



EDITO

Par Pierre BRUCHET

Président de l'A3TS

VOUS AIDER A SURVEILLER LES ÉVOLUTIONS SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES

J'ai le plaisir d'introduire ce numéro A3TS Science et Techniques, nouvelle formule, réalisé avec la collaboration du Cetim. Comme la prose de Monsieur Jourdain, beaucoup d'entreprises font de la veille technologique, parfois sans le savoir. Aujourd'hui, cette activité devient un processus clé dans bon nombre de secteurs industriels. Mais, pour réussir sa mise en œuvre, il faut faire face à plusieurs difficultés.

Multiplication des informations disponibles, notamment via Internet : l'accès à l'information semble plus facile, mais le risque d'être submergé par trop d'informations devient réel. La compétence clé de demain va résider dans le fait d'être capable de trouver rapidement la bonne information et de sélectionner les nouveautés les plus pertinentes, pour éclairer les décisions.

Internationalisation de la connaissance : la Chine est devenue le premier déposant mondial de brevets, de nombreux autres pays sur les 5 continents investissent massivement dans la recherche et cela se traduit par des publications scientifiques qu'il faut prendre en compte.

Moins de temps consacré à la lecture : dans les entreprises et les laboratoires, les collaborateurs sont de plus en plus débordés et ont pris l'habitude de consulter des supports visuels (infographies, vidéos, ...) au détriment des formats « textes » traditionnels.

Face à ces challenges, l'A3TS s'est appuyée sur l'équipe Veille Technologique et Stratégique du Cetim, afin de faire évoluer Science et technique vers un bulletin de veille. Vous trouverez plusieurs nouveautés dans le présent bulletin :

- Large place accordée aux revêtements voie humide et aux peintures ;
- Exploitation de bases de données bibliographiques professionnelles, pour garantir une plus grande exhaustivité des informations ;
- Prise en compte des brevets, dont le contenu informatif traduit des innovations technologiques et qui vient compléter l'information figurant dans les publications ;
- Classement des informations 2015 identifiées selon les grandes familles de procédés ;
- Analyses statistiques sur les brevets identifiés, afin de représenter visuellement des tendances et des réseaux de collaboration, et rendre ainsi plus « digeste » la masse d'informations.

Bonne lecture et exploitation de ces informations scientifiques et techniques.

Sommaire

↳ Infos techniques	Page 2	↳ Traitement thermique des aciers	Page 20
↳ Analyse statistique des brevets publiés en 2015	Page 9	↳ Traitement des effluents	Page 22
↳ Revêtements sur métaux légers	Page 13	↳ Peintures fonctionnelles	Page 23
↳ Procédés propres	Page 15	↳ Revêtements fonctionnels	Page 26
↳ Revêtements métalliques divers	Page 17	↳ Outillage	Page 27
↳ Projection thermique et cold spray	Page 19	↳ Agenda	Page 29

INFOS TECHNIQUES

COMMISSION TRAITEMENTS DE SURFACE - REUNION TECHNIQUE AVEC L'INSTITUT UTINAM

Le 10 juin dernier, en marge de la réunion de la commission Traitements de Surface, une présentation des activités de l'Institut UTINAM de l'Université de Franche-Comté à Besançon, a été effectuée par Virginie MOUTARLIER, ingénieur CNRS et membre de la commission.



L'institut UTINAM emploie 130 à 140 collaborateurs, enseignants chercheurs, chercheurs, ingénieurs, techniciens répartis dans 5 équipes de recherche dont 3 équipes de chimie et 1 plate-forme technique disposant de moyens d'investigation performants : DRX, SDL, fluorescence X, MEB / EDS, AFM, IR et RMN.

Une équipe SRS, sono-chimie et réactivités des surfaces, est constituée de 15 permanents dédiés au TS par voie humide (revêtements électrochimiques, chimiques, anodisation et conversion, revêtements organiques). L'Institut UTINAM participe à de nombreux projets type FUI ou FEDER (RACER-INNOVACHROM, PROXY 3A, ULTRASUR, OPERA, IZAC, MICROUSIDAM, MOMEQA ...), projets de l'IRT M2P (New Surf, HCTC, MAO) ...

Sur le plan traitements des alliages d'aluminium, l'institut a travaillé en particulier sur les étapes de préparation de surface, d'anodisation et de colmatage.

La préparation de surface a donné lieu à une conférence lors des journées dédiées au Cr6+ en décembre 2013 au Bourget par l'A3TS, « Alkaline etching for 2024 aluminium alloy with power ultra sound ». Une piste évoquée lors de cette présentation était, dans le cas d'un décapage alcalin, la possibilité de diminuer les consommations en produits chimiques et en énergie. A noter que l'utilisation d'ultra-sons lors d'un décapage acide semble améliorer la résistance à la corrosion d'une couche anodique formée à la suite de ce décapage selon un test électrochimique réalisé par un balayage anodique, à partir du potentiel libre, dans une solution saline à 5% de NaCl. Les études se poursuivent sur cette thématique.

Une étude est en cours sur l'influence des ultra-sons sur l'étape d'anodisation. Les premiers essais ont montré que la morphologie de la couche d'alumine était très affectée par l'utilisation de ces ultra-sons.

Concernant le colmatage, une étude est également en cours, avec la participation du BQR Dijon-Besançon dont l'objectif est la compréhension des mécanismes des inhibiteurs minéraux de corrosion, tels que le chrome, le molybdène....

A la suite de cette présentation un échange a eu lieu avec les membres de la commission sur cette thématique rarement abordée.

Claude BRAULT
Animateur de la Commission ALUMINIUM

Transféré depuis l'année passée à Cologne du fait de la réfection de la Main Halle de Wiesbaden, le HK devrait s'y établir définitivement. Il occupe déjà de l'ordre de 10 000 m². Par rapport à l'A3TS, on remarque surtout la dimension des stands qui doit être, au moins, trois fois supérieure. Les participants inscrits sont environ 800. Les conférences sont relativement bien suivies sauf le vendredi matin où les rangs sont clairsemés (retours, récupération...). 27 conférences ont été présentées en allemand avec possibilité de traduction en anglais. A noter quelques conférences qui présentent des tours d'horizons (normes, sécurité).

A noter également le mercredi matin deux conférences, de 90 mn chacune, pour les praticiens consacrées respectivement aux TT sous atmosphère et au lavage.

LES CONFERENCES

Les différents thèmes abordés peuvent être classés dans les différents domaines suivants :

Essais et contrôles

1. Méthodes non destructives pour le contrôle du procédé et l'assurance qualité en TT. B.Wolter (univ. Fraunhofer) Tour d'horizon de l'évolution des CND durant les dernières décades et point de vue de l'utilisateur par M. Gerling (ZF Friedrichshafen).
2. Contrôles non destructifs pour les petites pièces en vrac avec un procédé d'induction magnétique multifréquences. A Horsch (NDT Vienne). *Il est possible de trier jusqu'à 60 000 pièces à l'heure.*
3. Estimation du module d'Young par diverses procédures D. Schwenk (MPA NRW Dortmund).

La trempe

1. Propriétés et utilisation des fluides et des gaz de trempe. R. Braun (Burgdorf) : *résumé impartial de l'état de l'art actuel qui confirme ce que nous savons déjà.*
2. Trempe bainitique sèche : influence des paramètres de traitement sur la microstructure et les caractéristiques mécaniques. E. Dabrock (R. Bosch).
~~Il a été présenté~~ *La trempe bainitique au moyen de la trempe gaz pour l'acier 100C6 a été présentée. Il en ressort que la drasticité d'un gaz est inférieure à celle d'un sel fondu et que les fours actuels ne sont pas encore complètement aptes.*
3. Système de mesure en continu des milieux de trempe. M. Münch (SensAction Coburg).
Le principe est l'utilisation des ondes acoustiques pour évaluer les variations d'un liquide. C'est nouveau, il semble que cela marche et est, à ce jour, plus utilisé pour suivre les bains des machines à laver, les lubrifiants de coupe. En bains de trempe la première référence date de 2012.
4. Nouveaux thermocouples de surface pour le TT. M. Beck (Univ. Rostock).
Il s'agit de la méthode utilisée avec succès pour les mesures des températures dans les moteurs à explosion que l'on cherche à adapter au TT. Il s'agit d'une piste pour mesurer la température à la surface ultime.

Procédés de traitements

1. Augmentation de la capacité de chargement d'aciers prétraités dans le cadre des revêtements PVD par le durcissement au moyen du bombardement électronique. G. Grumbt (Uni. Freiberg).
2. Amélioration de l'adhésion des revêtements thermiques par le profil du faisceau BE en relation avec la refusion par BE. P. Hengst (Uni. Freiberg).
3. Combinaison presse isostatique à chaud et traitement thermique de pièces de fonderie en Al. S. Hafenstein (Uni. München).
4. Impact des propriétés de surface pour des aciers de travail à chaud sur leur comportement au « metal dusting » (corrosion haute température pour des injecteurs par ex.). T. Hoja (IWT Brème).
5. Développement des procédés de nitruration profonde pour les engrenages. S. Hoja (IWT Brème) Profondeurs de l'ordre du mm obtenues par étapes successives.
6. Une nouvelle approche du contrôle du procédé de nitruration ionique par les potentiels de nitrurations ioniques. M.G. Skalecki (IWT Brème).
On part du principe qu'il y a formation d'ammoniac et on étudie l'influence des divers paramètres (pression, tension, température, gaz) sur cette teneur. On montre qu'il y a corrélation entre ce « Kn » et les couches obtenues.
7. NITROPULS : une nouvelle technologie pour le contrôle par sonde de la nitruration et de l'oxynitruration. A Dalke (Uni. Freiberg). *Intéressant résumé des croissances, et de leur pilotage, des courbes nitrurées (couche blanche et couches de diffusion).*
8. Tests rapides pour contrôler les sondes à oxygène dans les atmosphères de cémentation. KM Winter (Process Electronique).
Il s'agit du rapport sur le groupe de travail AWT N° 20.

9. Simulation du procédé d'enrichissement en carbone lors de la cémentation basse pression avec acétylène. T. Waldenmeier (Bosch).
10. Trempe bainitique des aciers de cémentation : une étude systématique de la transformation de la couche enrichie en couche bainitique. M. Steinbacher (IWT Brème). *Il semblerait que la couche superficielle bainitique (en lieu et place de la martensite) offre de meilleures caractéristiques mécaniques associées à des contraintes de compressions élevées et moins de déformations.*
11. Point sur les normes dans le domaine du traitement thermique. D Liedke (AWT, groupe de travail N°3).

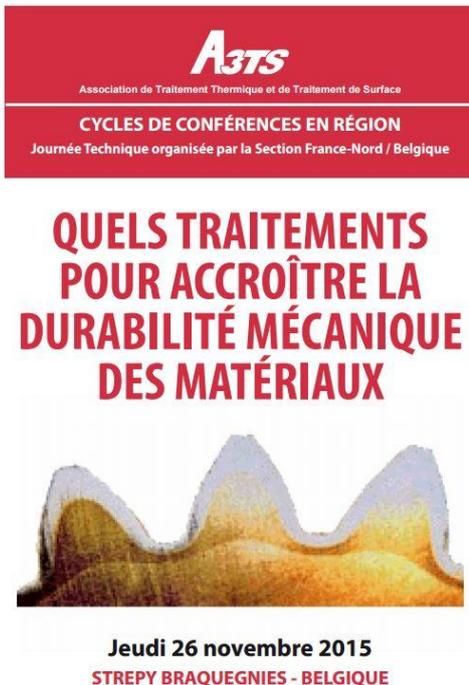
Mise en œuvre des traitements thermiques et conception des process

1. Caractéristiques optimisées pour un acier de travail à chaud. J.J. Wilzer (Dörrenberg Edelstahl). *La mise au point d'un acier (marque CP2M) a été présentée en prenant en compte le niveau de dureté optimal, la résistance à l'usure, la faible rugosité et la conductibilité thermique optimales. L'application visée est la mise en forme de pièces de renforcement de carrosserie automobiles.*
2. Nouveau concept de fabrication pour la production de masse de pièces de renforcement au moyen d'un four continu à chaînes à pas de pèlerin. T. Orth (Aichelin). *Ce concept de four permet de chauffer et par suite de ne tremper que les parties de pièces à renforcer.*
3. Sécurité dans les ateliers de traitement thermiques. W Schmid (DGUV Stuttgart), *groupe de travail AWT N°8.*
4. Interactions entre les diverses étapes de fabrication d'une pièce traitée. F Hoffmann (IWT Brème). *De l'aciérie, en passant par le laminage, la coupe du lopin, la transformation en ébauche, l'usinage, la détente, au traitement thermique, les interactions ont été visitées.*
5. Comment éviter les barrières à la nitruration ? U Huchel (Eltro) *Groupe de travail N° 3 AWT.*
6. Influences de la conception de corps d'engrenages sur les déformations. H Surm (IWT Brème). *Présentation de l'influence du design sur le corps d'engrenages (engrenage sans taillage des dents) sur le comportement à la trempe. Il s'agit d'une comparaison au modèle mathématique mis au point dans le cadre de l'optimisation des poids des véhicules.*
7. Résistance au grossissement du grain de l'acier de cémentation 20NiCrMo6-5 + Nb en relation avec une déformation à froid. K Klenke (BGH Edelstahl). *Il a été montré des résultats de microstructures (grossissement du grain) avec divers taux de déformation et divers cycles d'enrichissement (T,t). Le Nb est utile pour des cycles à risques (températures élevées et durées importantes).*
8. Process signatures : une nouvelle approche pour une production orientée vers la fonction. J Solter (IWT Brème).

André MULOT.

QUELS TRAITEMENTS POUR ACCROITRE LA DURABILITE MECANIQUE DES MATERIAUX ?

Journée technique organisée par la section France-Nord-Belgique le 26/11/2015 à STREPY BRAQUEGNIES (Belgique)



Présentation de six conférences

1. Les méthodes pour améliorer les propriétés mécaniques.

En introduction Claude Leroux a présenté un panorama des solutions apportées par les traitements thermiques pour améliorer les propriétés mécaniques soit en termes de résistance à la rupture et à la fatigue soit en termes d'adoucissement et d'amélioration de la plasticité. Les différents modes de durcissement ont été rappelés : durcissement direct par trempe (cas des alliages fer-carbone, dans ce cas il faut tout particulièrement insister sur l'importance du taux de martensite après trempe et avant revenu.), durcissement par précipitation directe ou indirecte.

2. Amélioration des caractéristiques mécaniques par les moyens d'élaboration et de structure : Applications aux aciers à outils pour travail à chaud.

Thierry Loreille (Aubert et Duval) a fait une présentation complète sur l'apport des moyens d'élaboration et de la structure sur les performances des aciers et l'application aux aciers à outils pour travail à chaud (5% Cr, type H11 et H13). Les différentes filières d'élaboration de l'acier ont été rappelées, de la fusion à la coulée continue ou coulée lingot en insistant plus particulièrement sur les moyens d'affinage par refusion (vide, ESR,) la recherche d'un niveau d'impuretés très faible (désulfuration).

3. Solutions de renforcement mécanique de surface pour augmenter la durée de vie des pièces métalliques.

Axel de Lavernhe (WINOA) a traité le cas des renforcements mécaniques par les techniques de grenailage, les différentes techniques selon les objectifs recherchés et les matériaux ont été présentées, en consacrant un focus sur les nouvelles techniques de texturation par peening (micro et nano), leurs effets sur les caractéristiques et réactions thermochimiques.

4. Modifications de surface pour améliorer la résistance à la fatigue. Elie Saül Puchi de l'université de Lille Valenciennes, a consacré sa présentation aux mécanismes d'amorçage en fatigue selon les types de traitements superficiels et revêtements : revêtements électrolytiques (type Cr), PVD (type TiN), HVOF (WC-Co), anodisation d'alliages d'aluminium, couches nitrocarburees, couches cémentées renforcées par grenailage. Selon la morphologie des couches (colonnaire ou lamellaire, éventuellement microfissurée), les répartitions de contraintes résiduelles, le milieu, les amorçages se font par exemple soit en extrême surface soit en sous-couche. Des tentatives d'explication sont proposées.

5. Les aciers anti-usure : la résistance à l'abrasion ne suffit plus. Présentation par Céline Vanwijlsberghe (NLMK), d'une aciérie belge, produisant des aciers de construction soudables à haute limite élastique (700 à 960 MPa) et résistants à l'abrasion (400 à 500HB). L'élaboration permet d'atteindre un niveau de soufre < 0,002%, après métallurgie secondaire et coulée continue, le laminage combine un quarto et un TFT, il permet d'atteindre des structures fines <20 µm, et des valeurs de résilience de 35 J à -40°C.

6. Introduction au traitement par induction par L. Koenig SF Induction, présentation générale sur l'induction appliquée aux traitements superficiels, le choix des paramètres, le calcul rapide du couple inducteur – puissance (choix de la puissance spécifique selon la fréquence du courant) à l'aide d'abaques selon la conception du circuit d'alimentation.

Claude LEROUX.

4th INTERNATIONAL CONFERENCE

LE TRAITEMENT DE SURFACE DES ALLIAGES LÉGERS

2017: REACH DATE LIMITE : MATURITÉ DES SOLUTIONS DE SUBSTITUTION

LIGHT METAL SURFACE FINISHING

2017: REACH SUNSET DATE : ROBUSTNESS OF SUBSTITUTION ALTERNATIVES

12 et 13 novembre 2015

MUSÉE DE L'AIR - LE BOURGET

A3TS **AS Tech** Paris Region

En partenariat avec **GIFAS**

Organisée par l'**A3TS** et le pôle **ASTECH**, en partenariat avec le **GIFAS**, l'édition 2015 de la quatrième conférence internationale sur le traitement des alliages légers avait pour but de faire le point sur le remplacement du Cr6+, alors que la date butoir de septembre 2017 approche.

L'audience a été à la hauteur des trois précédentes éditions, avec plus de 200 participants réunis les 12 et 13 novembre dernier au musée de l'Air et de l'Espace au Bourget.

La manifestation a été introduite par Frédéric RAULIN, vice-président de l'A3TS. Denis THERY, délégué général de l'UITS a ensuite rappelé les enjeux pour la profession des traitements de surface.

Les lignes qui suivent résument très brièvement, trop brièvement, les conférences présentées.

Fabrice FREITAG, CETIM Nantes a présenté la synthèse d'une étude réalisée par le CETIM sur la position des formulateurs concernant la mise en application de la réglementation REACH et la stratégie de ces sociétés sur les procédés de substitution.

Didier AUTHIER, BNAE, a ensuite exposé les travaux de cet organisme en matière de normalisation au niveau français, européen ou mondial.

Pascal FROU a présenté la vision de **SAFRAN** sur l'influence de REACH dans la stratégie de sa société et en particulier sur « le levier de compétitivité » que représente cette réglementation. REACH crée un changement en profondeur dans l'industrie quant au management des produits chimiques dont la gestion est à intégrer dans une analyse stratégique qui crée les conditions d'un fonctionnement stable et décloisonné entre les métiers et les acteurs de la chaîne de valeur

Natalie LE POTTIER et P.S. BENATI, AIRBUS HELICOPTERS, ont fait un point sur le management des substitutions dues à REACH en présentant les options en présence, ainsi que le planning prévu.

Keith LEGG, ROWAN TECHNOLOGY GROUP, a brossé un tableau général de la situation aux USA concernant le remplacement du cadmium et du chrome hexavalent. L'anodisation sulfurique, conventionnelle et couche mince, semble avoir largement remplacés l'anodisation chromique, l'imprégnation de type TCP a quant à elle remplacée le colmatage bichromate.

Stéphanie BARBREL, DASSAULT AVIATION, a fait un point sur la stratégie de remplacement des procédés visés par REACH. A noter, concernant l'anodisation chromique, le choix de l'anodisation sulfurique avec ou sans colmatage par imprégnation. La conversion chromique serait remplacée par une conversion base Cr3+.

Gilles CHOLVY, NEXTER, a axé sa présentation sur le traitement des pièces en alliages légers devant assurer une conductivité électrique, ce qui représente environ 95% de la production. La substitution de la chromatation n'est pas assurée, en termes de performance et de reproductibilité pour tous les alliages utilisés. De plus, à ce jour, il n'y a pas de consensus sur le procédé de remplacement au niveau de l'industrie aéronautique et spatiale. De ce fait, NEXTER s'est dirigé vers une demande d'autorisation auprès de l'ECHA, liée à une recherche de solution alternative.

Antoine DROUOT, MBDA, a présenté, entre autre, des résultats d'étude sur les procédés de remplacement de l'OAC, TSA et OAS couche mince avec double colmatage. Ces résultats sont très encourageants sans atteindre le haut niveau de performance de l'OAC sur 2024 T3. Concernant les fixations en acier, le remplacement du cadmium chromaté par du zinc-nickel avec conversion Cr³⁺ est très avancée.

JOFFREY TARDELLI, IRT M2P, a développé les résultats d'une étude réalisée à l'institut concernant les conversions chimiques Cr / Zr, en substitution aux conversions chromatées. Il a pu être démontré que la résistance à la corrosion obtenue avec le procédé de référence, chromatation alodine 1200, est variable d'un alliage à l'autre et très dispersée. La conversion Cr / Zr testée, Lanthane 613.3 + post dip 600 semble donner des résultats supérieurs. D'autre part, l'étude a mis en évidence le rôle négatif du décapage chimique préalable. La préparation de surface nécessite une optimisation.

Emilie CHAMPAGNE, SOCOMORE, a présenté un système développé par MECAPROTEC et commercialisé par SOCOMORE, consistant en deux bains successifs pouvant intervenir soit sur métal nu, en tant que conversion chimique Cr / Zr, soit après anodisation sulfurique couche mince, en tant que « colmatage ». Les résultats, en termes de résistance à la corrosion, sont à un niveau élevé. A noter cependant, la présence de Cr⁶⁺, à l'état de traces, dans le bain et son rinçage.

L. LEVASSEUR, INVENTEC a fait un état des solutions proposées par sa société en matière de nettoyage des surfaces par voie lessivielle.

REMI VIROULAUD, Chimie Paris Tech-CNRS, s'est intéressé à l'influence de la préparation de surface avant conversion Cr / Zr sur aluminium pur et sur alliages de la série 2000.

CLAIRE GAZEAU, MECAPROTEC, a présenté la démarche de la société qui s'est orientée vers la mise au point de procédés de substitution, sans Cr⁶⁺, plutôt que vers une demande d'autorisation. De plus cette démarche a privilégié les évolutions de procédés et non pas les ruptures technologiques. Concernant les alliages d'aluminium, cette démarche a conduit à une gamme comprenant un décapage de type SNF, une anodisation sulfurique mince et une imprégnation Cr³⁺ TCS suivie d'un post traitement PACS, ces deux dernières étapes pour les pièces non peintes. Appliquées séparément, ces dernières peuvent être utilisées comme conversion chimique.

ISABELLE ECOTIERE, SUR TEC France, a développé un schéma de formation d'une couche de conversion chimique basée sur le Cr³⁺, le SUR TEC 650 TCP. Pour ce faire, plusieurs méthodes d'investigation ont été utilisées pendant la croissance de la couche : suivi du potentiel électrochimique, SEM, EDX et XPS. Ces méthodes semblent démontrer la formation d'oxydes de chrome et de zirconium mélangés ainsi que de l'oxyde de zirconium en îlots avec apparition progressive de micro fissures allant en s'élargissant. A noter, au démarrage, des réactions le dépôt de Cr à l'état métal.

F. CHABAUD, HENKEL, a présenté les développements réalisés par sa société sur les technologies à base de Cr³⁺, en particulier la BONDERITE M-NT 65 000, qui vient en remplacement de l'alodine 1200 qui est une chromatation. La BONDERITE est constituée de Cr³⁺ et de Zr⁴⁺. Il est fait état d'essais réalisés par des clients montrant de bons résultats en termes de résistance à la corrosion, supérieurs à 168 heures d'exposition au BS neutre et conductibilité électrique.

BRICE SOTTIL, COVENTYA, a fait état du développement du LANTHANE 613.3 comme procédé de colmatage après anodisation et comme procédé de conversion chimique. Ce produit est basé sur le Cr³⁺. Les résultats obtenus en matière de résistance à la corrosion sont très dépendants de la composition de l'alliage traité, de 96 heures de BS (2024) à 500 heures. Dans le but d'améliorer ces performances, il a pu être démontré la nécessité d'une préparation de surface optimisée, avec une très faible dissolution de l'alliage, l'intérêt d'ajouter un inhibiteur de corrosion dans le bain de conversion et éventuellement la possibilité d'ajouter un post traitement.

JOHN SUTER, PPG AEROSPACE, a présenté une évaluation et une caractérisation des conversions chimiques à base de terres rares. Il a été précisé que le cérium est l'élément le plus utilisé pour les formulations de prétraitement alors que le praséodyme est très utilisé dans la formulation des primaires. Dans ce cadre, PPG a développé une conversion chimique sans chrome, 6 ou 3, avec post traitement, ainsi qu'un primaire de peinture. Des qualifications ont été prononcées par NORTHROP GRUMMAN et LOCKHEED MARTIN. Il existe une version pulvérisable de la conversion chimique.

YVES MARCEL, PRODEM, a décrit le déploiement des procédés de substitution actuellement en cours dans sa société. L'exposé est parti ensuite d'une analyse AMDEC des premiers problèmes rencontrés dans ce déploiement pour mieux en cerner les causes et envisager les actions possibles.

OLIVIER BRUCELLE, UTC AEROSPACE SYSTEM, a centré sa présentation sur le remplacement de l'anodisation chromique. Actuellement, la solution retenue est la suivante (TRL 5) : dégraissage alcalin / décapage SNF / anodisation sulfurique mince / imprégnation TCS. / post traitement PACS. En parallèle, des traitements tels que TSA cycle normal et long et OAS cycle normal font l'objet d'évaluation, avec des TRL variables. Enfin, il est précisé que, compte tenu du planning, la technologie sol-gels ne peut être une réponse fiable à REACH, compte tenu du calendrier imposé.

DELPHINE CORDIER & LAURENT BERTOLOTTI, AIRBUS HELICOPTER, ont fait le point sur l'industrialisation du procédé d'anaphorèse à Marignane, qui doit permettre de remplacer les procédés alodine 1200 + primaire époxy. Ce procédé est également implanté, en sous traitance, par SGI et SPI AERO. Les résultats de cette expérience sont jugés satisfaisants, en particulier concernant les performances obtenues. Les limitations observées concernent le dessin des pièces (éviter les poches de rétention), la nécessité d'un promoteur d'adhérence dans le cas d'application de mastic, des défauts d'adhérence localisés ainsi qu'une certaine sensibilité à la chaleur et à l'humidité.

Après une dernière table ronde, la quatrième conférence internationale s'est achevée sur un sentiment de réussite et de transparence dans les échanges. Les conférences présentées étaient riches d'expérience et ont permis de tracer un tableau réaliste de la situation actuelle concernant le remplacement du Cr6+ dans les traitements de surface des alliages légers, avec des bilans d'industrialisation de procédés qui sont déjà en cours d'utilisation mais, à des degrés divers.

On note un intérêt confirmé pour la mise en œuvre de procédés d'anodisation alternatif (OAS, OAS couche mince, OAST), avec ou sans colmatage utilisant des sels de Cr3+, avec des études intéressantes sur les mécanismes en jeu, et le plus souvent un post traitement, ainsi que l'utilisation de peinture par anaphorèse.

Concernant les conversions chimiques pour les alliages d'aluminium, il ne semble pas y avoir, à ce jour, de substitut à la chromatisation, remplissant toutes les exigences des cahiers des charges. Cependant, il a été mis en évidence que la chromatisation elle-même ne permettait pas toujours de satisfaire au cahier des charges, en particulier en termes de résistance à la corrosion.....

Rendez-vous en 2017 !

Claude BRAULT.

ANALYSE STATISTIQUE DES BREVETS PUBLIES EN 2015

Méthodologie

Les brevets publiés en 2015, au niveau international, dans les domaines des traitements thermiques, traitements et revêtements de surface ont été identifiés. Les mots clés utilisés pour cette recherche sont issus de ces domaines techniques, mais aussi des secteurs d'applications (automobile, naval, aérospatial, aéronautique), ainsi que des problématiques d'intérêt (corrosion, usure, fatigue, tribologie...).

Les brevets chinois déposés uniquement en Chine ont été exclus de la recherche, de manière à faciliter le traitement statistique des données.

Au total, 331 brevets ont été identifiés, nombre ramené à **160** après tri manuel.

Ces documents ont été intégrés dans l'outil d'analyse statistique de données structurées (publications scientifiques, brevets, données économiques...) Intellixir, pour permettre de réaliser une analyse sur l'ensemble du corpus.

Analyse des déposants

Principaux déposants :

La figure 1 présente les affiliations (sociétés, centres de recherche, universités...) ayant déposé le plus de brevets du corpus étudié. Les affiliations entre crochets correspondent à la concaténation de libellés parfois un peu différents.

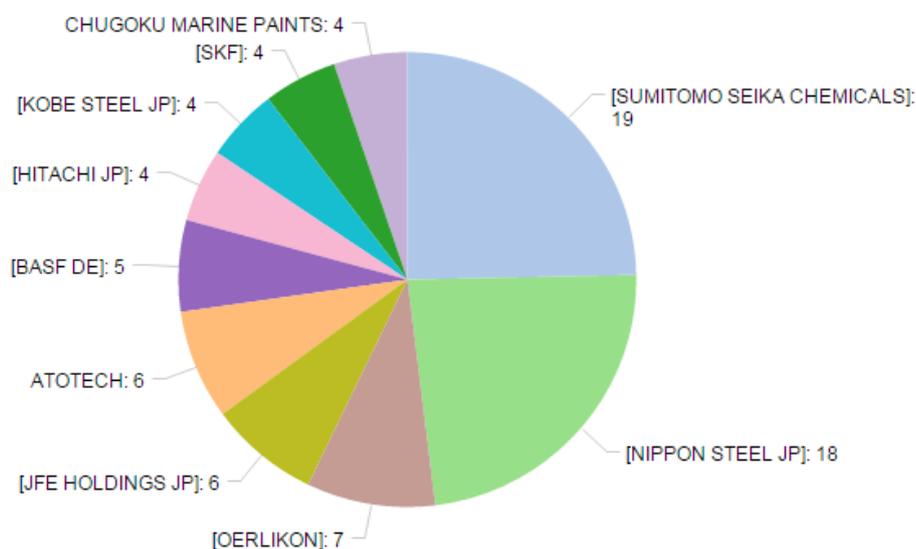


Figure 1: TOP 10 des affiliations ayant déposé le plus de brevets

Répartition géographique des déposants

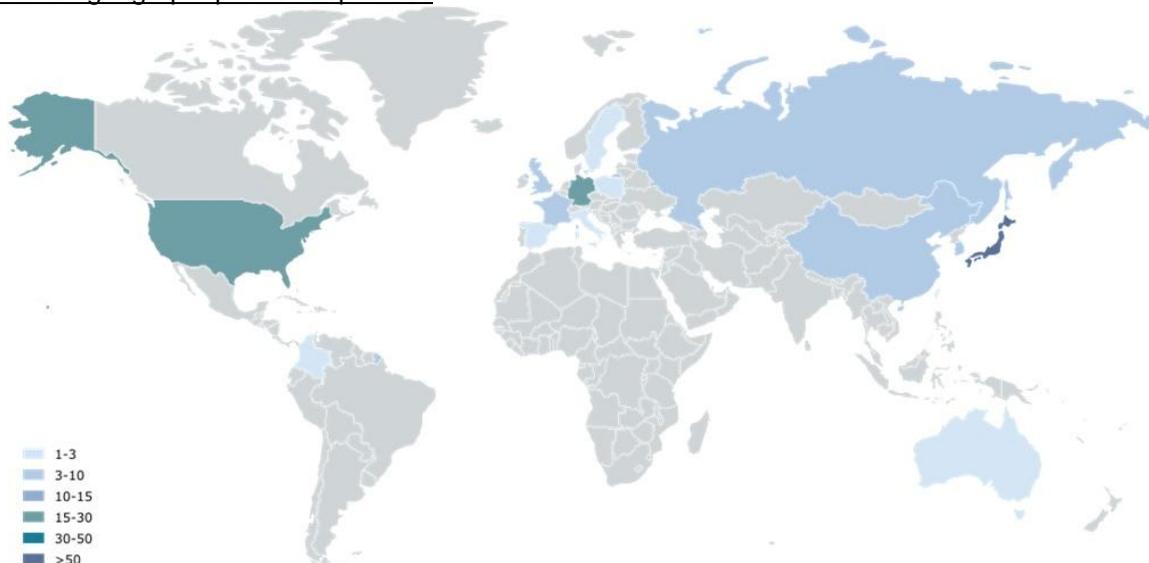


Figure 2: Origine géographique des déposants de brevets

✓ Analyse des thématiques

Analyse statistique des thématiques présentes dans les brevets, sur 4 grands domaines : revêtements, traitements, matériaux, applications. Un document peut être présent dans plusieurs thématiques.

Thématique des revêtements

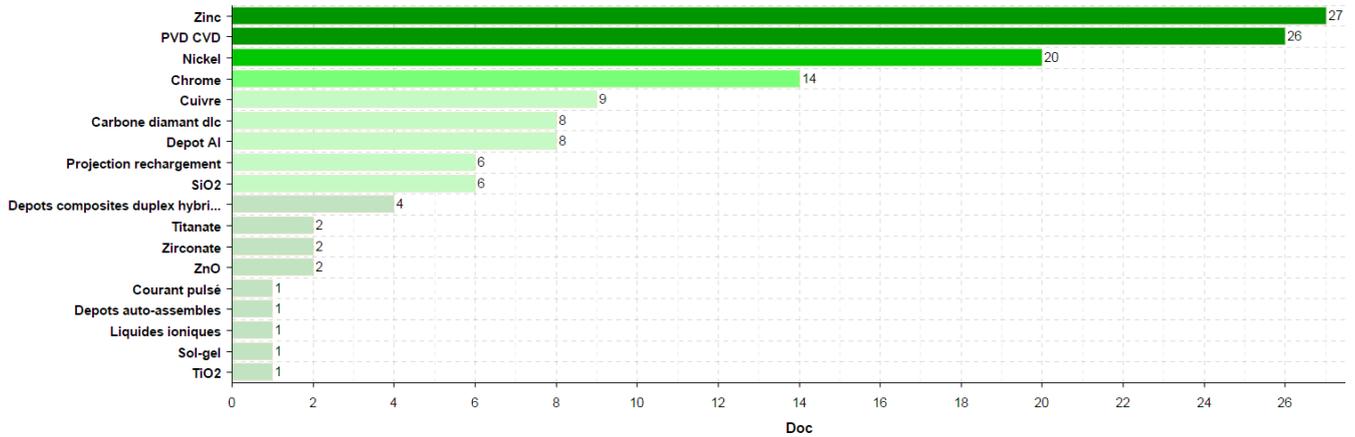


Figure 3: Revêtements identifiés dans le corpus. 66% des documents du corpus ont précisé une technologie de revêtement

Thématique des traitements

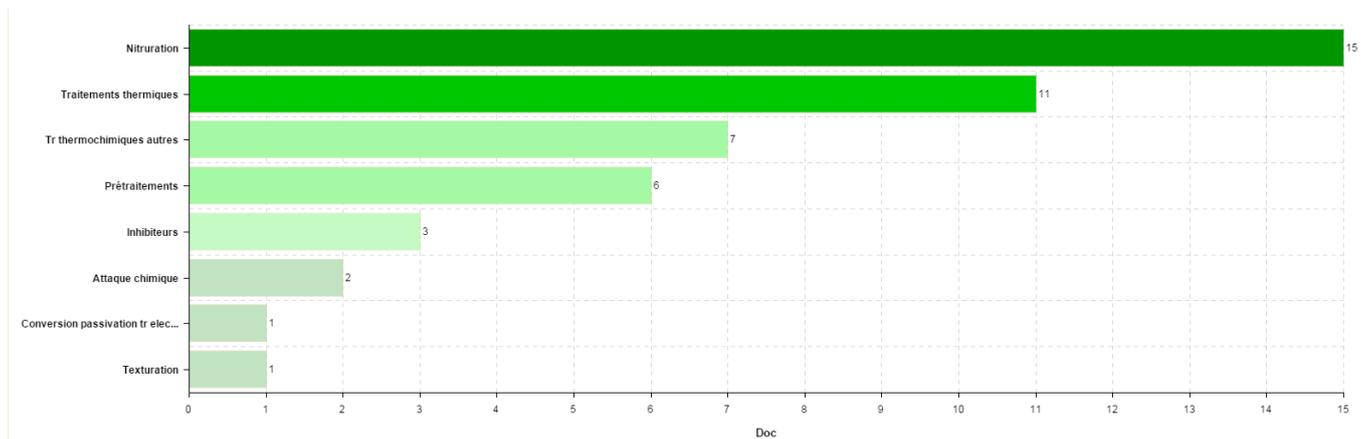


Figure 4: Traitements identifiés dans le corpus. 26 % des documents du corpus ont précisé une technologie de traitement

Thématique des matériaux

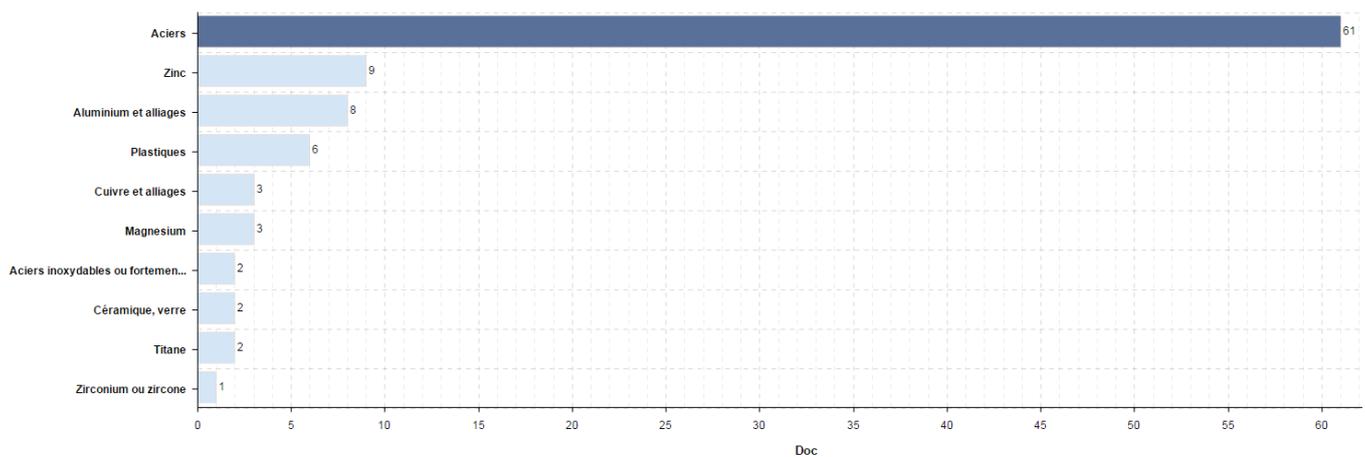


Figure 5: Matériaux identifiés dans le corpus. 48 % des documents ont précisé un type de matériau

Applications

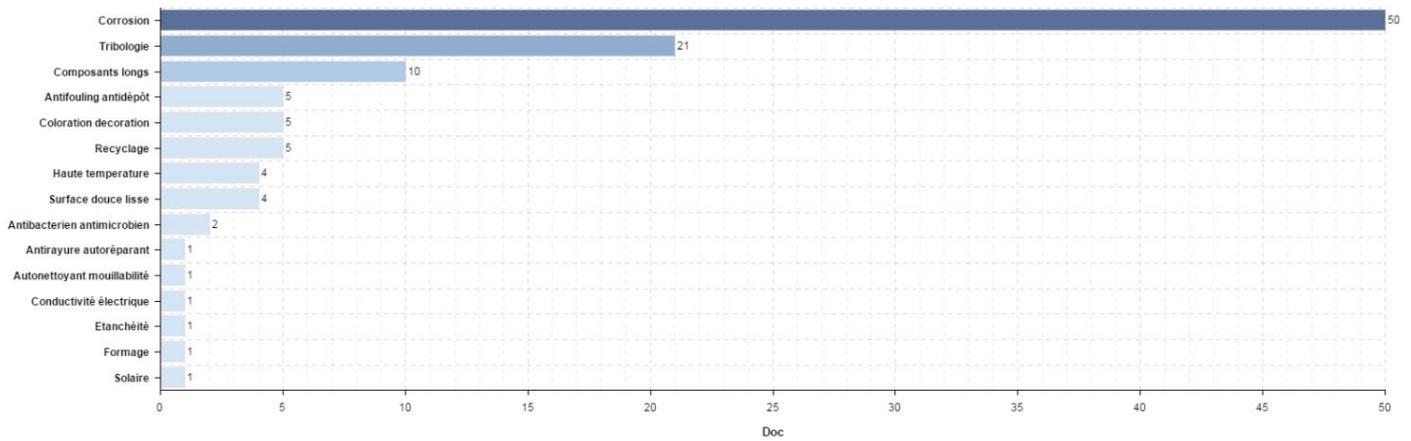
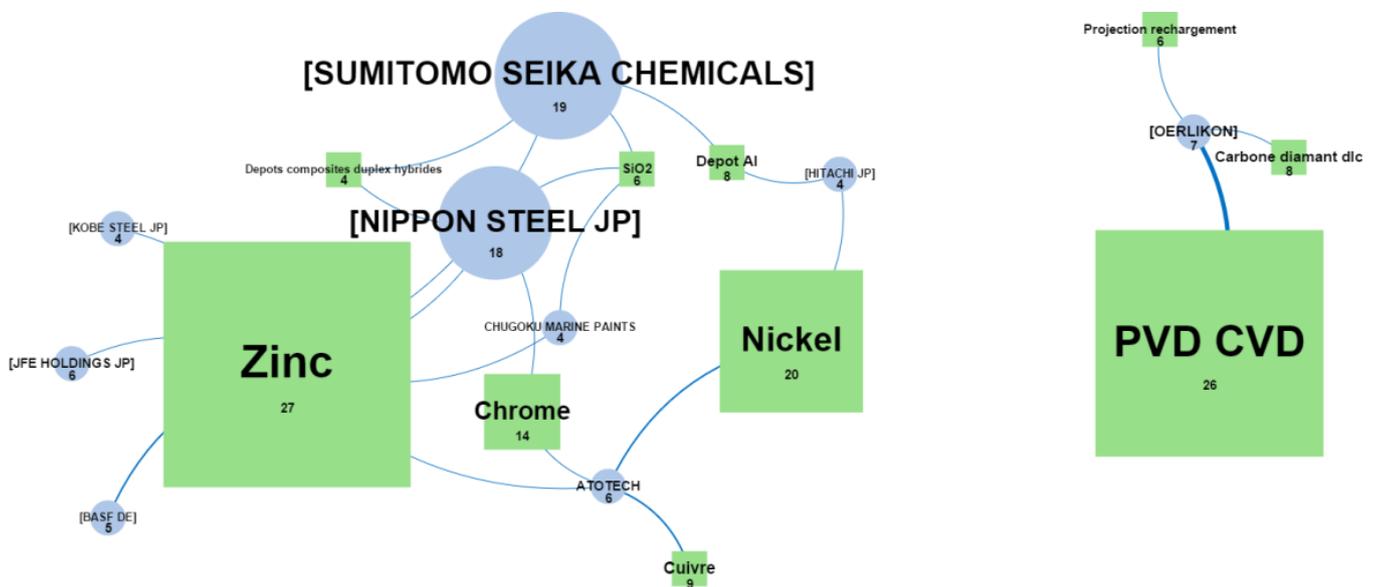


Figure 6: Applications identifiées dans le corpus. 54% des documents ont précisé une application

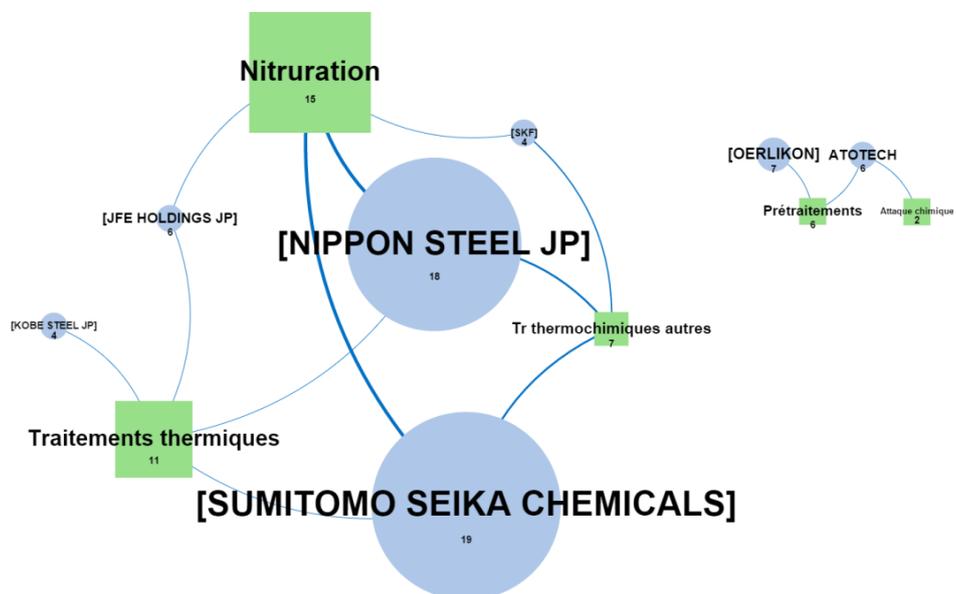
✓ Analyse des relations entre déposants

Pour les 10 plus gros déposants de brevets, analyse des collaborations (co-dépôts) et mise en valeur d'éventuels « clusters » par thématique.

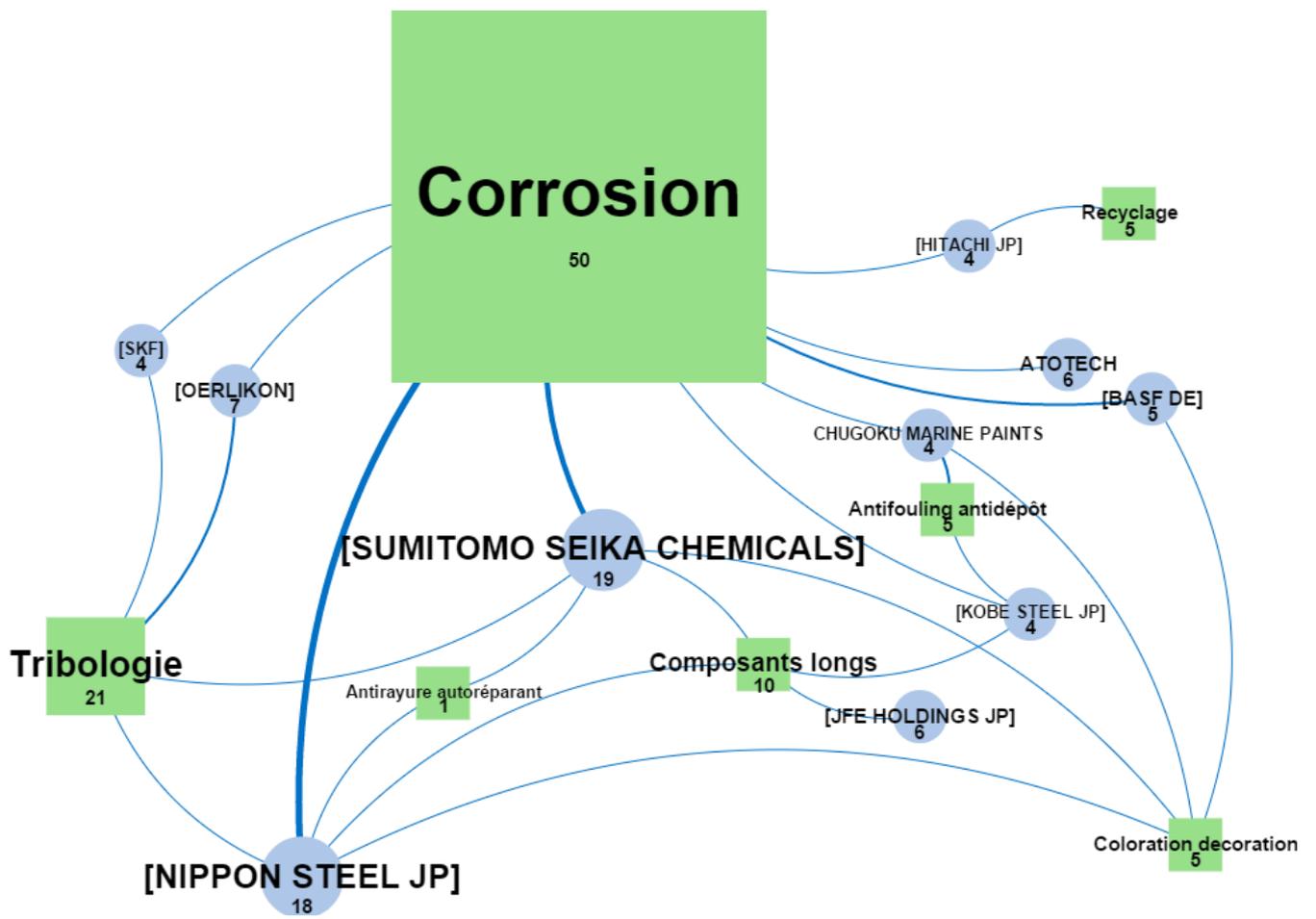
Principales affiliations évoquant des revêtements



Principales affiliations évoquant des traitements



Principales affiliations évoquant des applications



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 SUR MÉTAUX LÉGERS

Prétraitements et revêtements anticorrosion et tribologiques d'alliages d'aluminium, de magnésium et de titane; nitruration plasma du titane. C'est le domaine qui a le plus de publications chinoises.

Étude sur les procédés de prétraitement avant nickelage chimique d'alliages d'aluminium (*Study on the development of pretreatment processes of electroless nickel plating on Al alloy surface*)

Xiao-cui Wei (Coll. of Mater. Sci. & Eng., Xian Univ. of Sci. & Technol., Xi'an, China); Jia-bo Wang (Xi'an Univ. of Sci. & Technol., Xi'an, China) and al. Materials Science Forum (2015), vol.809-810, p. 412-18

Du fait de leur réactivité chimique, les alliages d'aluminium doivent être prétraités afin de permettre une bonne adhésion au substrat. Cette étude présente plusieurs procédés de prétraitement en décrivant leurs principes. Les futures voies de développement sont également proposées.

Influence de la présence d'inhibiteurs de corrosion dans les revêtements électrochimiques de Ni-W-P sur aluminium (*Influences of Additives on the Corrosion Resistant Properties of Electroless Plating Ni-W-P Alloy on the Aluminum*)

Yu, Zu Xiao; Hao, Shi Xiong; Li, Lan; Zheng, De Tao
Applied Mechanics and Materials Vol. 723, pp. 860-863. Jan 2015.

L'influence d'additifs (stabilisateurs, surfactants) sur l'efficacité des revêtements Ni-W-P sur aluminium a été mesurée suivant plusieurs critères : taux de déposition, taux de corrosion par perte de poids, potentiel de corrosion, porosité, courant de corrosion, spectroscopie d'impédance électrochimique, dureté. Les résultats montrent que le taux de déposition et la résistance à la corrosion augmentent nettement en présence d'un surfactant tel que l'iodate de potassium (KIO_3) à une concentration de 1mg/L, le dépôt réalisé étant alors plus dense, plus uniforme et sans défauts. Parallèlement, l'utilisation d'un agent tensioactif tel que le dodécylbenzènesulfonate de sodium (SDBS) à une concentration de 50mg/L permet d'améliorer la résistance à la corrosion.

Carbonituration par plasma électrolytique pour le traitement anti-corrosion de l'aluminium (*Anti-corrosion layer prepared by plasma electrolytic carbonitriding on pure aluminum*)

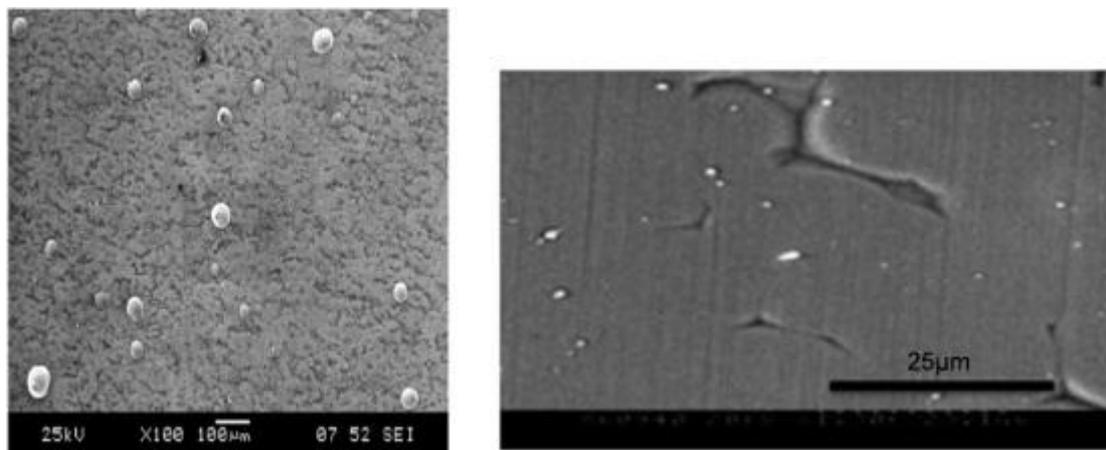
Jie Wu; Yifan Zhang; Run Liu; Bin Wang; Ming Hua; Wenbin Xue (Key Lab. for Beam Technol. & Mater. Modification of Minist. of Educ., Beijing Normal Univ., Beijing, China)
Applied Surface Science (30 Aug. 2015), vol.347, p. 673-8

Il s'agit de la première application d'une carbonituration par plasma électrolytique (PEC / N) sur de l'aluminium. Une caractérisation spectroscopique de la décharge plasma pendant le processus a été réalisée et la température des électrons a été calculée en termes de spectroscopie d'émission optique. Les résultats ont montré que la décharge plasma était en équilibre thermique local. La concentration en électrons et la température sont respectivement d'environ $6 \times 10^{21} m^{-3}$ et 4000K. La couche carbonitrurée est composée d' Al_4C_3 , C_4AlN et d' $Al_7C_3N_3$. Après traitement PEC / N, la résistance à la corrosion de l'aluminium pur a été significativement améliorée, du fait de la formation de phases de nitrurées. Ce travail étend l'application du plasma électrolytique à la modification de surface des métaux à bas point de fusion.

Comportement tribologique d'un alliage d'aluminium AA 2024-T3 revêtu multicouches (*Tribological response of AA 2024-T3 aluminium alloy coated with a DLC duplex coating*)

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301679X14004368>

On constate une amélioration considérable du comportement tribologique des alliages AA 2024-T3 (tests de résistance à l'usure) lorsque ces derniers sont préalablement soumis à un traitement duplex DLC/NiP. Les analyses montrent que l'architecture des revêtements est composée de différentes couches ayant chacune des propriétés mécaniques distinctes : un DLC (une couche a:C-H dopée CrC), une couche CNiPCr, un revêtement NiP. Une analyse du comportement élastique en fonction de la profondeur de pénétration a été conduite suivant une approche originale spécialement développée pour l'étude des revêtements multicouches.



Profil 3D de rugosité du revêtement NiP (gauche) et du DLC / NiP (droite)

(Source: Universidad Central de Venezuela et Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat, VN. Arts et Métiers ParisTech et ENSCL, FR)

Solution de revêtement d'aluminium, couche d'aluminium, structure de résine, objet en aluminium poreux et procédé de fabrication d'aluminium poreux (*Aluminum plating solution, aluminum film, resin structure, porous aluminum object, and porous aluminum object manufacturing method*)

[WO2015111533](#) A1 2015-07-30. Priority Details: 2014JP-0012185 2014-01-27. Patent Assignee: SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES.. International Patent Classification: C25D-001/08 C25D-003/66 C25D-007/00.

L'invention porte sur une solution de dépôt d'aluminium avec une grande plage de densité de courant dans laquelle le dépôt d'aluminium est possible et une faible résistance de la solution. La solution comprend: un halogénure d'aluminium; une ou plusieurs espèces choisies dans un groupe constitué par les halogénures d'imidazolium alkyle, les halogénures d'alkylpyridinium et les composés d'urée; et un sel d'ammonium.

Bains de nickelage chimique sans fluorure pour revêtement d'un alliage de magnésium AZ91D (*An innovative procedure of electroless nickel plating in fluoride-free bath used for AZ91D magnesium alloy*)

Yan Dalong; Yu Gang; Zhang Jun and al. *Journal of Alloys and Compounds*, Volume 653, pp. 271-278, 38 refs. 2015.08.21

Un procédé innovant et sans fluorure, donc « propre », a été proposé pour le revêtement d'un alliage de magnésium AZ91D. Une double couche est formée par réaction basique puis acide. La couche alcaline est composée de Ni-P avec une faible proportion de P alors que la couche acide, de même composition, en contient une forte proportion. Les morphologie, composition et structure de phase ont été analysées par microscopie à balayage électronique (SEM), analyse dispersive en énergie (EDS) et diffractométrie de rayons X (XRD). La résistance à la corrosion, évaluée par un test au brouillard salin et par polarisation électrochimique, montre une excellente résistance du revêtement.

Préparation, caractérisation et résistance à l'usure d'un revêtement composite carbure/Ni sur alliages de magnésium (*Preparation, characterization and wear behavior of carbon coated magnesium alloy with electroless plating nickel interlayer*) Yan Mao; Zhuguo Li; Kai Feng and al. *Applied Surface Science* (1 Feb. 2015), vol.327, p. 100-6

Un revêtement composite anti-usure (Dépôt de carbure par PVD + Nickelage chimique) sur un alliage de magnésium GW83 a été réalisé. Le revêtement composite Ni + C a une microstructure dense, une bonne adhérence et une bonne dureté en raison de la présence de couches de nickel intermédiaires. Les tests d'usure montrent que la durée vie de l'alliage est fortement augmentée.

Microstructure et propriétés tribologiques sous vide du titane TA2 nitruré plasma (*Microstructure and Vacuum Tribological Properties of Commercial Titanium TA2 Treated by Plasma Nitriding*)

She Dingshun; Yue Wen and al. *Rare metal materials and engineering*, (jan 2015) vol. 44, no. 1, pp. 133-139

Pour étudier les propriétés tribologiques sous vide du titane TA2 ayant subi une nitruration plasma, un microscope optique (MO), un profilomètre 3D, une diffractométrie de rayons X (XRD) et un testeur de micro-dureté ont été

utilisés. La microstructure, la morphologie de surface, la rugosité de surface, la composition de phase et la dureté des micro-échantillons ont été analysées et comparées à un échantillon non traité.

Une analyse par tribomètre sous vide, microscope à balayage électronique et analyse dispersive en énergie (EDS) ont également été conduites. Les résultats montrent que la couche nitrurée est constituée de différentes phases : TiN, Ti₂N et alpha-Ti (N) sur une profondeur de 80µm. La dureté de surface passe de 1,40GPa à 12,60GPa après nitruration. Si la rugosité de surface, le coefficient de frottement et la résistance à l'usure sont améliorés en atmosphère classique, il semblerait que le coefficient de frottement des échantillons testés sous vide soit réduit.

Microstructure et résistance à l'usure d'un dépôt composite TiN/Al sur alliage Ti6Al4V par nitruration laser (*Microstructure and wear resistance of one-step in-situ synthesized TiN/Al composite coatings on Ti6Al4V alloy by a laser nitriding process*)

Yao Fu; Xian-Cheng Zhang; Jian-Feng Sui and al. Optics & Laser Technology (April 2015), vol.67, p. 78-85, 37 refs

Développement d'une méthode « one-step » pour la réalisation d'une matrice Al renforcée TiN sur un alliage Ti6Al4V. La poudre d'Al et l'azote gazeux sont simultanément introduits dans la buse durant le procédé. La microstructure, la microdureté et la résistance à l'usure des revêtements TiN/Al obtenus avec des lasers de différentes puissances sont étudiées. Les résultats ont montré que les morphologies, la distribution de dendrites de TiN dans la matrice et la résistance à l'usure dépendent fortement de la puissance du laser utilisé. Avec l'augmentation de la puissance du laser, la résistance à l'usure augmente.

PROCÉDÉS PROPRES

Revêtements incluant des particules, Electric Discharge Coating, liquide ionique, peintures hybrides, éco-peintures.

Substitution du chromage dur pour le revêtement de rouleaux de laminoirs (*Substitution der Hartverchromung fuer Walzen von Dressier- und Nachwalzgeruesten*)

Crahay, J.; Bertrandie, and al.

European Steel Technology & Application Days, Duesseldorf, DE, 15-19 Jun, 2015, p1-6, 6pp,12fig.,1ref.

Le chromage dur reste le procédé le plus efficace pour le revêtement des rouleaux de laminoirs, leur assurant une grande durée de vie et une rugosité adaptée aux conditions de travail. La réglementation REACH oblige cependant, excepté pour les autorisations spéciales, à proscrire le chrome hexavalent et des solutions de substitutions sont activement recherchées. Ce document est issu d'un travail collaboratif conduit entre différents partenaires dans le cadre d'un projet européen « Research Fund for Coal and Steel » : Arcelor Mittal, CRM, CSN Chrome, Oerlikon Metco Coatings, Sarclad et Tata Steel. Plusieurs procédés alternatifs ont été passés en revue : revêtements incluant des particules dures, EDC (Electric Discharge Coating), HVOF. Chacun de ces procédés a été testé en laboratoire, en atelier pilote et à l'échelle industrielle. Des résultats prometteurs ont été obtenus en termes de résistance à l'usure pour les différents procédés. D'autres caractéristiques ont été évaluées : rugosité, friction, compatibilité avec les tôles galvanisées, coûts opérationnels...

Propriétés toxicologiques et environnementales d'un électrolyte de chromage à base de chlorure de CrIII/choline (*Toxicological and environmental properties of a CrIII/choline chloride based chrome plating electrolyte*)

Yurramendi-Sarasola, Lourdes; and al. Spain DYNA, (mar-apr 2015) Vol. 90, No. 2, pp. 165-173.

Dans le cadre de la recherche de bains de chromage pouvant se substituer aux bains « classiques » contenant du CrVI, des travaux ont montré que les revêtements de chrome métallique à partir d'un liquide ionique (IL) en utilisant des sels de chrome trivalents pouvaient être réalisés avec succès. Un dépôt dur, épais et brillant a été obtenu à partir d'un liquide ionique composé de chlorure de chrome et de chlorure de choline. Parallèlement à l'évaluation des propriétés du dépôt, une étude méthodologique sur l'analyse des risques environnementaux et sur les implications en matière de santé et de sécurité pour ce nouveau procédé a été effectuée. Les résultats montrent que la formulation à base de liquide ionique présente une toxicité moindre et un risque environnemental réduit par rapports aux bains traditionnels.

Développement de peintures anti-fouling hybrides (*Development of hybrid antifouling paints*)

Azemar, Fabrice; Faÿ, Fabienne; Réhel, Karine; Linossier, Isabelle - Laboratoire de Biotechnologie et Chimie Marines, Univ. Bretagne-Sud, EA 3884, LBCM, IUEM, F-56100 Lorient, France

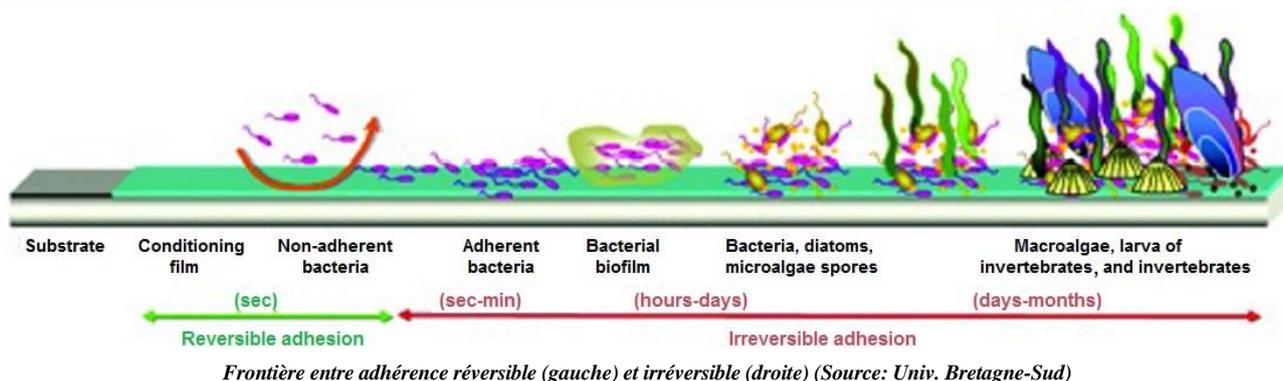
Progress in Organic Coatings, Volume 87, October 2015, Pages 10–19

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944015001198>

Dans le contexte actuel, il semble nécessaire de développer de nouveaux revêtements anti-fouling plus efficaces et surtout plus respectueux de l'environnement. Les grands modes d'action utilisés à ce jour montrent des limites : la

libération de molécules actives toxiques ou la faible efficacité en situation statique. Le but de ce travail est d'élaborer des peintures anti-fouling hybrides. Dans cet optique, des copolymères avec des blocs biodégradables (poly(ester)) et un bloc silicone (poly(diméthylsiloxane)) pour apporter une faible énergie de surface ont été synthétisés, caractérisés et ensuite utilisés comme liant dans une formulation pour peinture anti-fouling. Plusieurs stratégies de synthèses ont été utilisées pour déterminer la technique donnant les meilleurs résultats et la plus simple à transposer au niveau industriel. Deux polymérisations par ouverture de cycle (catalyse métallique et catalyse enzymatique), ainsi que le couplage thiol-ène ont été comparés pour l'obtention d'un copolymère tribloc linéaire. Pour préparer des copolymères avec des architectures plus spécifiques seul le couplage thiol-yne a été utilisé. Les propriétés d'hydratation, de dégradation et de surface ont été étudiées dans de l'eau distillée au cours de l'immersion pour les liants seuls. Pour les deux premiers, les résultats ont été comparés avec les peintures formulées. De plus, la libération de molécules et le type d'hydratation ont été observés pour les peintures. Finalement, l'efficacité anti-fouling des revêtements a été évaluée lors de leur immersion in situ dans la rade de Lorient.

(Voir aussi Fabrice AZEMAR « Synthèse et caractérisation d'un système hybride pour les peintures antifouling », <http://www.univ-ubs.fr/soutenance-de-these-fabrice-azemar-404008.kjsp?RH=1318498222799>)



Étude de cas industrielle pour minimiser l'impact environnemental de procédés de peinture (*Analytical Hierarchy Process/Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-based approach to the generation of environmental improvement options for painting process e Results from an industrial case study*)

Kluczek, Aldona; and al.- Institute for Organization of Production, Faculty of Production Engineering, Warsaw University of Technology.

Journal of Cleaner Production, Volume 101, 15 August 2015, Pages 360–367

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615003108>

Cette étude concerne des améliorations pouvant être apportées à des unités de peinture industrielles, en l'occurrence, lors de la fabrication de chaudières de chauffage central. L'objectif est d'identifier les possibilités de prévenir ou de limiter les impacts environnementaux lors du processus de peinture. La situation a été considérée sous une approche multi-factorielle. Ce sont les méthode d'analyse multi-critères AHC et TOPSIS qui ont été privilégiées : l'analyse hiérarchique AHP a permis de définir les facteurs critiques et l'analyse de la signifiante des procédures (TOPSIS) a permis de classer les différentes alternatives. Cette évaluation résume les avantages d'une technologie non polluante qui limite efficacement l'utilisation de solvants dangereux, les émissions volatiles organiques et les déchets solides dangereux. Les résultats montrent que l'option qui conduit à la plus importante amélioration est un atelier de peinture équipé de ses propres alimentations en air aérateurs et systèmes de chauffage.

Éco-peintures à base d'acides gras dérivés du latex (*Eco-paints from bio-based fatty acid derivative latexes*)

Moreno, Mónica; and al. Progress in Organic Coatings, Volume 81, April 2015, Pages 101–106

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944015000107>

Une série d'acides gras dérivés du latex ont été incorporés comme liants dans les peintures à l'eau : acide oléique méthacrylate et acide linoléique méthacrylate. Les performances des peintures obtenues ont été évaluées en termes de dureté, brillance, comportement rhéologique et vieillissement comparativement à des peintures base aqueuse, commerciales. La plupart des peintures testées ont montré de bonnes performances en faisant de bons candidats pour leur utilisation dans la production de peintures à l'eau durables.

REVÊTEMENTS MÉTALLIQUES DIVERS

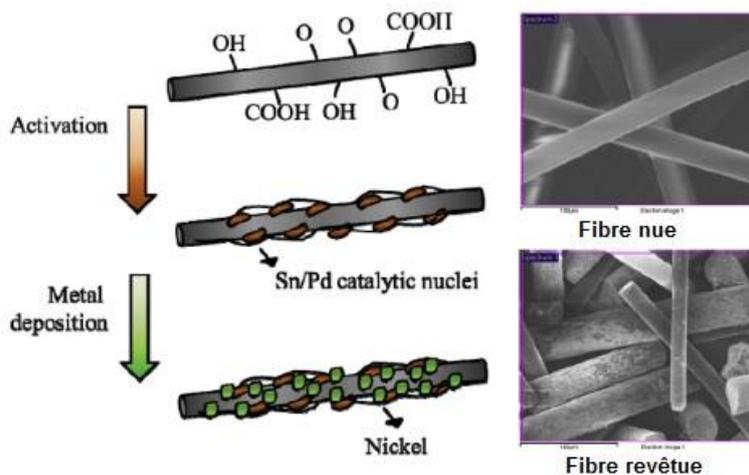
Revêtements rhénium-métal, composites à fibres revêtues de nickel, nickel, chrome, zinc.

Revêtements Re-Me (Me = Co, Fe, Ni) (*Electroless plating of rhenium-based alloys with nickel, cobalt and iron*)
Duhin, Alla; Eliaz, and al. *Electrochimica Acta*, (20 AUG 2015) Vol. 174, pp. 660-666. ISSN: 0013-4686

Cette étude porte sur le dépôt chimique de différents alliages Re-Me et plus particulièrement sur l'influence du Co, du Fe et du Ni sur la cinétique du processus, la composition de l'alliage et la morphologie de surface. Des alliages Re-Ni (78% at.), Re-Co (65% at.) et Re-Fe (55% at.) ont été préparés. Les auteurs montrent que pour les alliages Re-Co et Re-Ni, le processus est contrôlé par une réaction mixte plutôt que par le transfert de masse. Une bonne corrélation existe entre les taux de déposition calculés et expérimentaux. Sur les trois métaux testés, le Ni présente l'activité catalytique la plus importante pour la réduction du ReO_4 et la formation d'alliages Re-Me.

Influence du nickelage chimique sur la résistance à la rupture de composites renforcés de fibres de carbone (*Influence of electroless nickel-plating on fracture toughness of pitch-based carbon fibre reinforced composites*) Park, Soo-Jin - Inha Univ and al.

Des fibres de carbone nickelées (Ni-PFs) ont été préparées par nickelage chimique afin d'améliorer la résistance à la rupture de composites à matrice époxy (Ni-PF / époxy). Les propriétés de surface des Ni-PFs ont été déterminées par microscopie à balayage électronique (SEM), spectrométrie photoélectronique X (XPS) et diffractométrie de rayons X (XRD). La résistance de la liaison Ni-PF / époxy a été évaluée par la mesure du facteur d'intensité des contraintes (K_{Ic}) et par le taux critique de restitution d'énergie de déformation élastique (G_{Ic}). La résistance à la rupture de la liaison Ni-PF / époxy est nettement supérieure à celle des liaisons FP / époxy.



Activation de la fibre puis nickelage (Source: Inha Univ., Incheon, KR)

Influence des ions acétate dans les bains de nickelage électrolytique (*Electrodeposition of a nickel coating from a low-temperature acetate-chloride nickel-plating electrolyte*)
Antikhovich, I. V.; Chernik, and al.

L'effet des conditions d'électro-cristallisation sur la microstructure et la croissance des revêtements de nickel obtenus à partir d'électrolytes d'acétate-chlorure, a été étudié. Un modèle mathématique a été utilisé pour évaluer la répartition des complexes ioniques. La présence d'espèces chargées positivement dans l'électrolyte (18-31%) affecte de manière significative le transfert de masse. Une augmentation de la concentration en ions acétate favorise la formation de $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})^+$ et de $\text{Ni}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ et la diminution de la teneur en ions nickel dans l'électrolyte, ce qui conduit à une diminution de la polarisation et induit un décalage des courbes de polarisation vers des valeurs plus élevées. La structure du revêtement est davantage affectée par la variation de densité de courant que par la composition de l'électrolyte.

Nickelage direct grande vitesse sur des métaux difficiles à revêtir (*Direct high speed nickel plating on difficult to plate metals*) [GB201413633](#) D0 2014-09-17. Priority Details: 2014GB-0013633 2014-07-31. Patent Assignee: HUSSAIN MOHAMMAD S. Fampat family: [GB201413633](#) D0 2014-09-17 [[GB201413633](#)]; [GB201513407](#) D0 2015-09-16 [[GB201513407](#)]
(pas de résumé)

Dépôt direct de nickel (Nickel direct-plating)

[US20150041329](#); [GB201314054](#) D0 2013-09-18. Priority Details: 2013GB-0014054 2013-08-06. Patent Assignee: SAUDI INTERNATIONAL PETROCHEMICAL. International Patent Classification: C25D-003/12 C25D-005/08 C25D-005/28 C25D-005/34 C25D-007/04 C25D-011/34. US Patent Classification: PCLO=205148000 PCLX=205171000 PCLX=205172000 PCLX=205205000 PCLX=205271000 PCLX=205273000

Procédé pour déposer du nickel sur la surface d'un objet, le procédé comprenant les étapes consistant à fournir une source de courant continu ayant une borne positive et une négative; à relier l'objet à la borne négative; à connecter une anode à la borne positive; et à immerger l'objet et l'anode dans une solution comprenant du nickel. L'anode est positionnée à une distance égale ou inférieure à 2 mm de la surface de l'objet et, lorsque la source de courant continu est mise sous tension, le nickel de la solution est déposé sur la surface de l'objet.

Couche de revêtement de chrome rigide composite, et élément coulissant revêtu de ladite couche de revêtement (*Composite rigid chromium coating film, and sliding member coated with said coating film*)

[WO2014157305](#) A1 2014-10-02. Priority Details: 2013JP-0072560 2013-03-29. Afin de fournir une couche de chrome trivalent qui inhibe le développement de fissures qui se prolongent à partir de la surface jusqu'à la base et qui fournisse un élément coulissant revêtu de chrome trivalent, le revêtement est effectué au moyen d'un bain galvanique de chrome dans lequel le chrome trivalent est utilisé en tant que source de chrome et dans lequel une seconde phase, qui est lamellaire et/ou fibreuse, a été dispersée, en formant ainsi un revêtement de chrome rigide qui présente une configuration dans laquelle les plaquettes et/ou fibres sont dispersées. La seconde phase lamellaire et/ou fibreuse dispersée stoppe la propagation des fissures ou les dévie ou empêche leur élargissement. Ainsi, les fissures dans le revêtement de chrome rigide sont inhibées.

Procédé continu de chromage trivalent (*Continuous trivalent chromium plating method*)

[WO2015121790](#); CO7190036 A1 2015-02-19. Priority Details: 2014CO-0028206 2014-02-11. International Patent Classification: C25D-003/06

L'invention se rapporte au domaine de la chimie et de la métallurgie et concerne un procédé pour la production électrolytique ou électrophorétique de revêtements électrochimiques (avec un bain à base de solutions de chrome trivalent décoratif) sur un substrat en métal ou en plastique, avec des ions de chrome trivalent, d'ions sulfates, des anodes en graphite, un contrôle du chrome hexavalent et avec la purification d'une cathode muette dans une opération industrielle en continu.

Bain de chromage trivalent (*Trivalent chromium plating bath*)

[WO2015037391](#) A1 2015-03-19. Priority Details: 2013JP-0189246 2013-09-12. Patent Assignee: OKUNO International Patent Classification: C25D-003/06 C25D-007/00 C25D-017/10

La présente invention fournit un bain de revêtement de chrome trivalent comprenant une solution aqueuse contenant un composé de chrome trivalent, un agent complexant, un fluorure, du sulfate d'aluminium et un composé d'acide borique. Selon la présente invention, un nouveau bain de chrome trivalent peut être produit, qui a une vitesse de dépôt élevée, est adapté pour le revêtement épais, et a un rendement de dépôt amélioré dans une faible plage de la densité de courant, et une vitesse de dépôt améliorée.

Les « trucs » du zinc-nickel

[Zinc-Nickel Teaches Experienced Plater New Tricks](#)

L'entreprise Micro Metal Finishing (US) explique l'expérience acquise en zinc-nickel, beaucoup demandé actuellement pour les composants d'assemblage (fasteners, attaches, supports) et d'éclairage, car il est moins sensible à la rayure que les revêtements organiques (des problèmes surviennent une fois que les composants ont été assemblés, des rayures se produisant dans le processus).

Nouvelles spécifications américaines Bâtiment

[AAMA](#)

L'American Architectural Manufacturers Association (AAMA) a remis à jour ses spécifications de résistance à la corrosion des aciers pour portes, fenêtres, lucarnes. L'*AAMA 907 standard for acceptable coatings for mild steel components and assemblies* vise plus de performances et moins de prescriptions. Les références au cadmiage ont été retirées. Les choix restent ouverts tant que l'essai au brouillard salin neutre répond au standard 907-15. Face à la diversité des environnements corrosifs, une durée de vie n'est pas spécifiée.

PROJECTION THERMIQUE ET COLD SPRAY

Projection HVOF pour brûleurs de biomasse, projection contre fatigue de contact par roulement, robinetterie en environnement sévère. Cold spray pour résistance à l'abrasion, cold spray de Cu-0.1Ag et de Stellite.

Application de la projection thermique à la résistance à la corrosion à haute température des brûleurs biomasse (*Thermal Spray Coatings for High-Temperature Corrosion Protection in Biomass Co-Fired Boilers*) Oksa, M.; Metsajoki, and al. *Journal of thermal spray technology*, (jan 2015) vol. 24, no. 1-2, pp. 194-205

Il existe aujourd'hui plus de 1000 brûleurs et environ 500 usines utilisant des déchets comme combustible en Europe, les chiffres étant en augmentation. De nombreuses installations rencontrent d'importants problèmes de corrosion à haute température en raison de la présence d'éléments nocifs tels que les chlorures, les métaux alcalins et les métaux lourds. La projection HVOF permet de réaliser des revêtements très denses et adhérents qui peuvent être utilisés pour la protection anti-corrosion des échangeurs de chaleur et des brûleurs. Quatre revêtements HVOF et une projection par arc ont été testés dans des conditions équivalentes à celles des installations industrielles. Une sonde de mesure a permis de relever les résultats à 550 et 750°C pendant 5900h. Les matériaux projetés sont les suivants : Ni-Cr, IN625, Fe-Cr-W-Nb-Mo, Ni-Cr-Ti. Deux types d'équipements ont été utilisés : le CJS de Thermico et le Diamond Jet™ d'Oerlikon. Les comparaisons ont été établies en prenant pour référence un acier T92 et un superalliage de nickel A263. Les résultats montrent une excellente résistance à la corrosion à 550°C. À des températures plus élevées, c'est le NiCr déposé avec l'équipement Thermico qui présente la meilleure résistance à la corrosion. L'alliage IN625 a été totalement consommé durant l'exposition à 750°C.

Revue des mécanismes de rupture et de la durée de vie de pièces revêtues par projection et soumises à la fatigue de contact de roulement (*Effects of Service Condition on Rolling Contact Fatigue Failure Mechanism and Lifetime of Thermal Spray Coatings-A Review*) Cui Huawei; Cui Xiufang and al. *Chinese journal of mechanical engineering*, (jan 2015) vol. 28, no. 1, pp. 132-139

La littérature sur les essais à la fatigue de contact de roulement (RCF) de pièces revêtues par projection thermique soumises à différentes conditions de fonctionnement est considérable et il est généralement difficile de synthétiser l'ensemble des résultats pour obtenir une compréhension globale des phénomènes et paramètres influents. Les impacts des conditions de service (lubrification, contraintes de contact, vitesse de roulement, taux de glissement) sont ici pris en considération. Une formule de conception optimale de revêtement, prenant en compte les paramètres mentionnés est proposée. Des axes de recherches futurs, basés sur ce qu'apporte la littérature existante, sont proposés.

HVOF pour robinetterie en environnement sévère
[Technetics Group \(Valve World\)](#)

Des corps de valves et des composants comme des billes, obturateurs, sièges, tiges, sont protégés de la corrosion et de l'usure (eau salée, sable, sulfure d'hydrogène, acide chlorhydrique, etc.), pour conditions marines, oil & gas et industrie chimique principalement, en prenant en compte un coût bas, par des dépôts céramiques durs (TiO₂, base carbure, dépôt dur métallique).

Augmentation de la résistance à l'abrasion par déposition cold spray de particules nanocomposites renforcées c-BN (*Large sized cubic BN reinforced nanocomposite with improved abrasive wear resistance deposited by cold spray*) Luo Xiao-Tao; Li Chang-Jiu *Materials and Design* (15 Oct 2015), Volume 83, pp. 249-256

Dans ce travail, les poudres projetées sont composées à 40% en volume de particules c-BN-NiCrAl et de particules c-BN de grande taille. Les caractéristiques de déposition, la microstructure et les propriétés mécaniques (dureté, résistance à la rupture, résistance à l'abrasion) ont été étudiées. Les résultats montrent que le rendement de déposition diminue lorsque la taille des particules de c-BN est trop importante. L'augmentation de la proportion des particules de c-BN permet d'augmenter la dureté du dépôt mais la résistance à la rupture diminue. La résistance à l'abrasion est doublée par l'incorporation de 20% de particules de c-BN.

Propriétés mécaniques d'alliages Cu-0.1Ag déposés par cold spray sous différentes conditions de vitesses et températures (*Mechanical Properties of Cu-0.1Ag Alloys Deposited by Cold Spray with Various Powder Feed Rate and Heat Treatment*) Coddet, Pierre ; Verdy and al. *Journal of thermal spray technology*, (jan 2015) vol. 24, no. 1-2, pp. 119-125

Dans le procédé étudié, l'hélium est utilisé pour la projection des particules à une vitesse de 823m/s. Un circuit en boucle fermée a été mis en œuvre afin d'éviter les pertes en hélium coûteuses. Le taux de déposition est supérieur

à 95%, la porosité inférieure à 0,1% et la teneur en oxygène inférieure à 150ppm. L'influence des paramètres de déposition sur la microstructure, les propriétés mécaniques (résistance à la traction, limite d'élasticité, élongation, dureté) et le niveau de contraintes résiduelles ont été étudiés. Les propriétés obtenues sont supérieures à celles d'un matériau forgé classique.

Analyse et caractérisation de revêtements anti-usure de Stellite réalisés par cold spray sur moules aciers (*Investigation and characterization of Stellite-based wear-resistant coatings applied to steel moulds by cold-spray*) Lucchetta G; Giusti R. and al. CIRP Annals - Manufacturing Technology (2015), Volume 64, Number 1, pp. 535-538

Le potentiel du procédé cold spray pour les dépôts de Stellite sur acier recuit a été évalué dans le cadre de la fabrication de moules d'injection résistant à l'usure. Les aspects liés à la fois au processus de déposition et à la topographie (rugosité, composition chimique, dureté et résistance à l'usure) ont été étudiés. Des revêtements de Stellite 6, Stellite 31 et Stellite 31 + 10% AISI 316L ont été réalisés et les effets de la composition ont été analysés afin d'identifier les conditions optimales de traitement. La performance des échantillons revêtus a été évaluée à l'aide d'un test de compression spécialement développé pour l'occasion. Le cold spray s'avère être une alternative valable à un traitement thermique dans la fabrication de moules résistant à l'usure.

TRAITEMENT THERMIQUE DES ACIERS

Nitruration gazeuse et plasma, nitruration + déformation plastique, nitrocarburation plasma, nitruration douce, trempe localisée.

Effets combinés d'une nitruration gazeuse et d'une déformation plastique sur la résistance à l'usure d'un acier 38CrMoAl (*Combined effect of rapid nitriding and plastic deformation on the surface strength, toughness and wear resistance of steel 38CrMoAl*) Wang, B.; Lv, Z.Q and al. IOP Conference Series : Materials Science and Engineering (Online), 2015, v. 89, p012046/1-7, 7pp - 36th Risoe International Symposium on Materials Science, Roskilde, DK, 7-11 Sep, 2015

Le traitement combiné d'une nitruration gazeuse et d'une déformation plastique a été proposé comme un nouveau procédé de préparation rapide d'une couche nitrurée de l'acier 38CrMoAl. Les caractéristiques de la microstructure et des propriétés de la couche ainsi obtenue ont été comparées à celles obtenues sur des échantillons classiquement nitrurés. Les résultats montrent que la dureté et la résistance à l'usure de la couche peuvent être considérablement améliorées par ce procédé.

Influence des précipités intergranulaires induits par la nitruration des aciers d'engrenages sur la fatigue de contact des dentures (*Influence of grain boundary cementite induced by gas nitriding on the rolling contact fatigue of alloyed steels for gears*) Le, Marion; Ville and al. Proceedings of the institution of mechanical engineers part j- journal of engineering tribology, (aug 2015) vol. 229, no. 8, sp. iss. si, pp. 917-928.

Les engrenages sont soumis à diverses sollicitations, dont la fatigue induite par le contact entre les dentures, à l'origine d'amorçage et de la propagation de fissures. Pour améliorer la durée de vie des composants, les fabricants ont recours à des technologies de traitements de surface. La nitruration gazeuse profonde est alors souvent employée pour augmenter la dureté superficielle, tout en introduisant des contraintes résiduelles de compression. Cependant, la nitruration de certains alliages engendre aussi la précipitation de réseau de carbures aux joints de grains dans la couche nitrurée. Des essais de fatigue de contact sur un banc bi-disques du LaMCoS montrent que les fissures se propagent préférentiellement aux joints de grains chargés de carbures. L'objectif de cette étude est alors de caractériser les propriétés micromécaniques (nano-indentation, etc.) et métallurgiques (MEB, etc.) des précipités intergranulaires, à l'aide des moyens d'expertise du laboratoire MATEIS. Les résultats permettront de mieux comprendre les mécanismes de propagation des fissures de fatigue de contact dans les couches nitrurées, en vue de réadapter le cahier des charges des fabricants d'engrenages.

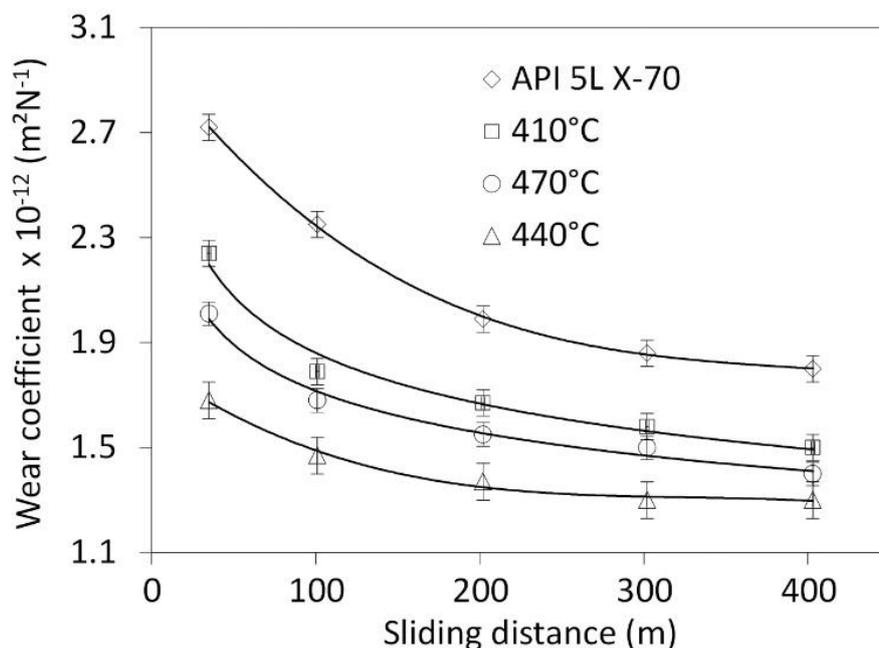
Nitrocarburation plasma sur acier trempé revenu pour la fabrication de pièces automobiles (*Plasma nitrocarburizing techniques with quenching and tempering for manufacture of vehicle parts*) Lee Insup Journal of Korean Institute of Metals and Materials (1 Jun 2015), Volume 53, Number 6, pp. 398-405

Une nitrocarburation plasma (PNC) sur des échantillons d'acier SNCM220 trempés revenus (QT) a été réalisée dans un équipement spécial à 570°C pendant 5 heures. La composition gazeuse ($N_2:H_2:CH_4$ à 85, 13,75, et 1,25 % en vol) a conduit à l'obtention d'une couche composée principalement de $\epsilon-Fe_{3/2}(N, C)$ sur la surface de l'acier. L'épaisseur de la couche diminue avec l'augmentation de CH_4 lorsque la teneur en N_2 est fixée à 85%. La quantité de phase $\epsilon-Fe_{2-3}(N, C)$ dans la couche augmente lorsque la teneur en CH_4 est portée au-delà de 1,5%. La phase de cémentite commence à se former, ce qui réduit l'épaisseur de la couche. Une carbonituration gazeuse (GCN) a été effectuée à 860°C pendant 2 heures, suivie par une trempe à l'huile à 130°C et une montée à 180°C pendant 2

heures. Le traitement GCN a conduit à l'obtention d'une couche dure avec une structure martensitique contenant 0,6% de C en poids. La profondeur effective (550 HV0,3) est d'environ 300µm. Le traitement PNC/QT montre une meilleure résistance à l'usure avec une dureté de surface plus importante (300-400 HV0,1)

Amélioration de la résistance à l'abrasion d'aciers micro-alliés par nitruration plasma (*Improving the Abrasive Wear Resistance of a Microalloyed Steel by Plasma Nitriding*) Rocha Lima Cesconetto, Maria da Conceicao. Materials research-ibero-american journal of materials, (mar-apr 2015) vol. 18, no. 2, pp. 334-340
Text integral: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-14392015000200334&script=sci_arttext

Le but de ce travail est d'étudier la résistance à la micro-abrasion d'un acier micro-allié API 5L X-70 soumis à une nitruration plasma pulsé en courant continu sous différentes conditions (durée et température). Les traitements sont réalisés dans une atmosphère 10% N₂ + 90% H₂, à des températures de 410, 440 et 470°C, sur des durées de 1, 3 et 5 heures. Les résultats montrent que la nitruration effectuée à 440°C pendant 1h conduit à la formation d'une couche constituée essentiellement d' ϵ -Fe_{2,3}N et d'une importante zone de croissance de nitrures qui offre une résistance à l'usure plus élevée. La proportion de phase γ -Fe₄N augmente avec le temps de nitruration et a pour effet de diminuer la résistance à l'usure du matériau.



Usure en fonction de la distance de glissement: meilleur résultat à 440C (Source: IFES, BR)

Méthode d'obtention d'un acier léger et résistant à l'usure grâce à un procédé de nitruration à moindre coût (*Achieving lightweight, wear resistant steels through nitriding. A low cost heat treatment method could improve the wear resistance of austenitic manganese and aluminium steels*) Bartlett, Laura; Modern Casting, 2015, v. 105 (6), p28-31, 4pp

Les aciers austénitiques avec des additions de manganèse et d'aluminium ont été largement étudiés ces dernières années pour leurs applications dans les secteurs militaires et du transport. Ces aciers combinent une excellente résistance à la rupture et à l'usure. L'ajout d'aluminium (de 6 à 8,8% en poids) permet de réduire leur densité de 10% à 15% par rapport aux aciers au chrome et au molybdène trempés revenus. Leur résistance à l'usure peut être améliorée par un traitement thermique de durcissement superficiel à faible coût en atmosphère azotée (nitruration) conduisant à la formation d'une couche de nitrure d'aluminium (AlN). Dans cette étude, l'influence de la teneur en aluminium et silicium sur la cinétique du processus de nitruration a été évaluée pour un alliage Fe-30%Mn-(6-9%) Al-(1-1,6%) Si-0,9%C dans une plage de température de 900 à 1100°C. L'augmentation de la teneur en aluminium de 6% à 8,8% fait diminuer la profondeur de la couche d'AlN et augmente l'activation pour la diffusion de l'azote dans l'austénite de 64 à 79kJ/mol.

Procédé de carbonitruration d'acier inoxydable martensitique et d'article en acier inoxydable ayant une résistance améliorée à la corrosion (*Carbo-nitriding process for martensitic stainless steel and stainless steel article having improved corrosion resistance*) [WO2012166851](http://www.patent.gov.au/2012/12/12-06/WO2012166851) A1 2012-12-06; EP2739761. US Patent Classification: PCLO=148219000 PCLX=148218000 PCLX=148318000

Procédé de production d'un article en acier inoxydable martensitique traité qui comprend: la fourniture d'un article comprenant, au moins en partie, un acier inoxydable martensitique, la cémentation de l'article dans une plage de température de 1625-1680°F (885-916°C), puis la carbonitruration l'article dans une plage de température de 1575-

1625°F (857-885°C). Un article, tel qu'une bague de roulement, comprenant un acier inoxydable martensitique cémenté, est également décrit.

Bain de sel fondu pour la nitruration de pièces mécaniques en acier, et méthode de mise en œuvre (*Molten-salt bath for nitriding mechanical steel parts, and implementation method*)
FR2972459 A1 2012-09-1; EP2683845. US Patent Classification : PCLO=148228000 PCLX=148022000 PCLX=148318000. ECLA Code : C23C-008/50 C23C-008/56.

L'invention se rapporte à un bain de sel fondu pour la nitruration de pièces mécaniques en acier, constitué essentiellement des éléments suivants (les teneurs étant exprimées en poids%): 25 à 60% de chlorures de métaux alcalins; 10 à 40% de carbonates de métaux alcalins; 20 à 50% de cyanates de métaux alcalins; et un maximum de 3% d'ions cyanure (formés lors de l'utilisation du bain), dans lequel le total du contenu est de 100% en poids. De préférence, le bain contient: 25 à 30% en poids de cyanate de sodium; 25 à 30% en poids de carbonate de sodium et le carbonate de lithium; 40 à 50% en poids de chlorure de potassium; et d'un maximum de 3% en poids d'ions cyanure (formé au cours de l'utilisation du bain), le total des teneurs étant égal à 100% en poids.

Procédé de nitruration douce de gaz et méthode pour fabriquer un composant de roulement (*Gas soft nitriding method and method for manufacturing bearing component*) [WO2012144365](#) A1 2012-10-26; EP2700732. US Patent Classification: PCLO=148219000 PCLX=148218000

L'invention concerne un procédé de nitrocarburation au gaz formant une couche de nitrure dans une partie de couche de surface d'une pièce à usiner en acier, par chauffage à l'intérieur d'un four de traitement thermique dans laquelle un gaz est introduit, contenant de l'ammoniac gazeux et au moins l'un des gaz dioxyde de carbone et hydrogène gazeux, et comportant un reste formé d'une impureté.

Acier doux de nitruration douce et composant nitruré doux utilisant l'acier comme matériau (*Soft-nitriding steel and soft-nitrided component using steel as material*)
[WO2013121794](#) A1 2013-08-22; EP2816128. International Patent Classification : C21D-006/00 C22C-038/00 C22C-038/02 C22C-038/04 C22C-038/06 C22C-038/22 C22C-038/24 C22C-038/26 C22C-038/28 C22C-038/32 C22C-038/38 C22C-038/60 C23C-008/32. US Patent Classification: PCLO=148318000 PCLX=420106000

Selon la présente invention, il est possible d'obtenir un acier pour nitrocarburation ayant une composition chimique prédéterminée, un rapport de surface de bainite supérieur à 50% et une excellente usinabilité par coupe avant nitrocarburation, et ayant une résistance et une ténacité équivalentes à un acier classique, tel que le SCr420 cémenté, et d'excellentes propriétés de fatigue après nitrocarburation.

Méthode innovante de trempe localisée
[Entreprise Niko \(Belgique\)](#)

Le projet « Precision Manufacturing for new and better products », incluant des instituts de recherche, universités et entreprises a visé un saut de connaissances incluant un système innovant qui permet de fraiser et de tremper des buses d'injection en acier avec une même machine et un seul calage en utilisant un système de trempe laser intégré.

TRAITEMENT DES EFFLUENTS

Ni, Ni (II), Cr (VI), P.

Élimination du Ni (II) contenu dans les effluents industriels par oxydation avancée (réaction de Fenton) (*Nickel (ii) removal from industrial plating effluent by Fenton process*) Malakootian, Mohammad and al. Environmental Engineering And Management Journal, (APR 2015) Vol. 14, No. 4, pp. 837-842. ISSN: 1582-9596.

L'efficacité de la réaction de Fenton pour éliminer le nickel (II) des effluents industriels de nickelage a été étudiée. L'influence du pH, du temps de contact, des concentrations en Fe^{2+} et H_2O_2 , est étudiée. Pour des pH de 1 à 4, l'élimination du nickel (II) augmente puis diminue à $\text{pH} > 4$. L'efficacité est maximale (taux d'élimination = 98%) à pH 4 pour 60min de temps de contact, les concentrations de Fe^{2+} et H_2O_2 étant respectivement de 1600 et 2500mg/L. La réaction de Fenton s'avère efficace et permet d'obtenir des taux de rejets inférieurs à ceux préconisés par l'EPA.

Réduction de la teneur en Cr (VI) dans les effluents de chromage dans un réacteur UV-C basse pression (*Advanced reduction of Cr(VI) in real chrome-plating wastewater using a VUV photoreactor: Batch and continuous-flow experiments*)

Moussavi Gholamreza; Jiani Fatemeh and al. Separation and Purification Technology (27 Jul 2015), Volume 151, pp. 218-224, arn: 12466, 38 refs.

Le rendement d'un photoréacteur UV basse pression a été étudié pour la réduction de Cr (VI) dans les effluents aqueux de chromage. L'influence du pH, de la concentration initiale en Cr (VI), de la présence d'un réducteur, de l'atmosphère gazeuse (air / N₂) et du temps de réaction a été analysée. Les meilleurs résultats ont été obtenus à pH = 1,8 en atmosphère azotée. La présence de méthanol accélère la réduction. Le Cr (VI) à des concentrations initiales de 10, 20, 30, 50 et 100mg a été complètement réduit pour des temps de réaction respectifs de 2, 10, 12, 16 et 25min.

Nouveau procédé de récupération du Ni et du P dans les effluents de bains de nickelage chimique (*A novel method for nickel recovery and phosphorus removal from spent electroless nickel-plating solution*)

Li, Liyun; Takahashi and al. Separation and purification technology, 16 jun 2015, Vol. 147, pp. 237-244.

Une nouvelle méthode de séparation basée sur l'échange d'ions en présence de lignite a été utilisée pour la récupération du Ni et du P contenu dans les effluents de nickelage chimique. L'échange ionique est influencé par le pH (avec un optimum obtenu pour des valeurs de pH=9.0 à 10.0) et par la concentration en P. L'hydroxyde de calcium est susceptible de précipiter 98.2% du phosphore. Le contrôle du pH est nécessaire pour éviter la co-précipitation d'hydroxyde de nickel. L'élimination du phosphore en présence de CaCO₃ et de CaCl₂ montre une grande dépendance au pH. La présence de CaCl₂ fait chuter le pH ce qui conduit à la formation de sulfate de calcium et empêche la formation de P-Ca. Parallèlement, les ions CO₃²⁻ issus du carbonate de calcium réagissent avec les ions H⁺ ce qui diminue la solubilité du CaCO₃, le taux de « récupération » du phosphore étant alors au maximum de 51%. L'utilisation combinée du carbonate de calcium et du chlorure de calcium améliore le rendement du procédé jusqu'à atteindre un taux de récupération du phosphore de 94.8%, 62% du nickel pouvant être récupéré avec la lignite.

PEINTURES FONCTIONNELLES

Peintures thermo-sensibles, antimicrobiennes, auto-cicatrisantes, magnétiques, intelligentes, anti-fouling, sensibles à la pression.

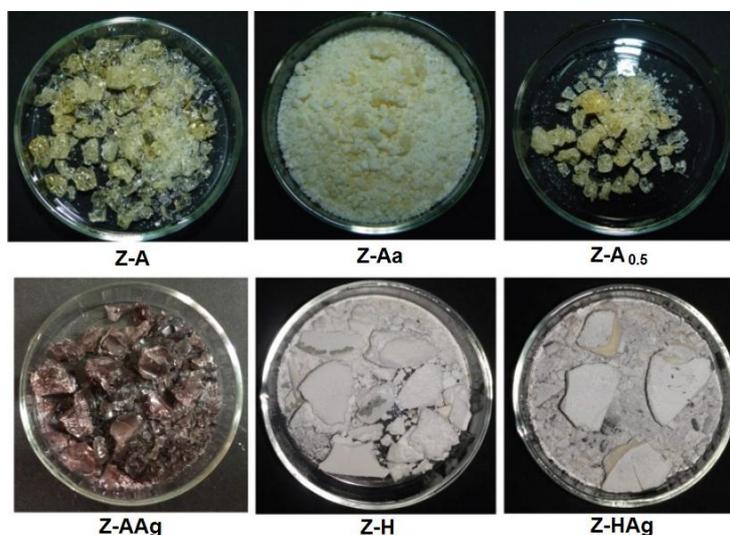
Les peintures thermo-sensibles et leurs applications à la mesure des températures dans les turbo-réacteurs (*The Research of Temperature Indicating Paints and its Application in Aero-engine Temperature Measurement*) Yang, Li; Zhi-min and al. Procedia Engineering, Volume 99, 2015, Pages 1152–1157 / 2014 Asia-Pacific International Symposium on Aerospace Technology, APISAT2014 September 24-26, 2014 Shanghai, China <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814038144>

Les peintures thermo-sensibles sont des revêtements fonctionnels permettant de mesurer la distribution de température en relevant les changements de couleur observés. Elles sont largement appliquées dans les essais de moteurs d'avion pour résoudre les problèmes liés à la mesure du profil de température des composés chauds. Dans cet article, les méthodes de conception, la formulation, la préparation et les process de déposition de ces peintures sont étudiés. Un système d'étalonnage, basé sur la méthode d'identification isotherme, a été spécialement conçu pour étudier leurs caractéristiques et démontrer leur potentiel. Il résulte de ce travail que ces peintures, qui résistent dans des environnements sévères (haute température et avec des flux de gaz à vitesse très élevée) sont susceptibles d'enregistrer les profils de température avec succès.

Synthèse et caractérisation d'oxydes de zirconium utilisés dans les peintures antimicrobiennes (*Synthesis and Characterization of Zirconium Oxides for Use as Antimicrobial Additives in Paints*) Arreche, Romina and al. Procedia Materials Science, Volume 9, 2015, Pages 627–634 - International Congress of Science and Technology of Metallurgy and Materials, SAM – CONAMET 2014 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211812815002230>

Les zircons sont des matériaux multi-fonctionnels largement utilisés. Leurs propriétés : résistance aux attaques chimiques, stabilité thermique, résistance mécanique... intéressent de multiples applications telles que l'optique, l'électronique et le magnétisme entre autres. Ces dernières années, les propriétés chimiques des oxydes de zirconium ont été utilisées, en addition à du silicium, en vue d'obtenir des oxydes mixtes plus robustes et plus stables. Ces propriétés sont liées aux proportions des composants de la céramique à l'échelle moléculaire, par conséquent, aux liaisons Si-O-Zr. Compte tenu de la capacité antimicrobienne efficace de nanoparticules d'argent, leur incorporation dans des matériaux s'avère très intéressant en tant que biocides. L'objectif de ce travail est

d'obtenir des oxydes de zirconium par la technique sol-gel, en utilisant le zirconium n-propoxyde en tant que précurseur. L'effet de différents solvants (eau, éthanol) et l'utilisation de divers catalyseurs acides, notamment l'acide acétique et un hétéropolyacide (HPA) tel que l'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), sur les propriétés physico-chimiques des solides obtenus été étudié. L'addition d'un sel d'argent a été effectuée dans l'échantillon. Les peintures antimicrobiennes ainsi obtenues ont été caractérisés par microscopie à balayage électronique (SEM), diffractométrie de rayons X (XRD), spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IR-TF), analyse de surface spécifique (BET) et titrage potentiométrique avec du n-butylamine. Des solides homogènes ont été obtenus dans toutes les synthèses réalisées en présence d'acide acétique ouvrant la voie à diverses applications de ces peintures écologiques.



Photos numériques des exemplaires synthétisés (Source: CINDECA et CONICET, AG)

Effets de microcapsules d'huile de lin contenant des substances anti-corrosives sur les propriétés auto-cicatrisantes des peintures (*Linseed oil-filled microcapsules containing drier and corrosion inhibitor ? Their effects on self-healing capability of paints*) Szabó, Tamás and al. *Progress in Organic Coatings*, Volume 84, July 2015, Pages 136–142

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944015000703>

Des microcapsules « shell-core » constituées de résines d'urée-résorcinol-formaldéhyde et d'huile de lin ont été utilisées comme additifs de peintures pour augmenter les propriétés auto-cicatrisantes de ces dernières. L'octoate de cobalt est ici utilisé pour accélérer le séchage et l'octadécylamine comme inhibiteur de corrosion. Les microcapsules noyées dans une peinture commerciale ont été appliquées sur des feuilles d'acier doux sablées. Après avoir rayé la surface revêtue, les échantillons ont été plongés dans un milieu corrosif, suivis visuellement et analysés par spectroscopie d'impédance électrochimique (EIS). Les expériences ont montré que la présence de l'inhibiteur augmentait significativement la résistance à la corrosion des échantillons mais augmentait aussi le temps nécessaire au séchage. Afin de minimiser cette durée, une proportion optimale octoate de cobalt/octadécylamine a été proposée.

Nanoparticules magnétiques pour la détection de la dégradation des peintures (*Embedded magnetic nanoparticle sensors for monitoring primer failure beneath paint*) Trinchi, A; Muster and al. *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 210, April 2015, Pages 446–452

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400514015664>

Des nanoparticules magnétiques ont été incorporées à des primaires anti-corrosion afin de démontrer leur potentiel dans la détection de la dégradation des inhibiteurs de corrosion. Dans les environnements corrosifs ces nanoparticules sont chimiquement transformées en espèces présentant des propriétés structurales et magnétiques particulières. En surveillant leur évolution dans de tels environnements, on observe de fortes corrélations entre leur état magnétique et la quantité restante de molécules inhibitrices, ce qui revient à pouvoir effectuer une analyse non-destructive et sans contact de l'état des peintures. Dans ce travail, la transformation des particules magnétiques est étudiée après vieillissement en milieu aqueux à différents pH. Les méthodes d'analyses utilisées sont la diffractométrie de rayons X (XRD), la microscopie électronique à transmission (TEM), la spectroscopie Raman, la magnétométrie à échantillon vibrant (VSM).

Peintures intelligentes pour la protection anodique de l'acier (*Smart Paint for anodic protection of steel*)

Silva, Rodrigo and al. *Progress in Organic Coatings*, Volume 78, January 2015, Pages 116–123

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0300944014003257>

Afin de surmonter les difficultés liées à la solubilité et à l'intégrité mécanique des films de polyaniline, un liant a été développé en mélangeant de la polyaniline à l'état oxydé et non dopé (éméraldine base) avec du 4-chloro-3-méthylphénol, un plastifiant et un solvant. Ce liant a été utilisé en tant que revêtement seul ou mélangé à une peinture nitrocellulosique classique pour formuler une peinture « intelligente ». La caractérisation des films obtenus, qui sont cohésifs, montre la préservation de la polyaniline, indiquant qu'ils satisfont aux caractéristiques typiques des revêtements anticorrosion. Des essais électrochimiques ont été effectués en plongeant des plaques d'acier AISI 1006 revêtues dans une solution d'H₂SO₄. Les résultats montrent une amélioration de la passivation.

Évaluation des peintures anti-fouling à faible teneur en cuivre contenant des composés phénoliques comme additifs bioactifs (*Evaluation of low copper content antifouling paints containing natural phenolic compounds as bioactive additives*) Pérez, Miriam; García, Mónica; Blustein and al. Environmental Research, Volume 109, August 2015, Pages 177–184
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141113615300131>

Les oxydes de cuivre sont les biocides les plus couramment utilisés dans les peintures anti-salissures. Cependant, le cuivre présente des effets néfastes sur l'encrassement mais aussi sur les espèces non-cibles. Le présent travail étudie l'utilisation du thymol, de l'eugénol et du guaïacol combinés avec de petites quantités de cuivre. L'efficacité des composés phénoliques a été testée sur des larves de bernacle et leur toxicité sur des larves de nauplius. Le thymol, l'eugénol et le guaïacol sont actifs sur les bernacles mais le guaïacol est toxique pour les larves nauplius. Après une exposition de 12 mois dans la mer, l'analyse statistique a montré que le thymol et l'eugénol additionnés à des peintures à faible teneur en cuivre présentaient des performances similaires aux peintures à haute teneur en cuivre.

Effets de l'humidité sur des peintures sensibles à la pression (*Humidity effects in the response of a porous pressure-sensitive paint*) Kameda, Masaharu and al. Sensors and Actuators B: Chemical, Volume 208, 1 March 2015, Pages 399–405
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925400514014312>

Les peintures sensibles à la pression ont des structures poreuses destinées à augmenter leur sensibilité à l'oxygène. Cette porosité induit également une sensibilité à l'humidité de l'air qui a une influence considérable sur leurs réponses. Les peintures de type AA-PSP qui sont parmi les plus couramment utilisées ont été caractérisées en atmosphère humide. Le Tri(4,7-diphényl-1,10-phénanthroline)ruthénium(II) dichlorure a été utilisé comme substance luminescente. Un revêtement hydrophobe a été utilisé pour réduire l'adsorption à l'humidité. Les émissions caractéristiques des échantillons ont été mesurées avec des appareillage calibrés de manière à considérer les paramètres de pression, température et humidité indépendamment. Les résultats montrent que l'intensité de l'émission augmente proportionnellement à l'humidité à température et pression constante. La sensibilité à la pression reste constante sous différentes conditions de température et d'humidité. Les courbes isothermes d'adsorption montrent que la quantité d'eau augmente proportionnellement au taux d'humidité dans une gamme allant de 20 à 80%. Ceci implique que les molécules d'eau sont adsorbées dans les structures poreuses pour former de fines couches d'eau à leur surface ce qui joue un rôle majeur dans la sensibilité à l'humidité de ces peintures.

Revêtement nanocomposite anti-corrosion

[INM–Leibniz Institute for New Materials](#) - [Présentation à Nano Tech 2015 Japon](#)

Il peut être projeté sur métaux et alliages par voie humide et durcit à 150-200C. La structuration de la couche est sous forme de tuiles. Les particules se placent l'une sur l'autre dans une disposition décalée. De résistance élevée à l'abrasion et aux chocs, il résiste à de hautes contraintes mécaniques et a passé un test où un hémisphère d'acier de 1,5 kg tombe d'une hauteur de 1 m.

Peinture pour marine anti-corrosion

[PPG Industries \(US\)](#) – [News Motorship](#)

Le Sigmacover Coat-580 Epoxy peut être appliqué pendant les cycles réguliers de maintenance, toute l'année, en épaisseur d'environ 250 microns. La double performance anti-corrosion et anti-salissures fournit une économie sur la maintenance et sur l'amélioration des performances. Élimine le besoin d'un second revêtement.

Technologie de pigment pour peinture noire

[First ever all black yacht](#)

Le yacht de course IMOCA 60 est le premier bateau tout en noir. Créé par un designer, il utilise une peinture reflétant la chaleur, sinon le deck serait trop chaud pour marcher dessus à pieds nus, la cabine serait trop chaude et le composite serait détruit par la température. BASF a développé cette technologie de pigment pour l'automobile

avec Daimler dans le projet Smart Forvision, et elle s'applique aussi au naval. Quand le soleil pénètre le base coat, les charges dessous réfléchissent ses rayons et régulent la température.

REVÊTEMENTS FONCTIONNELS

Barrières thermiques projection plasma-PVD, DLC multicouches pour automobile, outils de coupe, pétrole & gaz, autres PVD et DLC.

Nouvelles opportunités pour les traitements Projection Plasma – PVD (*Novel opportunities for thermal spray by PS-PVD*) Mauer, G; Jarligo and al. Surface and Coatings Technology, Volume 268, 25 April 2015, Pages 52–57 / 6th Rencontres Internationales de la Projection Thermique
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897214004940>

Des nouveaux dépôts combinés Projection Plasma – PVD commencent à faire leur apparition. Ils offrent de nouvelles opportunités pour obtenir des microstructures avancées en adéquation avec la demande de revêtements fonctionnels. Des dépôts fins et denses tout comme les structures colonnaires poreuses peuvent être obtenus par ces procédés. Cette étude décrit l'ensemble des conditions opératoires dont dépend largement la microstructure des dépôts (chargement de la matière, interactions plasma/particules...). La modélisation proposée semble en bonne adéquation avec les résultats expérimentaux. Les auteurs montrent que le traitement de la matière dans la toute première partie de la trajectoire, entre l'injecteur et la formation du jet, joue un rôle majeur. En faisant varier les paramètres du plasma, ce traitement peut être parfaitement contrôlé. L'arrivée de la matière première sur le substrat joue également un rôle important sur la microstructure du revêtement. Des exemples d'application sont donnés pour les barrières thermiques.

Tests nano et micro mécaniques en vue du développement d'architectures DLC pour revêtements fonctionnels (*Development of DLC coating architectures for demanding functional surface applications through nano- and micro-mechanical testing*)

Beake, Bd; Liskiewicz and al. Surface and Coatings Technology, Available online 20 August 2015, In Press
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897215005034>

Les revêtements DLC permettent de combiner dureté et faible coefficient de frottement. Ils sont souvent déposés à des hauts niveaux de contraintes et leur propriétés d'adhésion sont parfois trop faibles pour le type d'applications visées : automobile, outils de coupe, MEMS, secteurs pétroliers et gaziers. Le développement de méthodes d'analyses nano mécaniques et nano tribologiques (nano indentation, nano-scratch, nano-fretting) peut aider à la conception d'architectures ayant une durabilité adaptée aux applications visées. Le comportement de différents revêtements multicouches a été étudié (Cr/W–C:H/a-C:H, Cr/W–C:H/Si–a-C:H) et comparé à un revêtement CrN/a-C:H:W (WC/C), préalablement évalué (par étude bibliographique) comme présentant de très bons résultats aux tests de nano usure.

Revêtement PVD arc avec réduction de frottement et d'usure (*Arc pvd coating with enhanced reducing friction and reducing wear properties*)

[WO2014032753](http://www.patent.gov.sg/patents/wo2014032753) International Patent Classification: B23B-027/14 C10M-103/04 C10M-103/06 C23C-014/02 C23C-014/06 C23C-014/24 C23C-014/32 C23C-028/04

Un corps revêtu comprend un corps avec sa surface et un système de revêtement déposé sur au moins une partie de la surface du corps. Le système de revêtement comprend au moins une couche réduisant le frottement dur comme couche la plus externe, et qui présente des gouttelettes à sa surface. La couche la plus externe comprend du nitrure de cuivre et de molybdène et/ou du nitrure de molybdène et du nitrure de cuivre, et au moins une partie des gouttelettes se compose principalement de cuivre. De préférence, la plupart des grandes gouttelettes se composent principalement de cuivre.

Constituant revêtu DLC (DLC-coated member)

International Patent Classification: C10M-171/00 C23C-014/06 C23C-016/02 C23C-016/26 C23C-016/27 C23C-028/04. US Patent Classification: PCLO=508509000. ECLA Code: C23C-016/02H; C23C-016/26; C23C-028/04

Un constituant revêtu DLC comporte une base, une couche intermédiaire et un film DLC. La couche intermédiaire a une structure à cinq couches en Si DLC, où la 1^{ère} et le 5^{ème} ont la concentration en Si la plus élevée.

Pièce ayant un revêtement DLC et procédé pour appliquer le revêtement DLC (Part having a dlc coating and method for applying the dlc coating)

[WO2012156647](#). International Patent Classification: C23C-014/02 C23C-014/06 C23C-014/35 C23C-028/04 F02F-005/00 F16J-009/26. US Patent Classification: PCLO=428408000 PCLX=204192150

Une pièce a une couche à gradient de composition WC-C, à l'exception d'une sous-couche contenant du métal et d'une couche d'implantation d'ions et d'une couche de surface DLC ayant un comportement de cohésion dans les essais de rayure.

Tribologie combinée avec la résistance à la corrosion: une nouvelle famille de dépôts PVD et PACVD

Tribology combined with corrosion resistance: a new family of pvd- and pacvd coatings

[WO2011014974](#). International Patent Classification: C23C-014/02 C23C-014/06 C23C-014/58 C23C-016/22 C23C-016/27 C23C-016/30 C23C-028/00 H01L-021/04 H01L-029/161. US Patent Classification: PCLO=257077000 PCLX=257E21041 PCLX=257E29084 PCLX=438105000. ECLA Code: C23C-014/02B2; C23C-014/06B; C23C-014/58F; C23C-028/00

La présente invention concerne un système de revêtement sur un substrat avec une meilleure protection contre l'usure et contre la corrosion. Selon l'invention, le substrat est revêtu d'une couche de carbone de type diamant (DLC). Cette couche de DLC est revêtue d'une couche supplémentaire d'un matériau différent du DLC, qui ferme les trous d'épingle de la couche DLC.

Composition de revêtement lubrifiant et composant de fixation pour moteur à combustion interne

Lubricating coating composition and attachment component for internal combustion engine

[WO2013046489](#) A1 2013-04-04; EP2762553

International Patent Classification: C10M-111/00 C10M-111/04 C10M-125/02 C10M-125/22 C10M-125/26 C10M-155/00 C10M-155/02 C10M-161/00 C10N-010/08 C10N-010/12 C10N-030/06 C10N-030/08 C10N-040/00 C10N-050/02 F02D-035/00

US Patent Classification: PCLO=508107000

Pour fournir une composition lubrifiante de revêtement qui présente une excellente usinabilité et une excellente résistance au grippage, et un composant de fixation au moteur, qui présente une couche solide, formée par l'application de la composition de revêtement lubrifiant. Une couche de revêtement solide est formée sur une surface d'un élément de vis d'un capteur de température, servant d'élément de fixation, par l'utilisation d'une composition de revêtement lubrifiant contenant, comme ingrédients solides pour former le film de revêtement, un polymère organosilicié ayant un squelette de polycarbosilane réticulé par un élément métallique et un lubrifiant solide constitué d'au moins un élément choisi parmi le disulfure de molybdène, le nitrure de bore, le graphite et le mica, et un solvant organique servant de solvant pour les ingrédients solides.

Revêtement diamant pour moteur économe en carburant

[Diamantartige Schichten sparen Treibstoff](#)

Le procédé Laser-Arc du Fraunhofer IWS minimise les frottements de segments ou de tiges de pistons de moteurs, Il peut produire des revêtements ta-C sans hydrogène sur une grande échelle dans la même qualité.

OUTILLAGE

DLC pour micro-formage, PVD nanostructuré pour le perçage de l'aluminium, revêtement intelligent pour moule.

Outillage pour le micro-formage revêtus DLC (*DLC-Coated Tools for Micro-forming*) Wang, Chunju; Shan, Debin; Guo, Micromanufacturing Engineering and Technology (Second Edition), A volume in Micro and Nano Technologies, Chapter 21, 2015, Pages 487–512

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323311496000219>

Les revêtements DLC, du fait de leurs excellentes propriétés tribologiques et de leur aspect « *eco-friendly* », sont des candidats importants à la substitution des lubrifiants. De nombreux dépôts : DLC dopés Si, DLC nanostructurés, DLC à gradients de dureté... ont été développés. Les dimensions mises en jeu pour les opérations de micro-formage ont un effet évident sur la topographie et les propriétés mécaniques des DLC. Ce travail est plus spécifiquement dédié à la réalisation d'un modèle d'analyse des mécanismes d'usure de ces revêtements en prenant en compte le phénomène de graphitisation.

Propriétés de dépôts PVD nanostructurés pour le perçage de l'aluminium (*On the properties of PVD coating based on nanodiamond and molybdenum disulfide nanolayers and its efficiency when drilling of aluminum alloy*)
Ilyuschenko, Alexandre ph and al. Surface and Coatings Technology, Volume 270, 25 May 2015, Pages 190–196
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0257897215001930>

L'évaluation du coefficient de friction a permis de déterminer que la structure optimale d'outils pour le perçage d'alliages d'aluminium $AlSi_9Cu_3(Fe)$ se composait de 40 blocs fonctionnels (dépôts PVD) présentant chacun quatre couches de 10nm de composition Cr + 5%ND(nano-diamond), Cr, Cr + MoS_2 et Cr. Un foret en acier HS6-5 de 6.0mm ayant une vitesse de rotation de 75.3tr/min et une vitesse d'avance de 0.06mm/tr a été utilisé avec et sans revêtement. Un écaillage important est observé avec les forets non revêtus ce qui n'est pas le cas lors de l'utilisation de forets revêtus (on peut observer la formation de quelques bavures mais de taille très réduite). La formation des bavures augmente légèrement avec le nombre de perçages. La durée de vie des outils revêtus est multipliée par 2.5.

Revêtements intelligents pour moules

[Surtechno \(Overpelt, BE\)](#)

Ce fabricant de moules d'injection plastique a développé des revêtements intelligents avec l'appui de Sirris (centre technique belge).

Tendance au Do It Yourself

[Platit.com](#)

De plus en plus d'entreprises, se posent la question de revêtir eux-mêmes des outils. Les éléments de décision sont explicités. Deux abaques donnent le profit vis-à-vis de l'investissement au fil des années, et la rentabilité en fonction du nombre d'outils/outillages et des coûts de revêtement. Platit AG.

AGENDA

- ❖ **4 et 5 février 2016 - PARIS**
L'HYDROGÈNE ET LES MATÉRIAUX – Fragilisation, contraintes et corrosion
- ❖ **17 mars 2016 - Section Est-Alsace - SAINT-LOUIS**
TRAITEMENTS THERMIQUES ET DE SURFACES DANS LE DOMAINE MÉDICAL
- ❖ **24 mars 2016 - Section France-Nord/Belgique - LILLE**
LES INOX ET LEURS TRAITEMENTS
- ❖ **31 mars 2016 - PARIS**
INNOVATION ET ECONOMIE DES MATÉRIAUX : DES SOLUTIONS
- ❖ **7 avril 2016 - SAINT-ETIENNE**
LES REVÊTEMENTS DE CARBONE, ÉTAT DE L'ART ET PRINCIPAUX DOMAINES
Organisé par le CEM en collaboration avec l'A3TS et MANUTECH
- ❖ **18 - 22 avril 2016 - SAVANNAH GA - USA**
IFHTSE 23rd Congress
En savoir + : www.ifhtse.org
- ❖ **11-13 may 2016 - PRAGUE - Czech Republic**
EUROPEAN CONFERENCE ON HEAT TREATMENT 2016
And 3rd International Conference on Heat treatment and Surface Engineering in Automotive Applications
En savoir + : [1ère annonce](#)
- ❖ **08 et 09 juin 2016 - CENTRE DES CONGRES PROUVE de NANCY**
CONGRES A3TS et SALON SVTM 2016
En savoir + : [1ère Annonce](#)
- ❖ **13 octobre 2016 - Section Est-Alsace - BESANÇON**
TRAITEMENTS THERMIQUES ET DE SURFACES POUR L'OUTILLAGE
En savoir + : *Prochainement*
- ❖ **09 et 10 novembre 2016 - NANTES**
LES PEINTURES : Quelles évolutions pour demain ?
- ❖ **07 et 08 décembre 2016 - PAU**
APPLICATIONS ET INNOVATIONS EN PROJECTION THERMIQUE
- ❖ **26-29 june 2017 – Congress Center NICE Acropolis - France**
INTERNATIONAL CONGRESS 2017 ON HEAT TREATMENT AND SURFACE ENGINEERING combined
with A3TS CONGRESS
En savoir + : [1ère Annonce](#)

En savoir plus : www.a3ts.org



Association de Traitement Thermique et de Traitement de Surface
71 rue La Fayette 75009 Paris
Tél. : 01 45 26 22 35 - 01 45 26 22 36 - Fax : 01 45 26 22 61
www.a3ts.org - Email : a3ts@a3ts.org