couche nitrurée exempte de nitrures, ce qui améliore considérablement la résistance à l'usure. Simultanément, la résistance à la corrosion est également légèrement améliorée par la nitruration gazeuse. Le durcissement superficiel au laser augmente encore la dureté de surface et la résistance à l'usure de la couche nitrurée en raison de la formation de martensite. En outre, une petite quantité d'austénite reste présente dans la couche de surface après le durcissement par laser, ce qui peut entraîner une attaque galvanique à l'interface de phase entre la martensite et l'austénite retenue et détériorer la résistance à la corrosion de la surface. La fusion superficielle au laser entraîne la dénitrification de la couche nitrurée et la formation de trous au fond de la couche fondue, ce qui réduit la dureté de la surface et la résistance à l'usure. Parallèlement, la couche de surface dénitrifiée présente également une résistance à la corrosion dégradée en raison de la diminution de la teneur en azote et de la formation d'une structure mixte de martensite et d'austénite retenue.

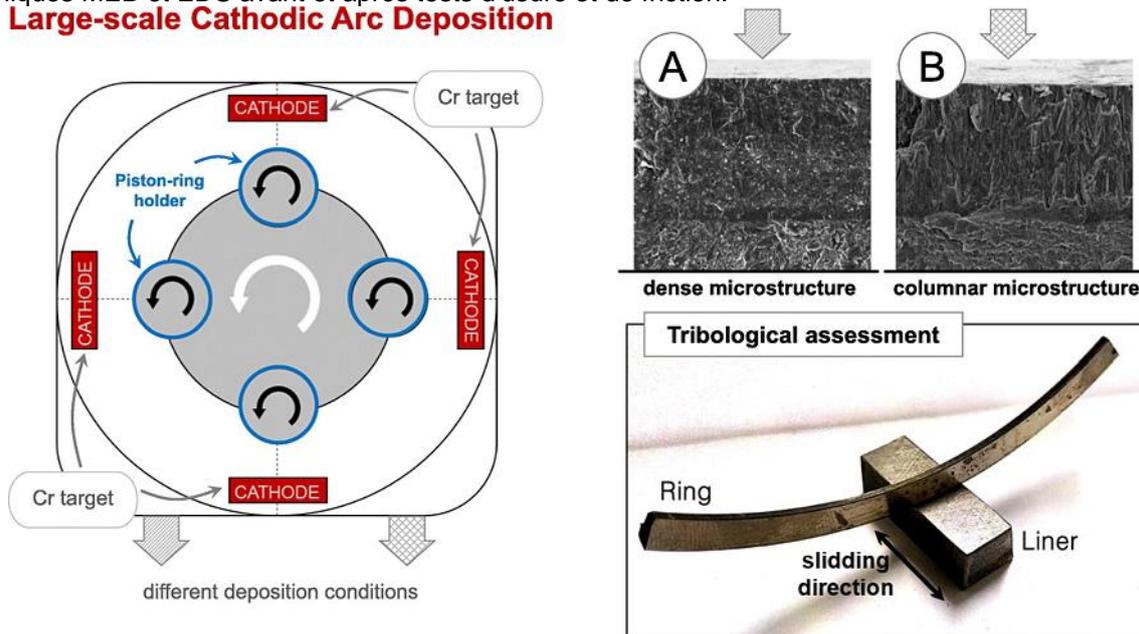
DLC / DEPOTS SOUS VIDE

Influence de la morphologie et de la microstructure sur le comportement tribologique des revêtements CrN déposés par arc dans l'industrie automobile (Influence of morphology and microstructure on the tribological behavior of arc deposited CrN coatings for the automotive industry)

Rita Ferreira, Óscar Carvalho - CMEMS-UMinho (Centre for Micro-Electro Mechanical Systems), University of Minho, Campus de Azurém, Guimarães, PT; MAHLE, Componentes de Motores, S.A., PT
Surface and Coatings Technology, Volume 397, 15 September 2020

Les revêtements PVD sont largement utilisés dans l'industrie automobile à des fins tribologiques. Dans les moteurs diesel de véhicules de grosse cylindrée, les segments de piston représentent un composant difficile à utiliser du point de vue des performances tribologiques. Des segments de piston supérieurs ont été conçus comme un élément supplémentaire ayant un rôle de soutien dans l'étanchéité ou la prévention des fuites de gaz de la chambre de combustion. Plusieurs documents ont été publiés, proposant des revêtements de nitrures métalliques pour la réalisation de surfaces fonctionnelles du segment de piston. Les revêtements de CrN sont parmi les plus fréquemment proposés, mais ils utilisent régulièrement la pulvérisation magnétron comme méthode de dépôt. Dans un cadre de production à grande échelle, il faut adopter différentes méthodes de dépôt avec des taux de dépôt améliorés. Le dépôt par arc cathodique est actuellement largement utilisé dans plusieurs secteurs, comme celui de l'automobile. Bien que cette technique soit consolidée dans l'environnement industriel, le processus et les paramètres de dépôt font l'objet d'une optimisation continue. Dans la présente étude, deux différents revêtements CrN pour fonctionnaliser la surface des segments ont été étudiés. En utilisant différentes conditions de déposition, deux morphologies distinctes ont été obtenues dans la couche de revêtement : une structure plus dense (CrN-A) et une structure en colonne (CrN-B). Ces revêtements ont été testés à l'aide d'un banc d'essai développé spécialement et adapté pour tester les segments de piston dans des conditions proches du fonctionnement réel du moteur. La microstructure et les propriétés mécaniques des revêtements CrN-A et CrN-B ont été évaluées par diffraction des rayons X et micro-indentation. La morphologie de la surface et le mécanisme d'usure ont été caractérisés à l'aide des techniques MEB et EDS avant et après tests d'usure et de friction.

Large-scale Cathodic Arc Deposition

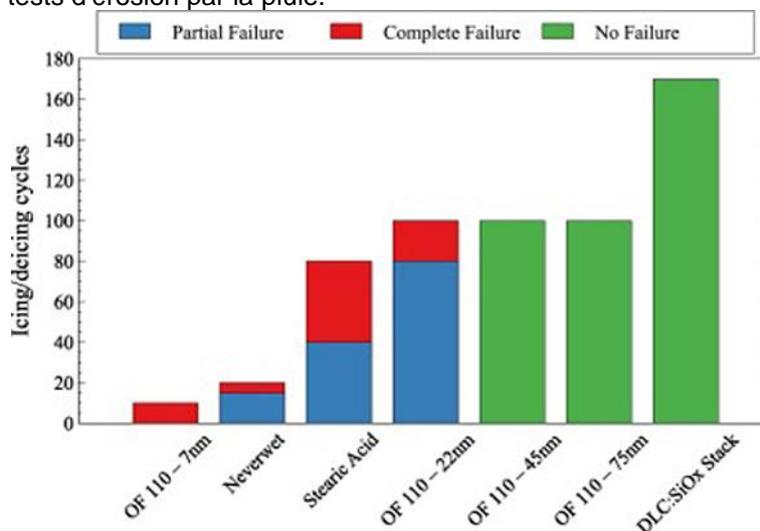


Durabilité des revêtements duplex superhydrophobes pour les applications aérospatiales (Durability of superhydrophobic duplex coating systems for aerospace applications)

Stephen Brown, Jacques Lengaigne - Department of Engineering Physics, Polytechnique Montreal, CA
Surface and Coatings Technology, Volume 401, 15 November 2020

Le givrage en vol, causé par la collision de gouttelettes d'eau surfondue avec les surfaces exposées des avions, constitue un risque important pour la sécurité et un problème majeur dans l'aviation. Il a été démontré que les surfaces superhydrophobes (SHS) offraient d'importantes améliorations pour les systèmes antigivrage et dégivrage par chauffage, réduisant les besoins en énergie et facilitant l'élimination de la glace. Une technique de fabrication courante des SHS consiste à développer une surface présentant une rugosité hiérarchique, puis à recouvrir cette surface d'une couche de finition hydrophobe. Un problème se pose alors : la durabilité de l'ensemble du système est fondamentalement limitée à la durabilité de cette couche de finition. Dans la présente étude, les auteurs ont développé un système de revêtement duplex superhydrophobe en mettant l'accent sur la durabilité de la fine couche hydrophobe. Le système consiste en un revêtement épais de TiO_2 déposé par projection plasma de suspensions

(SPS) et en une mince couche de revêtement déposée par dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD). Le système (empilement de couches minces) est basé sur un DLC:SiO_x qui présente un angle de contact avec l'eau allant jusqu'à 95° et une dureté allant jusqu'à 11GPa, tandis que le système de revêtement complet offre un angle de contact de 159° et une hystérésis d'angle de contact de 3,8°. Le système de revêtements a été exposé à des cycles de gel/dégel, ainsi qu'à des tests d'érosion par la pluie et à des tests de vieillissement accéléré. Les résultats ont été comparés aux revêtements TiO₂ avec des couches hydrophobes d'acide stéarique et de fluoropolymère, ainsi qu'à un spray superhydrophobe disponible dans le commerce. Il a été démontré que le système de revêtement duplex maintenait la mobilité des gouttelettes d'eau après 170 cycles de gel/dégel, qu'il résistait à une exposition prolongée aux UV et aux hautes températures et qu'il offrait une amélioration de 300 fois par rapport à l'acide stéarique lors des tests d'érosion par la pluie.

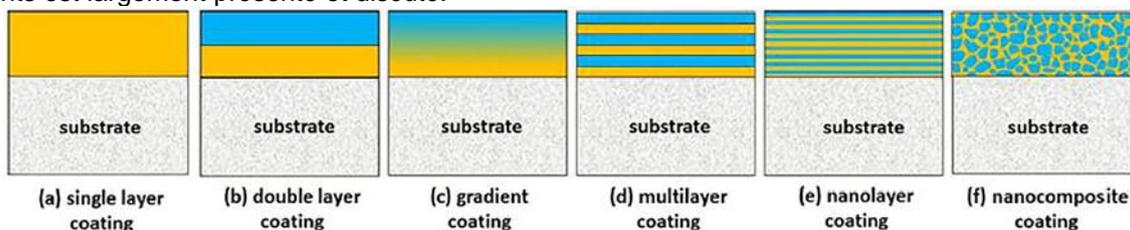


Conception de dépôts durs HiPIMS et dcMS (Design of hard coatings deposited by HiPIMS and dcMS)

Anas Ghailane, Mohammed Makha - Materials Science, Energy and Nano-engineering Department, Mohammed VI Polytechnic University (UM6P), Hay Moulay Rachid, MA

Materials Letters, Volume 280, 1 December 2020

Les revêtements durs sont largement utilisés dans diverses industries, notamment l'automobile, l'aérospatiale et l'outillage. Les revêtements durs sont déposés en utilisant, généralement, des techniques de dépôt chimique en phase vapeur (CVD) et de dépôt physique en phase vapeur (PVD). Parmi celles-ci, la pulvérisation magnétron (MS) est largement utilisée pour déposer des nitrures et des oxydes durs de métaux de transition. Au cours des 20 dernières années, le développement technologique a donné naissance à une technique de pulvérisation magnétron hautement ionisée appelée pulvérisation cathodique magnétron pulsé à haute puissance (HiPIMS - High Power Impulse Magnetron Sputtering) qui permet notamment de développer des revêtements sur mesure. Le présent article passe en revue les études sur la réalisation de dépôts durs par HiPIMS et par pulvérisation magnétron en courant continu (dcMS) mettant en évidence la supériorité des premiers sur les seconds en matière de propriétés mécaniques. L'impact de la conception de l'architecture des revêtements sur ces propriétés mécaniques est notamment mis en avant. Des études comparatives faisant état de la différence entre les deux techniques sont passées en revue et l'effet des différents paramètres de déposition HiPIMS sur les propriétés mécaniques des revêtements est largement présenté et discuté.



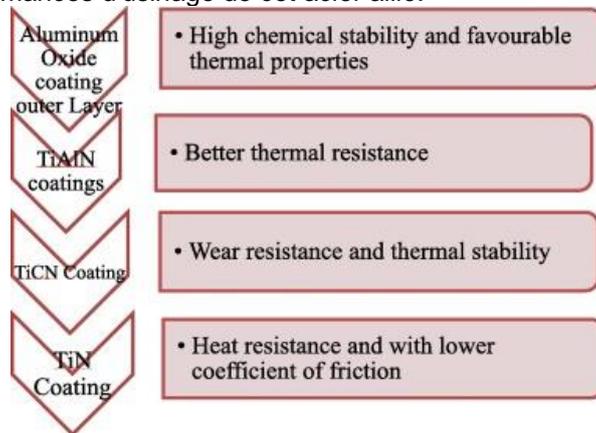
Étude de synthèse : caractéristiques des outils de coupe et dépôts de revêtement pour l'usinage de pièces dures en acier martensitique AISI 4340 (Cutting tools characteristics and coating depositions for hard part turning of AISI 4340 martensitic steel: A review study)

Rabinarayan Bag, Amlana Panda, - School of Mechanical Engineering, Kalinga Institute of Industrial Technology (KIIT), Deemed to be University, Odisha, IN

materialstoday:PROCEEDINGS, Volume 26, Part 2, 2020, Pages 2073-2078

Avec l'introduction de nouveaux matériaux pour outils durs super coupants, le procédé innovant de tournage de pièces dures a été remplacé de manière convaincante par des opérations de rectification conventionnelles. Les revêtements ont un effet important sur les caractéristiques de rendement de coupe. Les outils revêtus peuvent

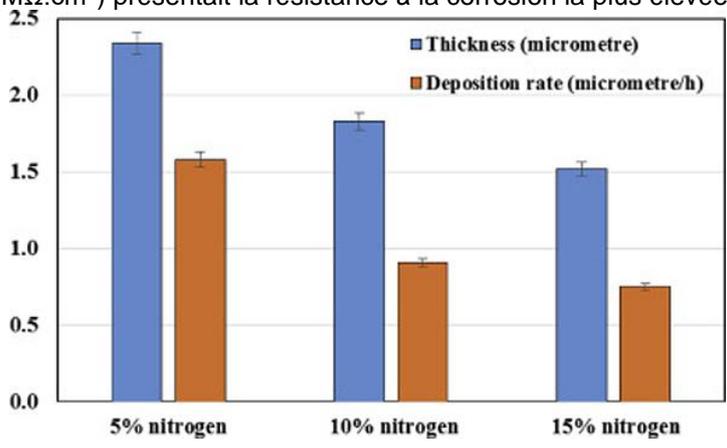
diminuer considérablement le coefficient de frottement, ce qui tend à minimiser les forces d'usinage et la rugosité de surface de la pièce usinée, même à des cadences de coupe plus élevées. L'évolution de la pratique de la coupe a été poussée par la croissance continue des performances des outils de coupe en raison de l'évolution des revêtements minces qui fournissent des caractéristiques significatives pour chaque réglage de coupe. La couche sur l'outil agit comme un pilier impératif dans l'amélioration de la résistance à l'usure. Les caractéristiques des outils de coupe peuvent être améliorées grâce aux couches de revêtement réalisées par PVD ou CVD de TiN, TiCN, TiAlN, AlCrN, etc. Ce bilan résume les propriétés des revêtements multicouches PVD et CVD et permet de mieux cerner les défis de la recherche du point de vue de la technologie des outils de coupe liés aux phénomènes tribologiques. Les aciers faiblement alliés à haute résistance (HSLA) tels que l'acier AISI 4340, sont largement utilisés dans les secteurs de l'automobile, de la défense et de l'aérospatiale. En vue d'atteindre une meilleure efficacité des processus, ce rapport dresse une carte des caractéristiques des outils qui permettra aux spécialistes d'accomplir des recherches plus approfondies sur les performances d'usinage de cet acier allié.



Caractérisation de la surface et propriétés électrochimiques des revêtements nanostructurés de nitrure de tantale (TaN) réalisés par pulvérisation cathodique magnétron (Surface characterization and electrochemical properties of tantalum nitride (TaN) nanostructured coatings produced by reactive DC magnetron sputtering)

Kazem Babaei, Arash Fattah-Alhosseini - Bu-Ali Sina University, Hamedan, IR
Surfaces and Interfaces, Volume 21, December 2020

Des revêtements nanostructurés de TaN ont été produits avec succès sur des substrats en acier inoxydable AISI 316 L en utilisant la pulvérisation magnétron DC. Dans les procédés de revêtement mis en œuvre, le seul facteur variable était le pourcentage de pression partielle de l'azote gazeux (P_{N_2}) : 5%, 10% et 15 %. Après la formation des revêtements, leur microstructure, leur composition chimique et leur tenue à la corrosion ont été étudiées. La microstructure des échantillons revêtus a été étudiée au moyen d'un microscope à balayage électronique (MEB), leur composition élémentaire et de phase par spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie de diffraction d'énergie (EDS), diffraction des rayons X (XRD) et cartographie élémentaire (MAP). Afin d'étudier la tenue à la corrosion des revêtements, des analyses par spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) et polarisation potentiodynamique (PDP) ont été effectués dans une solution de Ringer. La durée d'immersion des échantillons a été de : 1, 24, 48h et 7 jours. Les résultats des différents tests ont montré que les revêtements contenant 15% d'azote étaient constitués de phases orthorhombiques et hexagonales dures de nitrure de tantale, présentaient des pores libres et une microstructure plus dense. Ce revêtement présente une meilleure tenue à la corrosion que les deux autres pour toutes les durées d'immersion. La résistance à la corrosion de ce revêtement a également augmenté en faisant passer le temps d'immersion de 1h à 7 jours. Le revêtement contenant 15% d'azote, immergé pendant 7 jours avec une résistance de 118,68 ($M\Omega.cm^2$) présentait la résistance à la corrosion la plus élevée.



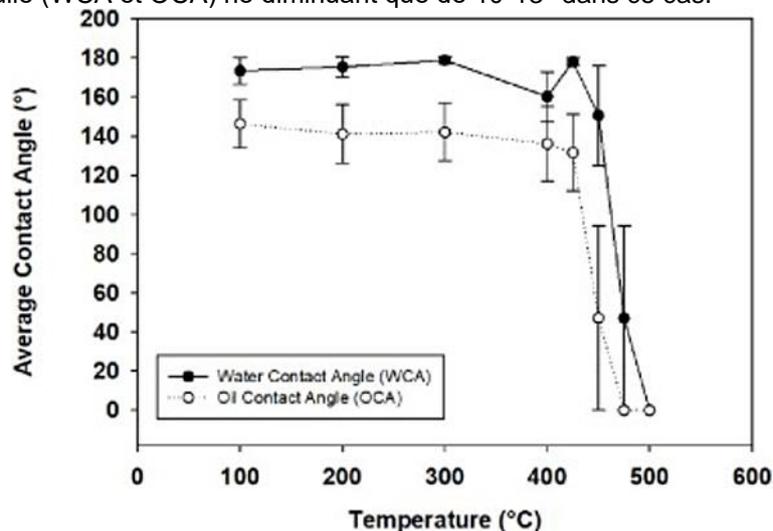
PROJECTION THERMIQUE / COLD SPRAY

Stabilité thermique de revêtements superhydrophobes et oléophobes obtenus par projection de nanoparticules de Si (Thermal stability of superhydrophobic and oleophobic silica nanoparticle spray coating)

Carol Ellis-Terrell, Ronghua Wei - Southwest Research Institute, Materials Engineering Department, San Antonio, US

materialstoday:COMMUNICATIONS, Volume 25, December 2020

Les surfaces superhydrophobes sont connues pour leur grande imperméabilité à l'eau, mais de nombreuses industries, comme la pétrochimie et l'automobile, ont non seulement besoin de surfaces résistantes à l'eau, mais aussi de surfaces résistantes à l'huile. Les revêtements oléophobes repoussent/réduisent l'adhérence des liquides visqueux et de l'huile sur les surfaces. Les nano-revêtements tels les revêtements de nanoparticules de Si sont connus pour offrir des propriétés à la fois superhydrophobes et oléophobes. Dans cette étude, des particules de Si fonctionnalisées (FSP) et non fonctionnalisées (NFSP) commerciales ainsi que des nanoparticules de Si fonctionnalisées (FSN) ont été utilisées. La durabilité et la stabilité thermique figurent parmi les principaux problèmes liés à l'utilisation de revêtements superhydrophobes et oléophobes. La stabilité thermique des revêtements réalisés par projection de nanoparticules de Si (en visant une stabilité thermique de 500°C) a été évaluée. Les résultats ont indiqué que les revêtements FSN présentaient un angle de contact élevé avec l'eau ($\geq 150^\circ$) et l'huile ($\geq 140^\circ$) à des températures plus basses (100°C) et qu'ils étaient thermiquement stables jusqu'à 400°C, les angles de contact statique avec l'eau et l'huile (WCA et OCA) ne diminuant que de 10-13° dans ce cas.



Boruration des revêtements d'Inconel 625 réalisés par HVOF (Boriding of HVOF-sprayed Inconel 625 coatings)

Thomas Lindner (a), Martin Löbel (a), Ralph Hunger (b), Robin Berger (b), Thomas Lampke (a) - a Materials and Surface Engineering Group, Institute of Materials Science and Engineering, Chemnitz University of Technology, 09107 Chemnitz, Germany ; b BorTec GmbH & Co. KG, 50354 Hürth, Germany

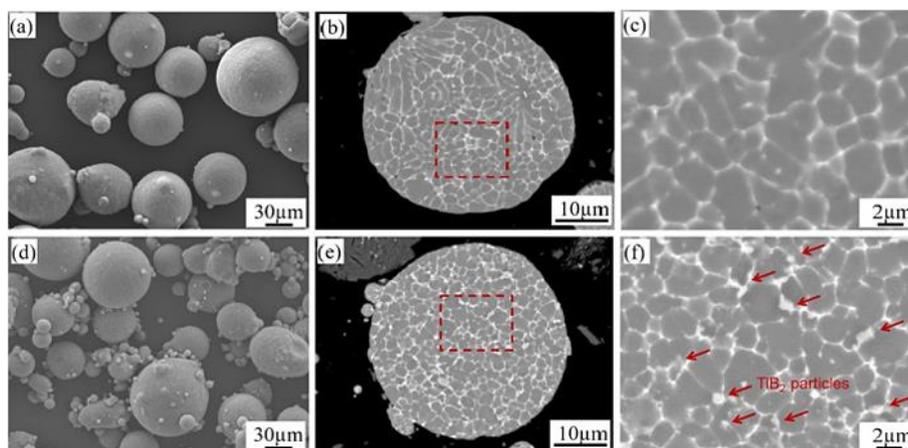
Surface and Coatings Technology, Volume 404, 25 December 2020

L'application efficace de matériaux haute performance dans des environnements difficiles nécessite des technologies de revêtement avancées et la combinaison de différents procédés de surface. La projection thermique de revêtements métalliques avec un traitement de diffusion ultérieur permet d'obtenir une combinaison unique de propriétés de masse et de surface. Le durcissement des systèmes de revêtement d'Inconel 625 par HVOF est obtenu par boruration. Aucune délamination n'est à constater pendant le post-traitement en raison de la bonne adhérence du revêtement. L'évolution de la microstructure et la formation de phases ont été analysées en détail. La réussite de la diffusion du bore dans une couche de précipitation homogène a été prouvée. Une nette augmentation de la microdureté et de la résistance à l'usure a pu être obtenue. L'amélioration significative des performances tribologiques a été obtenue indépendamment de l'état de prétraitement. La corrélation entre les propriétés structurales et mécaniques contribue à une meilleure compréhension du comportement du matériau. Dans le contexte des efforts actuels pour améliorer la résistance à l'usure, les résultats présentés fournissent une nouvelle approche comprenant un processus d'ingénierie de surface en deux étapes.

Résistance à la corrosion d'un revêtement composite 7075Al/TiB₂ réalisé par Cold Spray (Corrosion behavior of cold sprayed 7075Al composite coating reinforced with TiB₂ nanoparticles)

Xinliang Xie (ab), Bilel Hosni (c) - a ICB UMR 6303, CNRS, UTBM, Belfort; b INRAE, Centrale Lille, UMR 8207 - UMET - Unité Matériaux et Transformations, Lille; c FCLAB Research Federation (FR CNRS 3539), Belfort, FR Surface and Coatings Technology, Available online 2 October 2020

Le Cold Spray (CS) est largement utilisé pour réparer les composants endommagés et comme revêtement protecteur, notamment pour les applications aéronautiques et marines. Pour améliorer encore les propriétés mécaniques, tout en maintenant la résistance à la corrosion des revêtements en Al pur et en alliage d'Al, des particules de céramique sont couramment ajoutées dans la matrice d'Al pour produire des revêtements composites à matrice d'Al renforcée par des particules (P-AMC). Dans cette étude, des revêtements composites 7075Al denses renforcés par des nanoparticules de TiB₂ in situ uniformément réparties (ci-après dénommées TiB₂/7075Al) ont été produits avec succès par CS en utilisant une poudre composite projetée par gaz propulsifs (air et hélium). La tenue à la corrosion des composites TiB₂/7075Al a été étudiée par la méthode de Tafel, par impédance électrochimique, par spectroscopie et à l'aide de tests d'immersion dans des solutions de NaCl 0,1 M et 0,6 M. Les résultats ont été comparés à ceux obtenus avec le revêtement 7075Al pur et un revêtement 7075Al-T6. Les tests électrochimiques ont révélé que le revêtement composite présentait un taux de corrosion plus élevé que le revêtement 7075Al pur, principalement à cause du couplage galvanique entre les nanoparticules de TiB₂ et la matrice d'Al plus active. Par rapport aux revêtements traités à l'air, les revêtements traités à l'hélium présentent des densités de défauts plus élevées, comme des dislocations, ainsi que des précipités dus à une déformation plastique plus importante des particules projetées, ce qui se traduit par des sites de corrosion plus actifs et donc une résistance à la corrosion plus faible. Le traitement de recuit à basse température (230°C / 6h) réduit ces défauts et permet d'augmenter la résistance à la corrosion des revêtements. En comparaison, le traitement de recuit à haute température (412°C / 4h) entraîne le grossissement des précipités et la croissance des grains ce qui augmente le taux de corrosion. Les mécanismes de corrosion des revêtements composites CS et recuits liés à l'évolution de la microstructure ont été étudiés en détail.



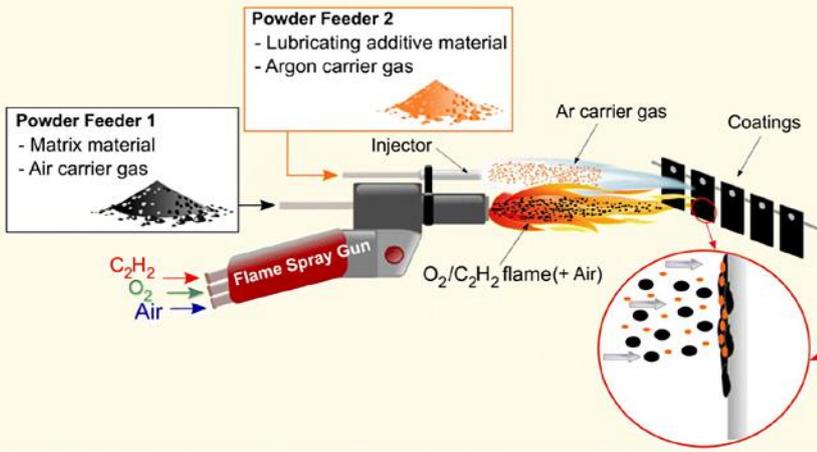
Projection à la flamme de revêtements anti-givre lubrifiés avec injection de poudres hybrides (Lubricated icephobic coatings prepared by flame spraying with hybrid feedstock injection)

Valentina Donadei, Heli Koivuluoto - Materials Science and Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Tampere University, FI

Surface and Coatings Technology, Volume 403, 15 December 2020

Des revêtements anti-givre lubrifiés ont été réalisés par projection à la flamme avec injection de matières premières hybrides. Dans ce procédé en une seule étape, les revêtements composites ont été produits en projetant un matériau matrice à partir du pistolet de projection et un additif lubrifiant à partir d'un injecteur, à l'extérieur de la flamme. Cette injection externe permet d'éviter une éventuelle dégradation thermique de l'additif sensible à la chaleur pendant la projection. Des matières premières peu coûteuses et largement disponibles ont été utilisées : le polyéthylène comme matrice et l'huile de coton (solide) comme additif lubrifiant. Les propriétés du revêtement ont été étudiées par des analyses thermiques et chimiques, des mesures de rugosité de surface et de mouillabilité à température ambiante et dans des conditions de froid. Le comportement anti-givre a été évalué par l'accrétion de glace à partir de gouttelettes d'eau surfondues dans une soufflerie de givrage. L'adhérence de la glace a été mesurée par un test d'adhérence par centrifugation. Les résultats ont montré que l'ajout du lubrifiant améliorerait les propriétés anti-givre des revêtements. De plus, le refroidissement de la température de la flamme par l'ajout d'air comprimé réduit la dégradation thermique des polymères. Ceci s'avère bénéfique et la force d'adhésion de la glace est réduite de plus de 250 kPa (métal non revêtu) à 23 kPa ± 6 kPa. Cette approche offre une solution potentielle d'ingénierie de surface pour les secteurs industriels confrontés à des problèmes de givrage.

Flame Spray Process with Hybrid Feedstock Injection

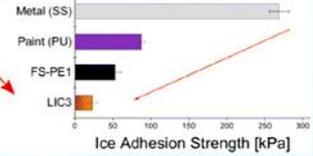


Lubricated Icephobic Coatings (LICs)

Icing Wind Tunnel (IWIT) Centrifugal Adhesion Test (CAT)



LICs



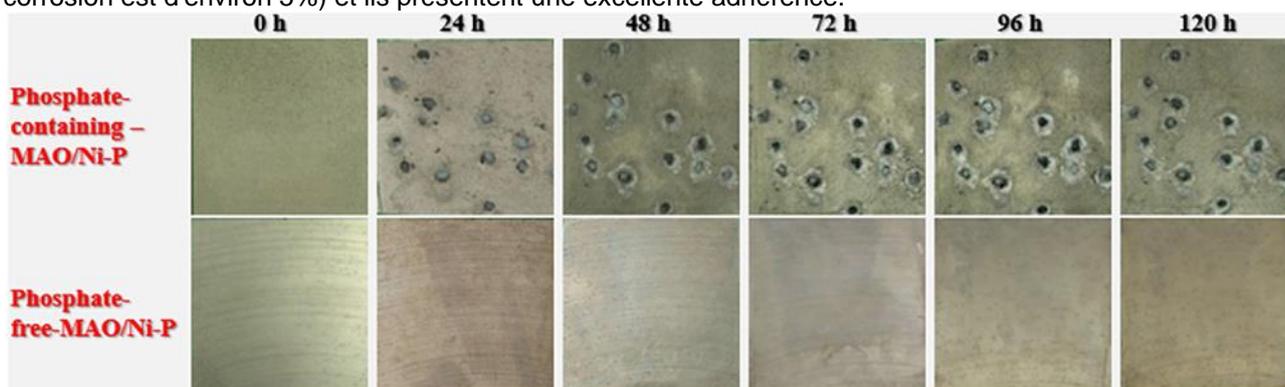
TRAITEMENT DES ALLIAGES LEGERS

Évaluation des effets microstructuraux sur le comportement à la corrosion de l'alliage de magnésium AZ31B avec un revêtement MAO et un revêtement chimique Ni-P (Evaluation of microstructural effects on corrosion behavior of AZ31B magnesium alloy with a MAO coating and electroless Ni-P plating)

Chi-An Chen, Shun-Yi Jian - Graduate School of Defense Science, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University, Taoyuan, TW

Journal of Materials Research and Technology, Available online 7 October 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S223878542031824X>

Un revêtement bicouche a été déposé sur la surface d'un l'alliage AZ31B Mg pour le protéger contre la corrosion. Le revêtement bicouche est composé d'une couche réalisée par oxydation micro-arc (MAO) et d'un revêtement Ni-P déposé par voie chimique. Le traitement MAO avec ou sans ajout d'ions phosphate est effectué en mode de puissance unipolaire. La microstructure et la composition des revêtements MAO ont été analysées par microscopie à balayage électronique (MEB) et par spectroscopie à dispersion d'énergie (SDE). La rugosité des revêtements MAO a été obtenue par interférométrie 3D en lumière blanche. Les résistances à la corrosion ont été évaluées par test de polarisation potentiodynamique ainsi que par spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS) dans une solution de NaCl à 3,5% en poids et par test au brouillard salin. Les résultats des tests d'adhérence des revêtements composites MAO/Ni-P (par étirage) ont montré que la taille des micropores du revêtement MAO est uniforme et réduite, ce qui pourrait diminuer la rugosité et améliorer la résistance à la corrosion. La résistance à la corrosion du revêtement MAO réalisé sans phosphate est supérieure à celle des traitements effectués en présence de phosphate. Le revêtement composite MAO/Ni-P sans phosphate présente un taux de corrosion plus de 4 fois inférieur à celui du revêtement composite MAO/Ni-P contenant du phosphate. Les revêtements composites MAO/Ni-P préparés sans phosphate ont permis de supprimer l'érosion en milieux agressifs après les tests au brouillard salin de 120 h (la zone de corrosion est d'environ 5%) et ils présentent une excellente adhérence.



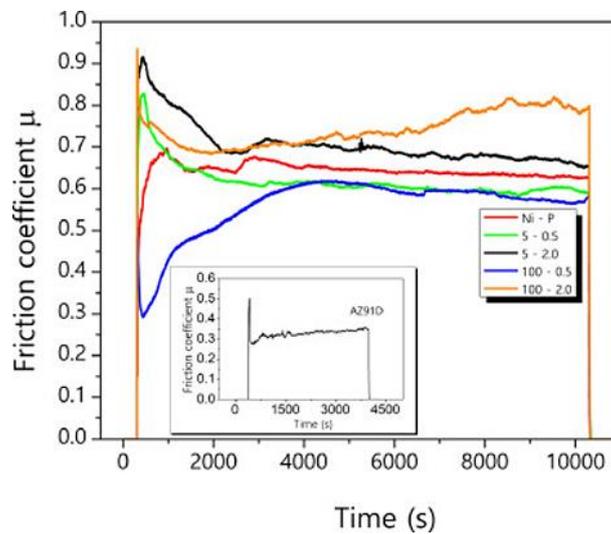
Optical images of the various MAO/Ni-P composite coated AZ31B plates after 120 h SST

Résistance à la corrosion par frottement des revêtements Ni-P/Ni-P-TiO₂ obtenus sur l'alliage de magnésium AZ91D par un procédé sans chrome (Fretting-corrosion behavior of electroless Ni-P/Ni-P-TiO₂ coatings obtained on AZ91D magnesium alloy by a chromium-free process)

Diego F. Carrillo (a), Angela Bermudez (b) - a CIDEMAT, Universidad de Antioquia, Medellín; b DSIM, Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá, CO

Surfaces and Interfaces, Available online 3 October 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468023020307252>

Les dépôts chimiques Ni-P sont largement appliqués pour la protection des alliages de magnésium et d'autres matériaux en raison de la faible consommation d'énergie du procédé et de la grande résistance à la corrosion et à l'usure qu'ils offrent, ces propriétés pouvant être améliorées par l'incorporation de particules. Malgré la combinaison attrayante des propriétés des revêtements autocatalytiques, les études dans le domaine de la tribocorrosion, comme le comportement à la corrosion par fretting des revêtements autocatalytiques Ni-P, sont très rares. Dans ce travail, des revêtements composites Ni-P-TiO₂ appliqués sur des alliages de magnésium AZ91D avec plusieurs variations de taille et de teneur des particules ont été analysés dans des conditions de corrosion de contact dans des solutions à 3,5% en poids de NaCl. Les revêtements ont été obtenus par autocatalyse directe en plusieurs étapes. Les processus sont exempts de chrome et aucun prétraitement d'activation n'est nécessaire. Les essais ont été effectués à l'aide d'un tribomètre de contact. Le potentiel mixte (potentiel en circuit ouvert) et le coefficient de frottement ont été analysés, et des traces d'usure sur les surfaces des revêtements ont été observées au MEB. Les résultats obtenus indiquent qu'une amélioration du comportement tribochimique des revêtements Ni-P peut être obtenue avec la codéposition de TiO₂ qui agit sur la zone de contact, l'accommodation élastique et la dissipation de l'énergie dans cette zone.

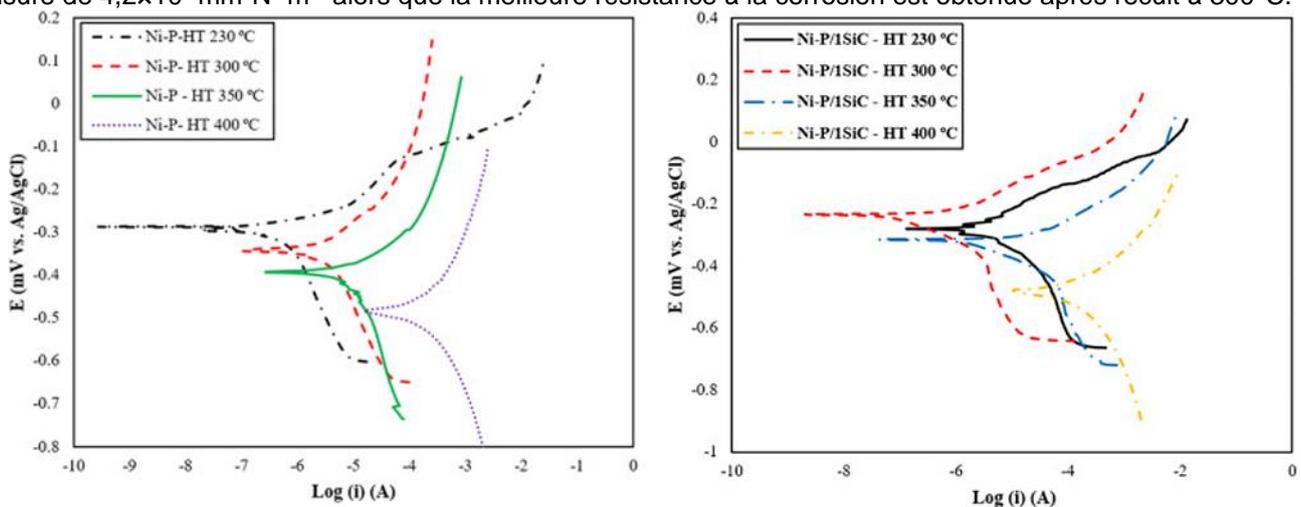


Résistance à la corrosion et à l'usure d'un revêtement chimique par conversion Ni-P/nano-SiC respectueux de l'environnement sur un alliage AZ31 Mg (Corrosion and wear behavior of an electroless Ni-P/nano-SiC coating on AZ31 Mg alloy obtained through environmentally-friendly conversion coating)

Nafiseh Ghavidel, Saeed Reza Allahkaram - School of Metallurgy and Materials Engineering, College of Engineering, University of Tehran, IR

Surface and Coatings Technology, Volume 382, 25 January 2020

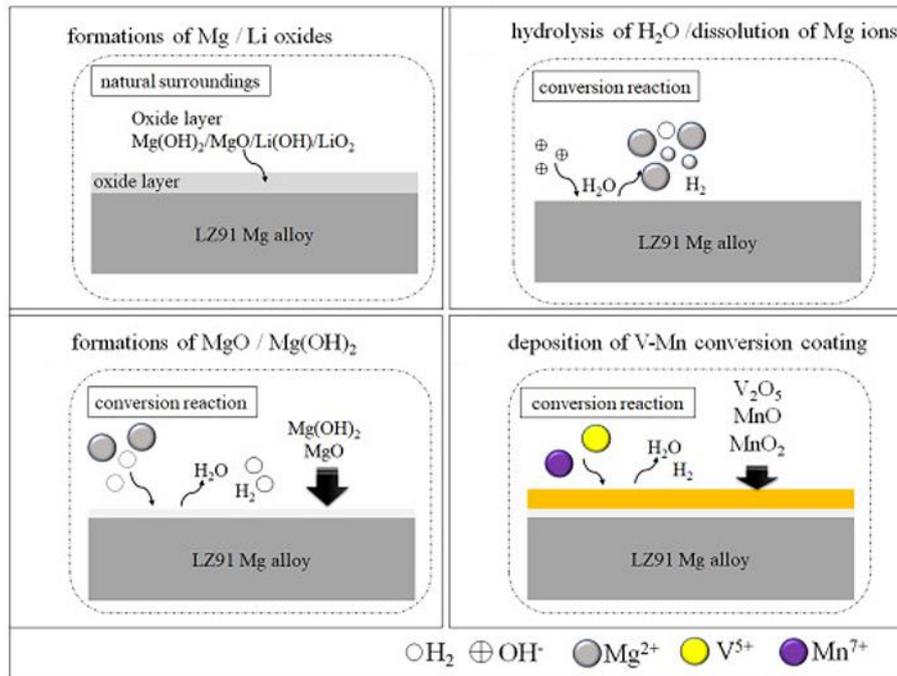
Dans ce document, un prétraitement écologique a été utilisé pour la réalisation d'un dépôt chimique Ni-P sur un alliage de magnésium AZ31. Une solution aqueuse saturée de NaHCO_3 a été utilisée pour former des composés carbonatés à la surface du substrat avant la réalisation du dépôt autocatalytique Ni-P/nano-SiC. Différentes quantités de nano particules de SiC ont été utilisées pour améliorer la dureté, la résistance à la corrosion et la résistance à l'usure des revêtements. Les revêtements ont été caractérisés par microscopie à balayage électronique (MEB), spectroscopie à dispersion d'énergie (SDE) et diffraction des rayons X (XRD). Des tests de polarisation ont été effectués pour étudier la résistance à la corrosion des revêtements. Des tests "pin on disk" ont été utilisés pour étudier le comportement à l'usure des revêtements. L'effet des températures de traitement thermique sur la structure, la dureté et le comportement à la corrosion des revêtements a été étudié. Il a été noté que la dureté du substrat avait diminué en raison de la croissance des grains de Mg à haute température. Les revêtements Ni-P traités thermiquement à 300°C ont montré une meilleure résistance à la corrosion par rapport aux autres températures. Par conséquent, la température de 300°C a été choisie comme température optimale de traitement. Les résultats ont également indiqué que l'ajout de nanoparticules de SiC (1g.L^{-1}) dans le bain permettait d'obtenir un revêtement composite Ni-P uniforme, d'une grande dureté (795 HV) et résistant à la corrosion. L'ajout de nanoparticules supplémentaires dans le bain a entraîné une agglomération des particules et n'a pas eu d'effet positif sur les propriétés. Le comportement à l'usure des revêtements a été étudié en utilisant une broche en acier AISI 52100 (test d'usure broche sur disque). Le revêtement composite optimal présente la meilleure résistance à l'usure avec un taux d'usure de $4,2 \times 10^{-5} \text{mm}^3 \text{N}^{-1} \text{m}^{-1}$ alors que la meilleure résistance à la corrosion est obtenue après recuit à 300°C .



Revêtement de conversion V-Mn pour renforcer la résistance à la corrosion de l'alliage LZ91 Mg revêtu d'un dépôt chimique de Ni-P (Characteristic V-Mn conversion coating in reinforcing corrosion resistance of electroless Ni-P coated LZ91 Mg alloy)

Shun-Yi Jian, Jun-Kai Chang - Department of Chemical & Materials Engineering, Chung Cheng Institute of Technology, National Defense University, Dasi, Taoyuan, TW

Un revêtement de conversion V-Mn a été étudié et utilisé pour améliorer la résistance à la corrosion de l'alliage LZ91 Mg revêtu d'un dépôt chimique de Ni-P. Le revêtement de conversion V-Mn mince, continu et compact a été formé sur le LZ91 après une immersion de 60s dans la solution de conversion. Les résultats de la spectroscopie d'impédance électrochimique (SIE) et du test au brouillard salin (SST) ont montré une résistance accrue à la corrosion du LZ91. L'impédance (SIE) est passée de $573\Omega\text{-cm}^2$ à $11319\Omega\text{-cm}^2$, de plus le rapport de surface détériorée du LZ91 revêtu avec la couche de conversion V-Mn a diminué de 5% après 120h d'exposition au SST. Une étude plus approfondie du revêtement V-Mn / composite Ni-P a été utilisée pour étudier l'amélioration de la résistance à la corrosion avec le dépôt chimique Ni-P. Les tests au brouillard salin ont montré la supériorité des premiers par rapport au seconds (amélioration de 3% après un test de 3h). Le substrat LZ91 à avec le revêtement composite a montré une meilleure résistance à la corrosion que le substrat LZ91 à simple revêtement chimique Ni-P. L'impédance du LZ91 à revêtement composite était de $500\Omega\text{-cm}^2$, soit plus que celle du revêtement Ni-P qui est de $5\Omega\text{-cm}^2$. Le revêtement composite présente des caractéristiques supérieures montrant l'intérêt du traitement de conversion. Sur la base des résultats obtenus, un mécanisme de résistance à la corrosion a été proposé.



Revêtements PEO (oxydation par plasma électrolytique) sur alliage de Mg utilisant des nanoparticules de TiN résistants à l'usure (Hard wearproof PEO-coatings formed on Mg alloy using TiN nanoparticles)

Dmitry V. Mashtalyar, Sergey L. Sinebryukhov - Institute of Chemistry Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, RU

Applied Surface Science, Volume 503, 15 February 2020

Afin d'augmenter la dureté et la résistance à l'usure des pièces en alliage de magnésium, il est nécessaire d'utiliser des revêtements de protection. Des couches de surface ont été formées par oxydation par plasma électrolytique (PEO) dans un électrolyte contenant des particules de nitrure de titane de taille nanométrique. La spectrométrie photoélectronique par rayons X et la spectroscopie Raman ont permis de mettre en évidence la présence de composés TiN, TiO_xN_y et TiO_2 dans la composition de la couche d'oxydation. L'oxydation du TiN dans le TiO_xN_y et le TiO_2 a été réalisée pendant le traitement PEO. Il a été démontré que les meilleures propriétés mécaniques sont obtenues avec les revêtements formés dans les électrolytes avec des concentrations en TiN de 2-3 g/l. Les propriétés mécaniques des couches obtenues ont été étudiées. Il a été établi que la dureté des revêtements contenant des nanoparticules est deux fois plus élevée par rapport au revêtement PEO formé dans l'électrolyte de base ; sa résistance à l'usure augmente de 2,2 fois. Ainsi, l'incorporation de nanoparticules de TiN dans la composition du revêtement PEO améliore considérablement les propriétés mécaniques de la surface des alliages de magnésium. Cela permet d'élargir le champ d'application de ces matériaux dans des secteurs tels que l'aviation, l'automobile, le développement de produits et de dispositifs de haute technologie.

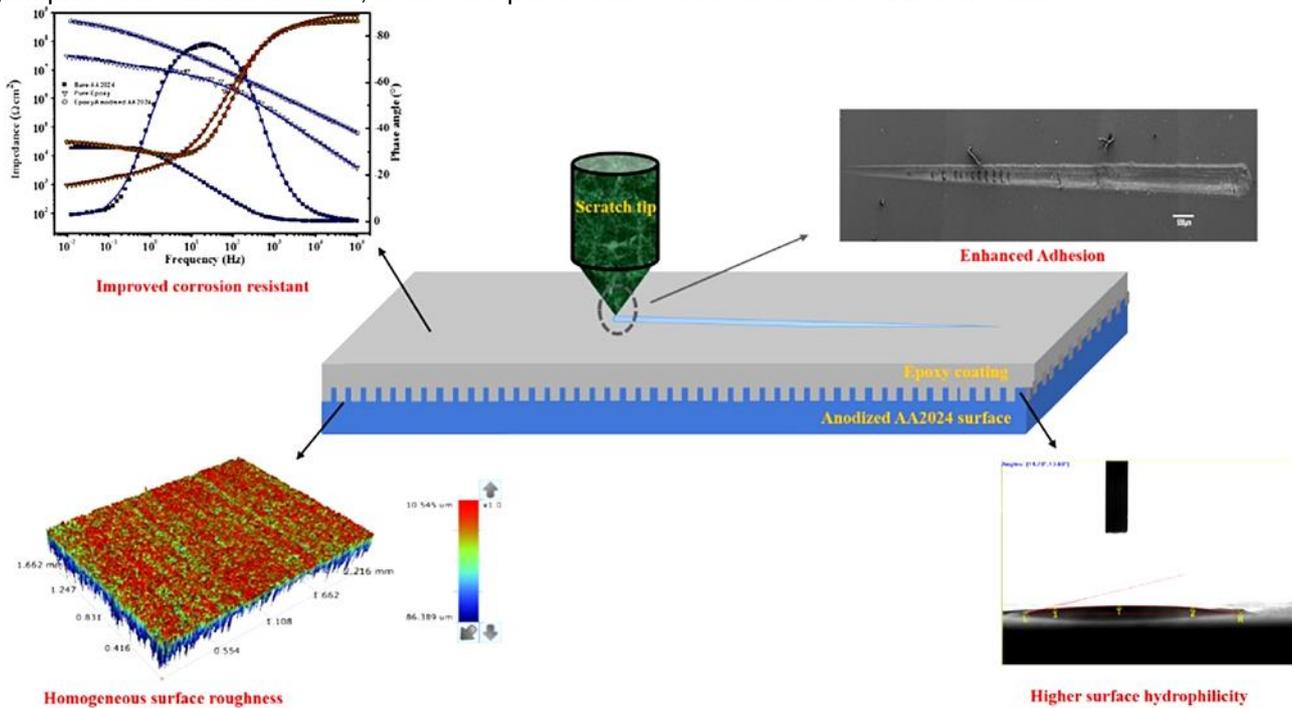
PEINTURES / REVETEMENTS ORGANIQUES

Influence d'une couche anodisée sur l'adhérence et les performances de protection de surface des revêtements organiques sur l'alliage d'aluminium aéronautique AA2024 (Influence of an anodized layer on the adhesion and surface protective performance of organic coatings on AA2024 aerospace Al alloy)

V. Jothi (a), Akeem Yusuf Adesina (b) - a Center for Research and Development, PRIST University, Thanjavur, Tamil Nadu, IN; b Center of Research Excellence in CORROSION, Research Institute, King Fahd University of Petroleum & Minerals, Dhahran, SA

Progress in Organic Coatings, Volume 138, January 2020

L'effet de l'anodisation de surface sur l'adhérence et la résistance à la corrosion des revêtements époxy a été évalué sur un alliage d'aluminium aéronautique AA2024. Une analyse de surface par microscopie à balayage électronique (MEB), profilométrie optique et analyse par diffraction des rayons X (XRD), a été réalisée pour caractériser la couche anodisée des échantillons et la manière dont elle pouvait influencer les propriétés du revêtement. La mouillabilité de la surface a également été évaluée à l'aide de mesures de contact avec l'eau. L'analyse électrochimique de la corrosion des échantillons revêtus dans une solution de NaCl à 3,5 % a été réalisée en surveillant en continu le potentiel en circuit ouvert, puis en effectuant des tests par spectroscopie d'impédance électrochimique pendant une période pouvant aller jusqu'à 30 jours. Une analyse de la résistance aux rayures a été effectuée pour évaluer quantitativement la force d'adhésion des revêtements époxy sur les échantillons anodisés. Les résultats de l'analyse de la résistance aux rayures ont indiqué que cette force était améliorée lorsque les échantillons d'AA2024 avaient subi un traitement d'anodisation. Il a été conclu que la couche anodisée améliorait l'adhérence entre les revêtements organiques et le substrat de base, améliorant par la même occasion la tenue à la corrosion.



Synthèse de polyuréthanes sans isocyanate et application dans les revêtements durcissables par rayonnement dans l'industrie aéronautique (Synthesis of non-isocyanate polyurethanes and their application in radiation-curable aerospace coatings)

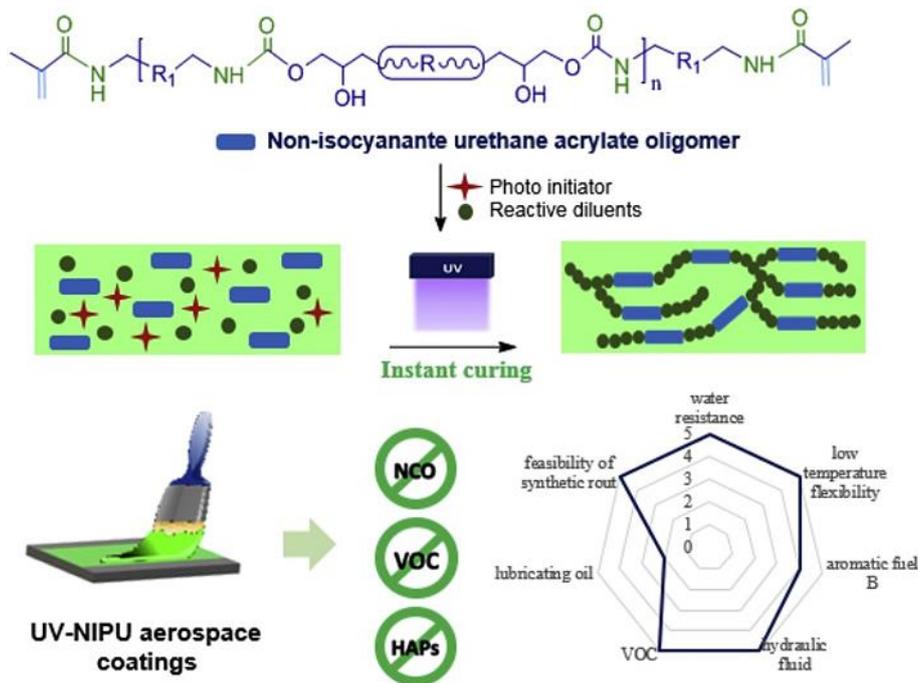
F. Zareanshahraki (a), H. R. Asemani (a), J. Skuza (b), V. Mannari (a) - a Coating Research Institute (CRI), Eastern Michigan University, 430 West Forest Ave., Ypsilanti, MI 48197, USA ; b Department of Physics & Astronomy, 240 Strong Hall, Eastern Michigan University, Ypsilanti, MI 48197, USA

Progress in Organic Coatings, Volume 138, January 2020

Bien que les revêtements polyuréthanes actuellement utilisés dans les applications aéronautiques répondent aux exigences de performances rigoureuses, ils ne sont pas conformes aux exigences environnementales (par exemple en ce qui concerne la faible teneur en COV). En outre, contenant une quantité importante de solvants, ils nécessitent généralement de longs temps de séchage, ce qui entraîne des charges de production importantes. De plus, beaucoup de ces revêtements contiennent des isocyanates, qui sont dangereux et devraient être réglementés prochainement. Dans cette étude, une série de résines uréthane-acrylate sans isocyanate (NIPU-AC) durcissables aux UV, présentant différentes structures et poids équivalents d'acrylate, ont été synthétisés et utilisés comme élément de base de revêtements pour des applications aéronautiques. La synthèse des NIPU-AC a été réalisée en trois étapes :

- des carbonates cycliques multifonctionnels (MFCC) ont été préparés par carbonatation de composés époxy aliphatiques dans des conditions de température et de pression douces en présence d'un catalyseur,
- des résines de polyuréthane à terminaison amine (PUPA) ont été synthétisées par réaction des MFCC avec une quantité stœchiométrique d'amines aliphatiques et cycloaliphatiques en excès,
- la fonctionnalité (méth)acrylate a ensuite été introduite par réaction directe des groupes amines aux extrémités de la chaîne des PUPA avec l'anhydride méthacrylique (MAAH).

Le titrage de la valeur des amines et une spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) ont confirmé la réussite de la synthèse des NIPU-AC avec un rendement supérieur à 95%. Les revêtements ont ensuite été évalués pour leurs performances critiques spécifiques au secteur aéronautique telles que la flexibilité à basse température et la résistance à des produits chimiques et fluides spécifiques. Les résultats ont montré qu'une flexibilité à -54°C et une importante résistance chimique pouvaient être atteintes grâce à une bonne conception des NIPU-AC, au choix de diluants appropriés, et aux conditions de durcissement aux UV correctes. Ces revêtements NIPU à durcissement rapide, qui contiennent peu de COV et de HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques) et sans isocyanate, pourraient se présenter comme des alternatives durables aux revêtements actuels de polyuréthane pour l'aérospatiale.

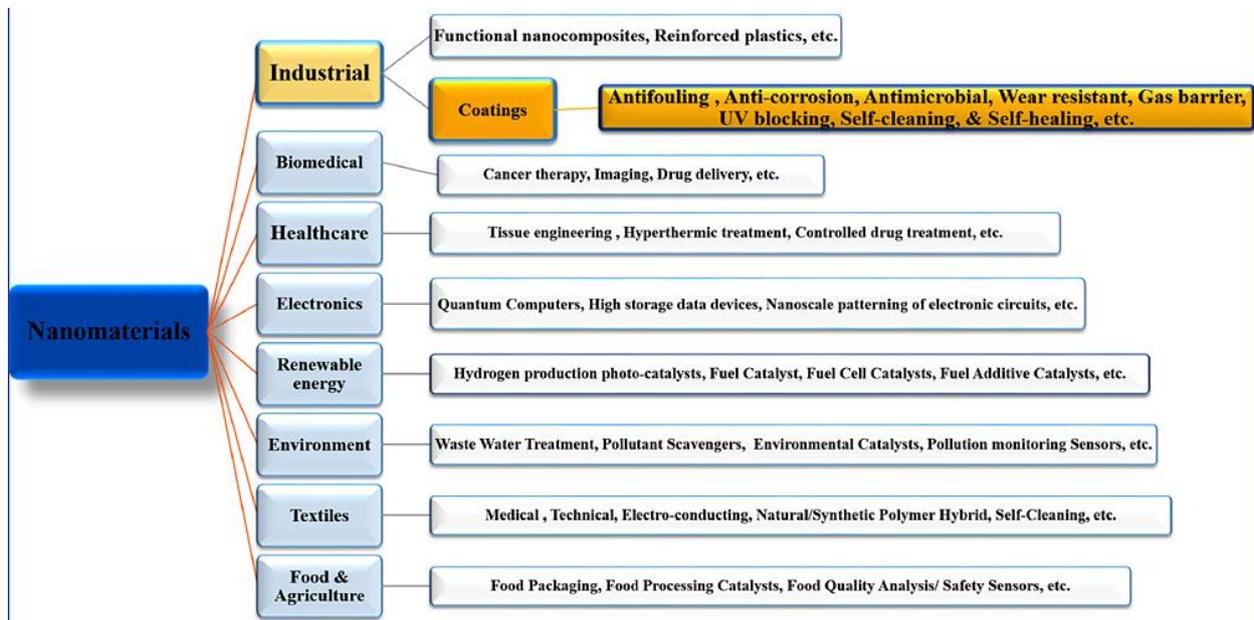


Avancées récentes dans le domaine des revêtements polymères nanocomposites pour l'anticorrosion, l'antisalissure et l'auto-cicatrisation (Recently Emerging Nanotechnological Advancements in Polymer Nanocomposite Coatings for Anti-corrosion, Anti-fouling and Self-healing)

Christopher Igwe Idumah, Chizoba May Obele - University, Faculty of Engineering, Department of Polymer and Textile Engineering, Awka, NG

Surfaces and Interfaces, Available online 2 October 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468023020307264>

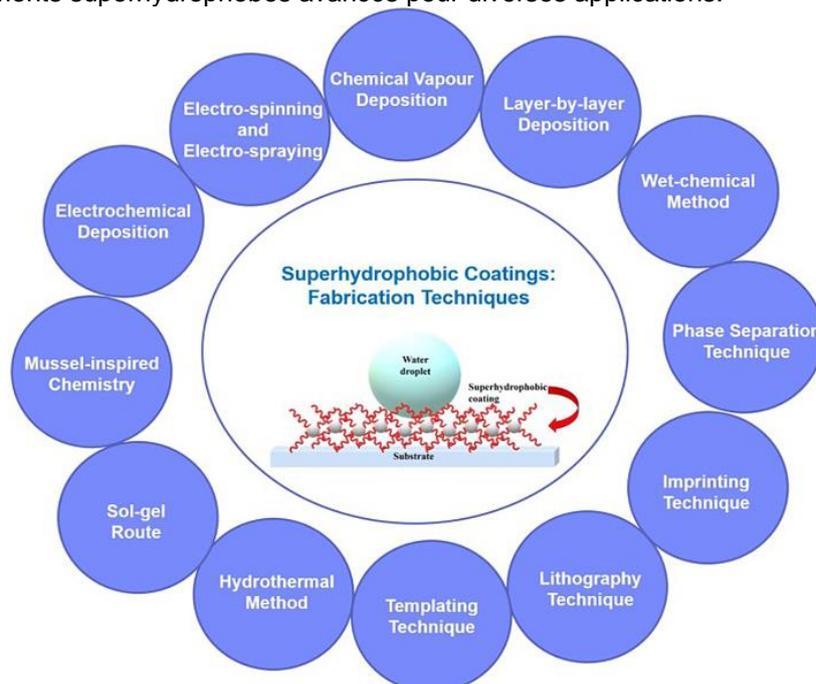
Les récentes avancées en matière de nanotechnologies ont conduit à des innovations dans le domaine des revêtements polymères nanocomposites (PNC) protecteurs notamment en ce qui concerne les fonctions anticorrosion, antisalissure et auto-cicatrisantes de ces derniers. Les nanotechnologies englobent la recherche, la fabrication et l'application d'architectures nanoparticulaires, de structures tubulaires, de feuilles ou de plaques présentant des dimensions inférieures à 100 nanomètres (nm) dans au moins une dimension. L'inclusion de nanoparticules dans des entités organiques a démontré que des propriétés améliorées essentielles pouvaient être obtenues en termes de résultats esthétiques, de résistance à la corrosion, de stabilité thermique (pour des performances à haute température), de résistance mécanique (essentielle pour résister à la détérioration des revêtements dans des environnements difficiles), de réticulation nano-architecturale (capable d'entraver la pénétration d'entités corrosives) et de prévention des bio-encrassements. Cet article explique les avancées importantes qui ont été réalisées très récemment dans les nouvelles techniques utilisées pour développer des revêtements PNC pour des applications dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'emballage, de l'automobile, de la biomédecine, de la marine et du pétrole et du gaz. Les structures des marchés émergents et les nouvelles applications sont également présentées.



Principes fondamentaux, contraintes et techniques de fabrication des revêtements superhydrophobes (A review on fundamentals, constraints and fabrication techniques of superhydrophobic coatings)

Amrita Hooda, M. S. Goyat - a Department of Electronics & Communication Engineering, School of Engineering, University of Petroleum & Energy Studies, Dehradun, Uttarakhand, IN
 Progress in Organic Coatings, Volume 142, May 2020

Ces deux dernières décennies, les communautés scientifiques et les fabricants de revêtements ont présenté des revêtements superhydrophobes pour diverses applications des secteurs automobile, marine, médecine, énergie... Dans le monde entier, les chercheurs ont présenté les principes fondamentaux, les techniques de fabrication et les applications des revêtements superhydrophobes. Cependant, la plupart des études rapportées ont fourni des informations limitées sur les principes fondamentaux et les techniques de fabrication de ces revêtements et étaient plus spécifiquement orientées leurs applications dans secteurs particuliers. Cette revue présente une description détaillée des principes fondamentaux des revêtements superhydrophobes, des problèmes et des techniques de fabrication. En outre, elle donne un aperçu de leurs applications potentielles. Les principaux obstacles au développement des revêtements superhydrophobes sont les suivants : matériaux superhydrophobes coûteux, durabilité des nanocaractéristiques, stabilité des revêtements, problème de précipitation/condensation, problème d'impact et problème de mouillage des émulsifiants/huile, etc. Les meilleures techniques de fabrication des revêtements superhydrophobes sont le sol-gel, la voie humide, le dépôt électrochimique et la chimie inspirée des moules. À l'avenir, l'optimisation des paramètres de contrôle de ces voies de traitement est fortement souhaitée pour développer les revêtements superhydrophobes avancés pour diverses applications.



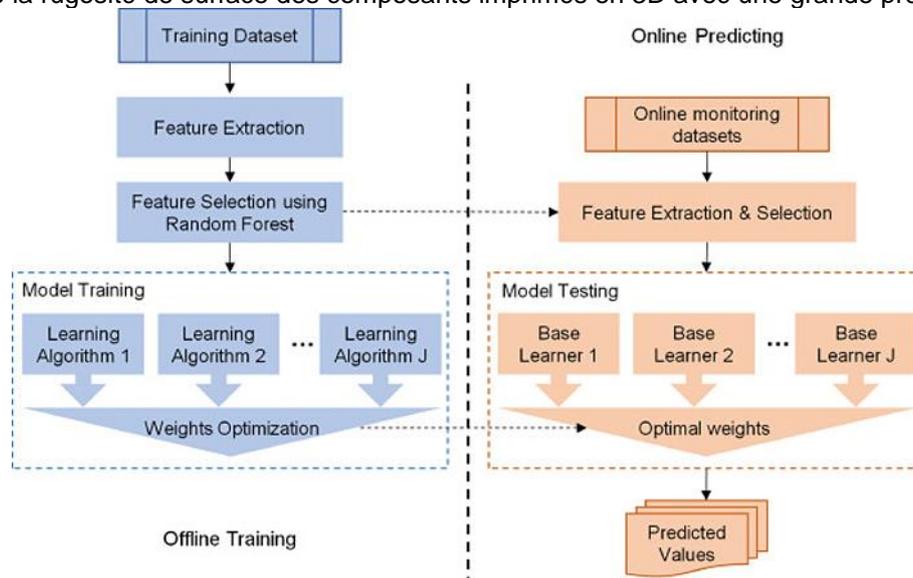
FABRICATION ADDITIVE

Fabrication additive : prédiction de la rugosité de surface par un apprentissage machine (Prediction of surface roughness in extrusion-based additive manufacturing with machine learning)

Zhixiong Li, Ziyang Zhang - Department of Mechanical and Aerospace Engineering, University of Central Florida, Orlando, US

Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 57, June 2019

La fabrication additive (AM), également connue sous le nom d'impression 3D, a été de plus en plus adoptée au cours de ces dernières années dans les secteurs de l'aérospatiale, de l'automobile, de l'énergie et de la santé. Bien qu'elle présente de nombreux avantages par rapport aux procédés de fabrication soustractifs, l'une de ses principales limites est l'intégrité de la surface. Pour améliorer cette dernière, une approche de modélisation prédictive basée sur les données pour prédire la rugosité de la surface en AM est proposée. De multiples capteurs de différents types, y compris des thermocouples, des capteurs de température infrarouge et des accéléromètres, sont utilisés pour collecter des données de température et de vibration. Un algorithme d'apprentissage a été développé pour proposer un modèle prédictif de la rugosité de surface. Les caractéristiques temps / fréquence sont extraites des données de surveillance de l'état de la surface par les capteurs. Un sous-ensemble de ces caractéristiques est sélectionné pour améliorer l'efficacité du calcul et la précision des prévisions. Le modèle prédictif a été validé à l'aide des données de surveillance des conditions recueillies lors d'une série de tests AM effectués sur une machine d'impression par dépôt de filament fondu. Les résultats expérimentaux ont montré que l'approche de modélisation prédictive proposée était capable de prédire la rugosité de surface des composants imprimés en 3D avec une grande précision.

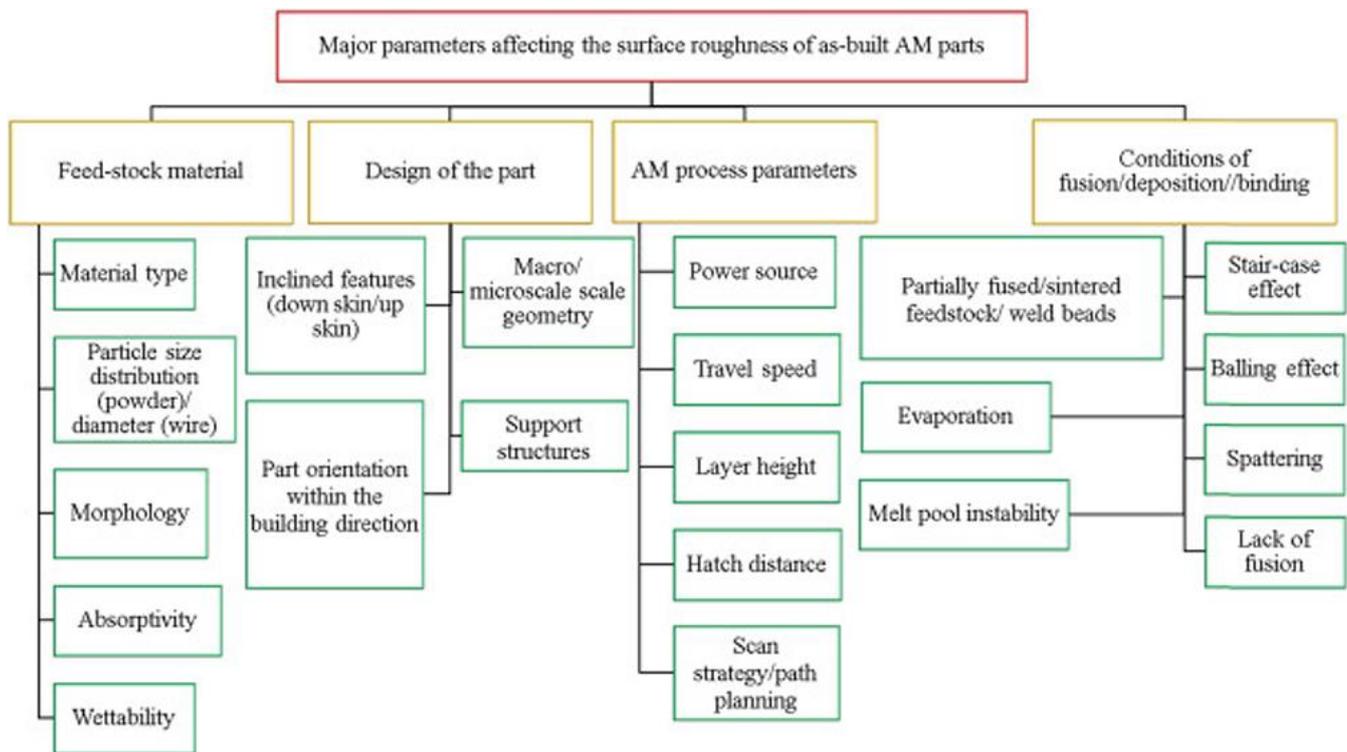


Post-traitements de surface pour la fabrication additive métallique: progrès, défis et opportunités (Surface post-treatments for metal additive manufacturing: Progress, challenges, and opportunities)

Erfan Maleki, Sara Bagherifard - Politecnico di Milano, IT; Peen Service Srl, IT

Additive Manufacturing, Available online 28 September 2020

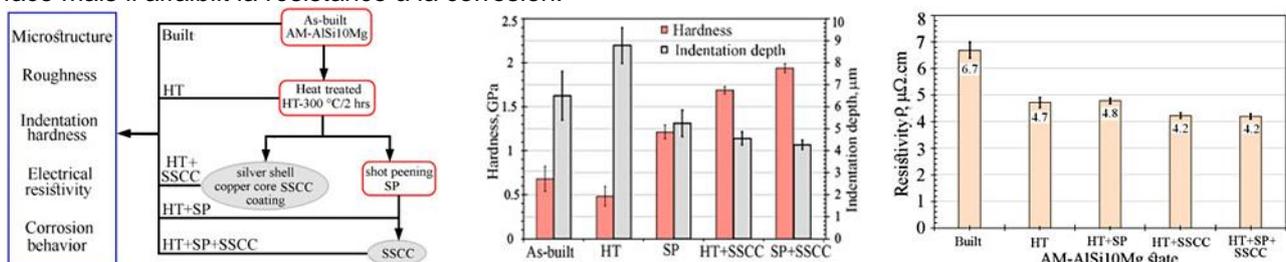
La fabrication additive de pièces métalliques est un domaine en pleine expansion en raison de la possibilité de fabriquer des pièces de géométrie complexe avec des caractéristiques personnalisées pour un large éventail d'applications. Toutefois, ces pièces présentent généralement une qualité de surface inadéquate et médiocre. En effet, les imperfections et défauts de surface (« effet d'escalier », matière première partiellement fondue, fusion inadéquate...), entraînent une morphologie de surface particulièrement irrégulière. Cette rugosité de surface élevée peut détériorer considérablement les performances des pièces fabriquées, ce qui limite considérablement leurs applications potentielles. Par exemple, la résistance à la fatigue, à l'usure et aux rayures, la précision dimensionnelle et les aspects esthétiques peuvent être fortement affectés. Un effort important a été récemment consacré au développement de post-traitements pour améliorer la qualité de la surface des pièces métalliques ainsi fabriquées. Dans cet article, divers traitements appliqués à des échantillons fabriqués à l'aide de différentes technologies de fabrication additive, sont présentés et discutés. Les progrès réalisés dans ce domaine sont mis en évidence, et les résultats obtenus à partir de différentes catégories de post-traitements sont comparés et examinés. Les défis et les possibilités de mieux contrôler la rugosité de surface des pièces métalliques réalisées par fabrication additive grâce à l'application de ces post-traitements sont abordés.



Revêtement d'argent - cuivre type cœur-coquille pour améliorer la conductivité électrique et la résistance à la corrosion d'un alliage AlSi10Mg réalisé par fabrication additive (Enhancement of electrical conductivity and corrosion resistance by silver shell-copper core coating of additively manufactured AlSi10Mg alloy)

Timo Rautio, Atef Hamada - Kerttu Saalasti Institute, University of Oulu, Nivala, FI
 Surface and Coatings Technology, Volume 403, 15 December 2020

Un revêtement d'argent - cuivre de type cœur-coquille a été appliqué sur une pièce en alliage AlSi10Mg réalisé par fabrication additive (AM) afin d'améliorer sa conductivité électrique, sa résistance à la corrosion, sa rugosité de la surface et sa dureté. L'évolution de la microstructure de la surface et la rugosité de l'alliage AM, c'est-à-dire tel que fabriqué, au cours des différentes étapes, telles que le traitement thermique, le grenailage de précontrainte et le revêtement Ag-Cu, ont été caractérisés de manière exhaustive à l'aide d'un microscope à balayage électronique et d'un microscope à balayage laser. Des tests d'indentation de l'alliage revêtu ont été effectués pour étudier la dureté. La tenue à la corrosion et la conductivité électrique de l'alliage AM revêtu ont été évalués et comparés à ceux de l'alliage AM grenailé, en utilisant respectivement des mesures électrochimiques et de résistivité électrique. Les résultats ont montré que le revêtement Ag-Cu pouvait augmenter de manière significative la dureté de surface de l'alliage AlSi10Mg d'un facteur 4, avec une amélioration moyenne de 60% de la rugosité. La caractérisation électrochimique montre une augmentation significative de la résistance à la corrosion avec le revêtement Ag-Cu par rapport à l'alliage AlSi10Mg non revêtu (avec une faible densité de courant de corrosion de 4 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ dans une solution de chlorure). Il a également été observé que le revêtement Ag-Cu conduisait à une réduction de la résistance électrique de l'alliage AM de 40%. Enfin, le grenailage de précontrainte est bénéfique pour le durcissement de la surface mais il affaiblit la résistance à la corrosion.

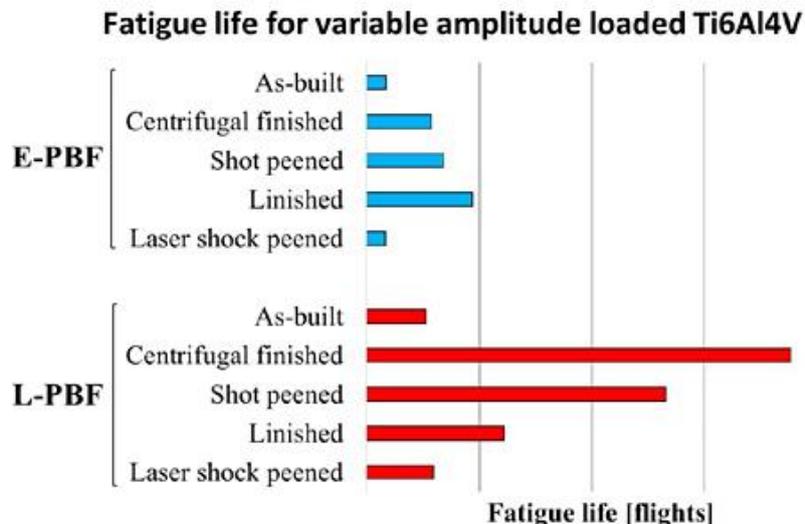


Durée de vie en fatigue d'un alliage Ti6Al4V fabriqué par AM et soumis à différents post-traitements de surface (Variable amplitude loading of additively manufactured Ti6Al4V subjected to surface post processes)

M. Kahlin, H. Ansell - Saab AB, Aeronautics, SE
 International Journal of Fatigue, Volume 142, January 2021

La durée de vie en fatigue des métaux fabriqués par AM doit être améliorée avant qu'ils puissent être introduits dans des applications structurelles aérospatiales critiques pour le vol. Dans cette étude, le matériau Ti6Al4V obtenu par L-PBF (fusion laser sur lit de poudre) et E-PBF (fusion par faisceau d'électrons sur lit de poudre) a donc été soumis

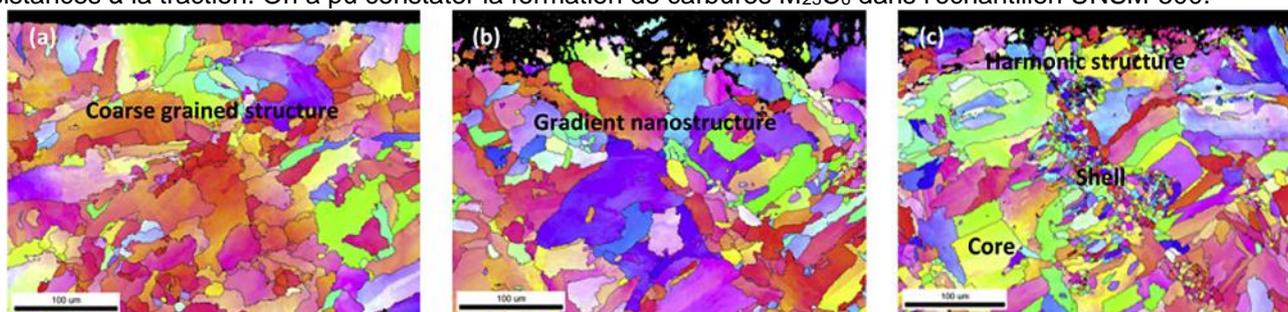
à quatre post-processus de surface différents. Des essais en fatigue à amplitude variable ont été effectués et comparés aux prévisions de durée de vie en fatigue basées sur des essais de fatigue à amplitude constante en utilisant une approche de dommages cumulés. Les prédictions sont conformes aux résultats expérimentaux et les matériaux L-PBF et E-PBF post-traités ont montré une augmentation de la durée de vie en fatigue significative (> 5 fois).



Post-traitement de surface prometteur des alliages Co-Cr-Mo fabriqués par AM pour adapter les gradients de nanostructure et la structure harmonique (A promising post-additive manufacturing surface modification for tailoring gradient nanostructure and harmonic structure in Co–Cr–Mo alloy)

Auezhan Amanov - Department of Mechanical Engineering, Sun Moon University, Asan, KR
 Vacuum, Volume 182, December 2020

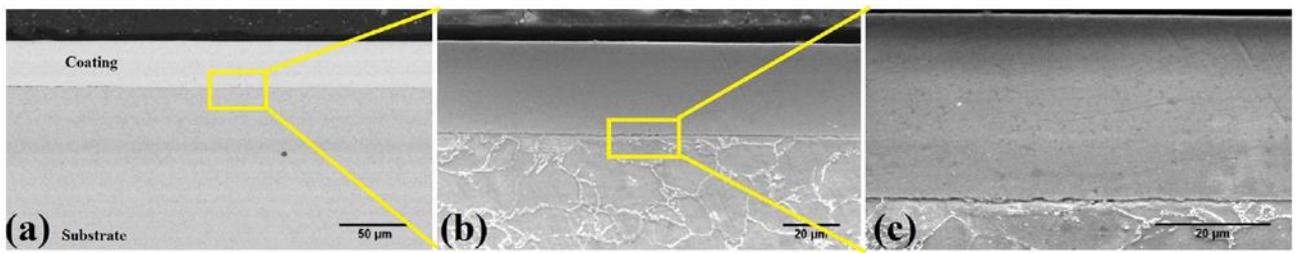
Dans cette étude, l'auteur a modifié la surface des nanocristaux d'un alliage Co-Cr-Mo (obtenu par AM) par ultrasons (UNSM - ultrasonic nanocrystal surface modification) à 25 et 500°C afin qu'il présente à la fois une structure harmonique (HS) et des gradients de nanostructure (GN). L'objectif principal est de caractériser les changements microstructuraux, d'évaluer les propriétés mécaniques de la GN et de la HM et d'adapter le procédé afin de contrôler les propriétés mécaniques obtenues. La température de l'UNSM joue un rôle important dans le contrôle de la microstructure et dans la résistance des structures GN et HM. L'échantillon traité par UNSM à 500°C présente une résistance plus élevée que celle des échantillons traités à 25°C. Il est à noter que le HS affiche les plus grandes résistances à la traction. On a pu constater la formation de carbures $M_{23}C_6$ dans l'échantillon UNSM-500.



Évaluation de la résistance à la corrosion d'un revêtement Ni-P déposé sur un acier de fabrication additive

(Evaluation of the corrosion resistance of a Ni-P coating deposited on additive manufacturing steel : A dataset)
 Dayi Gilberto Agredo Diaz (a), Arturo Barba Pingarrón (b) - a Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica-Bogotá, CO; b Universidad Nacional Autónoma de México, CENISA, MX
 Data in Brief, Volume 32, October 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340920310532>

Cet article présente l'ensemble des données obtenues pour le travail de recherche intitulé « Effet d'un revêtement Ni-P sur la résistance à la corrosion d'un acier au carbone réalisé par AM et immergé dans une solution de NaCl 0,1M ». Des caractérisations microstructurales, mécaniques et électrochimiques ont été effectuées par spectroscopie d'impédance électrochimique et bruit électrochimique afin de l'influence du revêtement. Les dimensions de la couche et la dureté ont été mesurées, ainsi que l'épaisseur du revêtement. La résistance à la corrosion, la résistance au bruit électrochimique et les indices de localisation ont été calculés. Les données montrent une augmentation de la résistance à la corrosion.



(a) Scanning electron microscope micrograph of backscattered electrons from the substrate and the Ni-P coating, (b) magnification of the highlighted area in a, micrograph by secondary electrons, (c) Magnification of the area marked in b showing a detail of the base metal-coating interface.

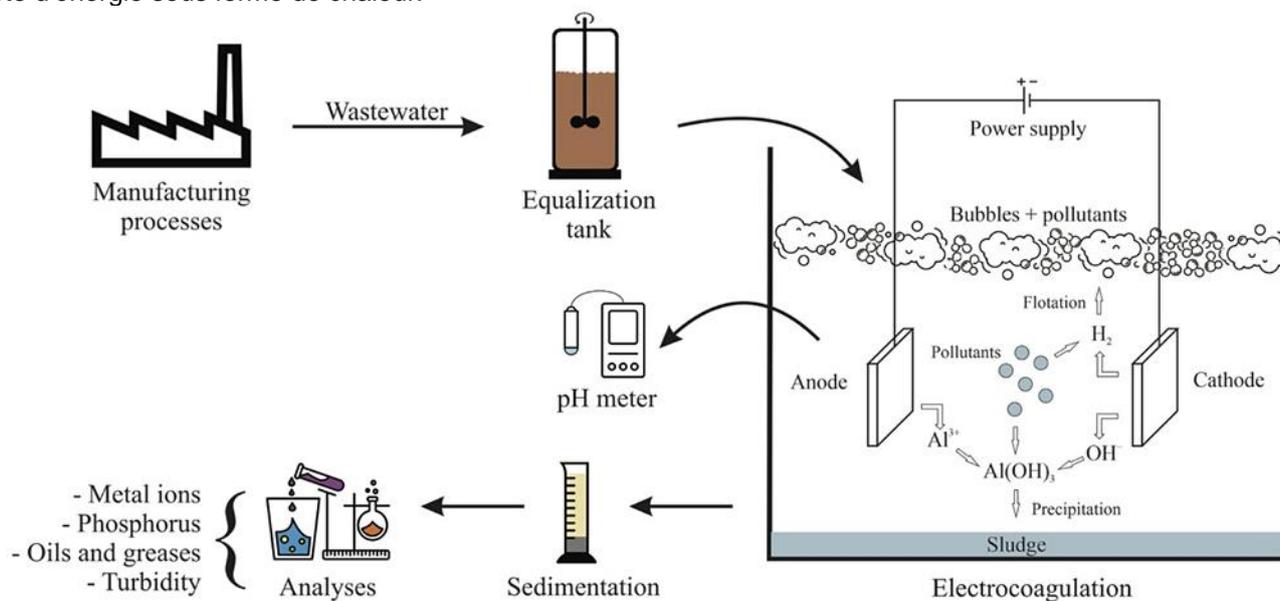
GESTION DES DECHETS

Traitement des eaux usées de l'industrie automobile par électrocoagulation à l'aide d'électrodes en aluminium disponibles dans le commerce (Treatment of automotive industry wastewater by electrocoagulation using commercial aluminum electrodes)

Lucas Pandolphi Zini, Marielen Longhi - Área do Conhecimento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade de Caxias do Sul, BR

Process Safety and Environmental Protection, Volume 142, October 2020

Les déchets liquides industriels peuvent causer de graves dommages à la nature et à la santé humaine. Compte tenu de la protection des ressources en eau et, surtout, du respect de la législation en vigueur et des normes internationales, plusieurs technologies de traitement des eaux usées ont été étudiées. En général, le traitement physico-chimique est bien établi et est appliqué par la plupart des industries. L'électrocoagulation (EC) est une méthode de traitement des eaux usées qui a été évaluée comme une procédure pouvant remplacer le traitement conventionnel et réduire considérablement la quantité de boues produites. Dans ce contexte, ce travail visait à appliquer l'EC au traitement d'un déchet liquide industriel d'une entreprise automobile pour évaluer l'efficacité de la technique. Les eaux usées industrielles ont été collectées, traitées et analysées au regard de certaines normes de rejet, notamment en ce qui concerne le phosphore, les huiles et les graisses, le pH, la turbidité et les métaux (Al, Cr, Fe, Mn et Zn). En outre, l'usure des électrodes en aluminium utilisées dans le processus, la consommation d'électricité et le respect des normes de rejet ont également été évalués. En général, l'efficacité de l'élimination ou la réduction des paramètres de décharge était proportionnelle au temps et à la densité de courant électrique, mais un seul ensemble de paramètres appliqués a respecté toutes les limites. L'efficacité du courant électrique dépassait 150%, ce qui indique que l'usure des électrodes dépassait l'estimation fournie par la loi de Faraday. En outre, la consommation d'électricité a augmenté proportionnellement au temps et à la densité du courant électrique, avec une perte d'énergie sous forme de chaleur.



Méthode d'extraction prometteuse pour la récupération de palladium issu des effluents de l'industrie automobile à partir du CO_2 supercritique (Promising polymer-assisted extraction of palladium from supported catalysts in supercritical carbon dioxide)

Andrea Ruiu (a), Bernhard Bauer-Siebenlist (b) - a ICGM, Univ Montpellier, CNRS, ENSCM, Montpellier, FR; b Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG, Hanau, DE

Journal of CO_2 Utilization, Volume 41, October 2020

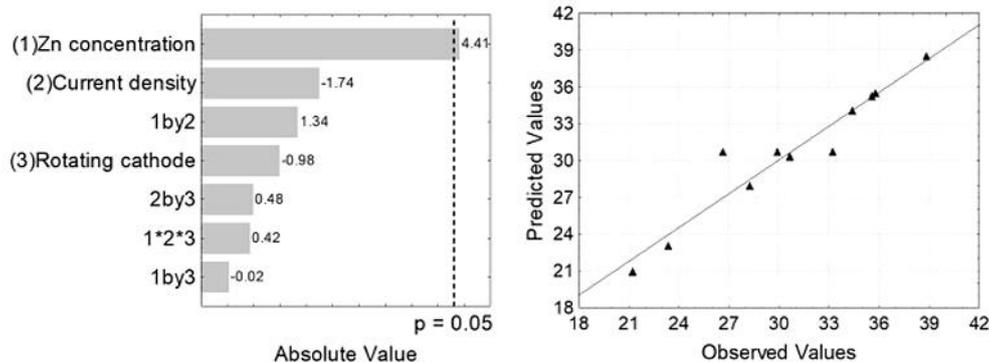
Les métaux précieux, en particulier le palladium (Pd), ont un large éventail d'applications allant des catalyseurs automobiles à la production de produits de chimie fine. Néanmoins, ces métaux sont relativement rares et très coûteux, de plus, leur utilisation industrielle reste massive. Au cours des dernières décennies, différentes méthodes de recyclage ont été explorées. Aujourd'hui, les méthodes les plus appliquées, à savoir la pyro et/ou l'hydrométallurgie, impliquent des processus à forte intensité énergétique et/ou la génération de grandes quantités d'effluents à traiter. Le développement d'un processus de recyclage plus durable des métaux précieux est donc hautement souhaitable. Dans le présent travail, les auteurs proposent un processus durable basé sur l'utilisation d'un solvant vert, le CO_2 supercritique, fonctionnant dans des conditions douces ($P = 25MPa$ et $T = 40^\circ C$). Le processus d'extraction est possible grâce à l'ajout de polymères complexants solubles dans le CO_2 et portant des unités de pyridine. La méthode proposée conduit à l'extraction de plus de 70% de Pd à partir d'un catalyseur de type aluminosilice.



Alliages Zn-Ni anticorrosifs : une alternative pour le traitement des eaux usées de l'industrie de traitements de surface (Anticorrosive Zn–Ni alloys: An alternative for the treatment of electroplating industry wastewater)

Fernando Leite Moreira, Josiel Martins Costa - Laboratory of Electrochemical Processes and Anticorrosion, Department of Products and Processes Design, School of Chemical Engineering, University of Campinas, BR

Cette étude porte sur le traitement des eaux usées riches en nickel pour produire des alliages Zn-Ni dans différentes conditions, en analysant la concentration de sulfate de zinc, la densité de courant électrique et une cathode rotative. La cinétique d'élimination du nickel a montré un comportement réversible et de premier ordre. Les alliages ayant une composition de 2% en poids de nickel, selon l'analyse par spectroscopie à rayons X à dispersion d'énergie, étaient plus anticorrosifs, avec une résistance de polarisation de 1276,7Ωcm², que les alliages contenant 5% en poids de nickel. La spectroscopie d'impédance électrochimique a prouvé que les alliages contenant 2% en poids de nickel étaient plus résistants à la corrosion et a indiqué la formation d'une couche d'oxyde poreuse. En outre, les micrographies des alliages contenant 2% en poids de nickel ont montré une homogénéité sans fissures ni grains nodulaires, contrairement aux alliages contenant 5% en poids de nickel, qui présentaient des fissures et étaient hétérogènes. La diffraction par rayons X a montré des structures différentes selon la quantité de Ni. Ainsi, le dépôt de métaux à partir des eaux usées est une alternative aux traitements conventionnels et évite l'utilisation de bains synthétiques.

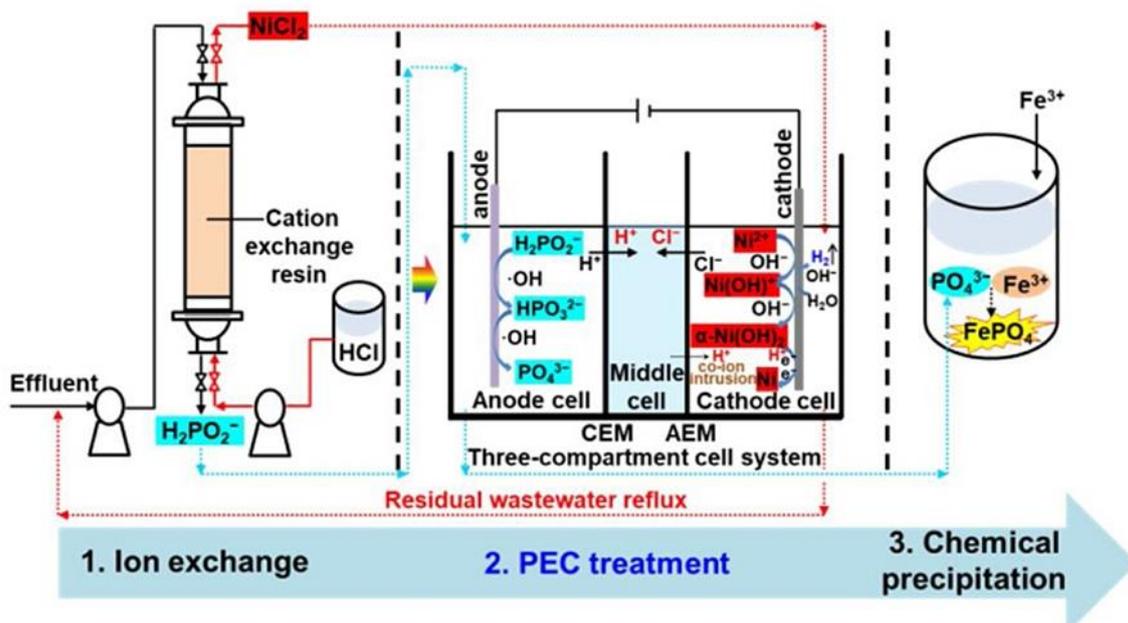


Récupération du phosphore et du nickel métallique et production de HCl à partir des effluents de nickelage chimique: le rôle clé du système de cellules photoélectrocatalytiques à trois compartiments (Recovery of phosphorus and metallic nickel along with HCl production from electroless nickel plating effluents: The key role of three-compartment photoelectrocatalytic cell system)

Juanjuan Zhang, Ridha Djellabi - Key Laboratory of Drinking Water Science and Technology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, CN
Journal of Hazardous Materials, Volume 394, 15 July 2020

Un système de cellules photoélectrocatalytiques (PEC) à trois compartiments combiné à un échange d'ions et à une précipitation chimique a été proposé pour récupérer le phosphore et le nickel des effluents de nickelage chimique contenant des ions hypophosphite (H₂PO₂⁻) et nickel (Ni²⁺). L'échange d'ions a été utilisé pour concentrer et séparer le Ni²⁺ et le H₂PO₂⁻. En tant qu'unité clé, le système PEC établi était constitué d'une photoanode TiO₂/Ni-Sb-SnO₂ et d'une cathode Ti. Avec 25,8mM de NaH₂PO₂ et 500mM de NiCl₂, 100% de H₂PO₂⁻ a été oxydé en PO₄³⁻ dans la cellule anodique, 78 % de Ni²⁺ a été récupéré sous forme de Ni métallique dans la cellule cathodique, et 900mM de HCl ont été obtenus dans la cellule centrale en 24 h à 3,0V. Ce sont principalement les radicaux [•]OH qui sont responsables de l'oxydation de H₂PO₂⁻. La spectroscopie Raman in situ a indiqué que Ni²⁺ a d'abord réagi avec OH⁻ pour former du α-Ni(OH)₂, qui a été progressivement réduit en Ni métallique. Une légère baisse du pH dans la cellule cathodique du système à trois compartiments a été bénéfique pour la réduction du Ni²⁺ en Ni⁰. Le PO₄³⁻ obtenu a été récupéré par précipitation chimique. Enfin, la récupération du phosphore et du nickel métallique ainsi que la production de HCl à partir des effluents d'un véritable nickelage chimique ont été démontrées en termes d'efficacité, de coûts-avantages et d'évaluation de la stabilité.

Wastewater-resourcezation Treatment Process



Méthode efficace de recyclage du Cu provenant des eaux usées de TS par la voie combinée d'une réaction de Fenton et de l'hydrométallurgie (Effective recycling of Cu from electroplating wastewater effluent via the combined Fenton oxidation and hydrometallurgy route)

Suiyi Zhu, Zihua Wang - a School of Environment, Northeast Normal University, Changchun, CN
Journal of Environmental Management, Volume 271, 1 October 2020

Les métaux lourds, qui se présentent généralement sous des formes complexes, sont difficiles à éliminer des effluents d'eaux usées de l'industrie, et le recyclage de leurs ressources est rarement signalé. Ici, un effluent d'eaux usées alcalines contenant du cuivre a été traité efficacement par oxydation (Fenton), et la boue de générée a été recyclée en particules de ténorite et d'hématite très pures. L'effluent contenait 1,51mg/L de Cu et a été soumis à une oxydation, à un ajustement de pH et à une coagulation. Parmi les trois méthodes, la méthode de Fenton s'est révélée efficace, le Cu résiduel dans l'effluent étant de 0,06mg/L, ce qui correspondait à la norme de rejet des eaux usées d'électrodéposition. Cependant, l'élimination du Cu a atteint moins de 20% après ajustement du pH et coagulation. Les boues contenant du Cu, générées par le procédé de Fenton ont été dissoutes dans un mélange d'acides chlorhydrique et nitrique. La solution dissoute contenait 1,92g/L de Cu et 73,6g/L d'impuretés de Fe. Le Fe impur (67,4%) a été éliminé sous forme d'agrégats d'hématite après que la solution ait été directement traitée par hydrométallurgie, tandis que 99,2% de Cu ont été conservés. Lorsque 0,5ml de méthanol a été introduit dans le système hydrométallurgique, près de 100% du Fe a été éliminé sous forme de nanoparticules d'hématite d'une pureté de 94,8% (Fe_2O_3), tandis que plus de 98% du Cu a été conservé. Le Cu résiduel était de 1,88g/L et précipité sous forme de bloc de ténorite avec une teneur en CuO de 91,1% en ajustant la solution traitée à pH 9. Cette étude propose une méthode respectueuse de l'environnement pour enrichir le Cu des effluents d'eaux usées de TS sans générer de déchets.