

Événement

L'anti-corrosion : les défis des entreprises

Par Lilian BADER

CRITT-MDTS, 3 Boulevard Jean Delautre - ZHT du Moulin Leblanc, 08000 Charleville-Mézières, France

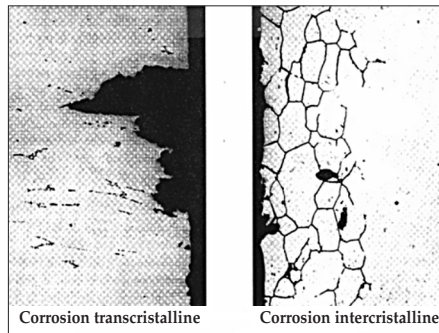
Contact : l.bader@critt-mdts.com

Suite aux nouvelles directives européennes et nationales, les acteurs industriels sont aujourd'hui contraints de remplacer les composés toxiques, tel que le chrome VI. Dans cette optique, les partenaires français et wallons ont traité, au travers d'une journée thématique la problématique de la corrosion, des traitements de protection actuels des innovations à venir, dont la technologie sol-gel développée dans le programme INTERREG IV transfrontalier HYBRIPROTECH.

Dans le cadre du programme HYBRIPROTECH et plus particulièrement l'axe métallique au travers duquel sont développés des revêtements de type couches minces pour la substitution du chrome VI, le CRITT-MDTS et ses partenaires le CERTECH et le GEGENA² ont organisé le 24 mars 2011 la journée thématique « L'anticorrosion : les défis du futur ». Au travers de cette journée ouverte aux industriels et aux universitaires, les mécanismes de la corrosion ainsi que les différents traitements de surface avec ou sans chrome VI ont été présentés. Deux industriels de tailles différentes, ont abordé dans leurs interventions les démarches entreprises pour supprimer les chromates dans leurs traitements de surfaces. Cette journée a aussi permis de faire découvrir aux industriels la technologie du sol-gel et ses applications. Ce procédé de chimie douce est connu des laboratoires et des universités depuis des années mais peu du grand public.

Mécanismes de corrosion, systèmes de protection et vieillissement accéléré

Centre de recherche et d'expertise spécialisé dans les matériaux, les dépôts et les traitements de surfaces, le CRITT-MDTS a réalisé un état de l'art de la corrosion abordant les mécanismes de corrosion et les systèmes de protection. Ainsi, l'exposé a permis de suivre l'évolution



▲ Fig. 1 : Illustration d'une corrosion transcrystalline et intercrystalline d'un alliage d'aluminium.

de quatre grandes familles de matériaux présentant leurs propriétés, leurs différents types de corrosion et les solutions pour combattre ce phénomène. Ces familles sont :

- les aciers non alliés : ces aciers dits de construction ne contiennent pas ou peu d'éléments chimiques capables de les rendre naturellement résistants à la corrosion ;
- les aciers inoxydables : alliages à base de fer, contenant au moins 12% de Cr, résista à un grand nombre de milieux corrosifs ;
- les alliages d'aluminium : ces alliages se dissolvent en milieu acide et alcalin. Ils sont naturellement passivés en milieu dont le pH est compris entre $4 < \text{pH} < 9$;
- les alliages de titane : ces alliages résistent à la corrosion grâce à la formation naturelle d'une couche protectrice majoritairement constituée de TiO_2 . Elle est autocicatrisante, continue, isolante et adhérente.

Les quatre familles de matériaux sont très différentes et possèdent des mécanismes de corrosion disparates. Les aciers non alliés sont sensibles à la corrosion généralisée, ils se corrodent sur toute la surface de la pièce. Cependant, si le matériau est hétérogène, la corrosion peut alors présenter un caractère localisé. Quant aux aciers inoxydables, aux alliages de titane et d'aluminium, le phénomène de corrosion est plutôt localisé.

Pour lutter contre la corrosion, plusieurs traitements de surface existent : des traitements chimiques comme la phosphatation ou la chromatisation, des traitements électrochimiques comme le cuivrage, le nickelage, l'anodisation ou le chromage ou d'autres traitements comme la galvanisation ou l'étamage qui consistent à immerger la pièce à traiter dans un bain de métaux fondus. Le traitement PVD (Physical Vapor Deposition), le plaquage ou la peinture permettent aussi de lutter contre la corrosion.

Alternatives aux traitements de surfaces chromatisés dans l'aéronautique

Quelques solutions alternatives aux traitements de surfaces chromatisés ont été présentées par la SONACA (Société Nationale de Construction Aéronautique), une société de 2000 personnes qui fabrique des structures aérospatiales telles que des bords d'attaque, des fuselages et des volets.

Actualités techniques et industrielles

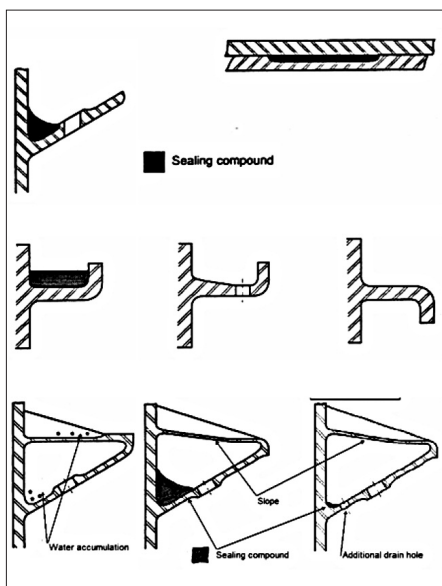
Parmi les solutions proposées, les traitements à base de chromates ont été remplacés par des traitements d'anodisation sulfo-tartriques ou sulfo-phosphoriques qui nécessitent des modifications profondes des lignes de traitement de surface. Assez souvent, ces modifications, très onéreuses, sont dues à l'intégration de nouvelles étapes de rinçage, qui ne sont pas forcément prévues sur les lignes « classiques » de traitement. Ces solutions répondent aux cahiers des charges imposés en terme de protection contre la corrosion et d'adhérence de la peinture. Pour minimiser les risques de corrosion, la société étudie soigneusement la conception de ces équipements et de ces assemblages, avec une réflexion globale sur le choix des matériaux et des configurations géométriques défavorables (Fig. 2). Ainsi, la concentration des contraintes par des changements brusques des sections, l'accumulation des fluides ou la formation de couples galvaniques entre matériaux différents, sont évités pour ne pas amorcer et accroître la vitesse de corrosion de l'équipement.

Substitution du chrome VI : la démarche d'une TPE

Colin Milas, une TPE ardennaise de 13 personnes, a présenté sa démarche pour substituer le chrome VI. Cette substitution vient d'une demande de ses donneurs d'ordres souhaitant un revêtement avec les caractéristiques suivantes :

- mêmes propriétés mécaniques ;
- respectant les réglementations européennes (RoHS, REACH ...) ;
- fiable et approuvé par le monde industriel ;
- à un prix raisonnable.

Malgré ces nombreuses recherches, l'entreprise rencontre des difficultés pour substituer le chrome VI. De leur côté, les sous-traitants, soumis aux mêmes contraintes environnementales sont de moins en moins nombreux et ont peu de recul sur les nouveaux traitements de surfaces proposés. Cependant, des solutions alternatives à base de CrIII employées à la place d'un zingage bichromatage, semblent satisfaisantes en termes de tenue au brouillard salin.



▲ Fig. 2 : Exemple de configurations permettant le drainage de l'eau.

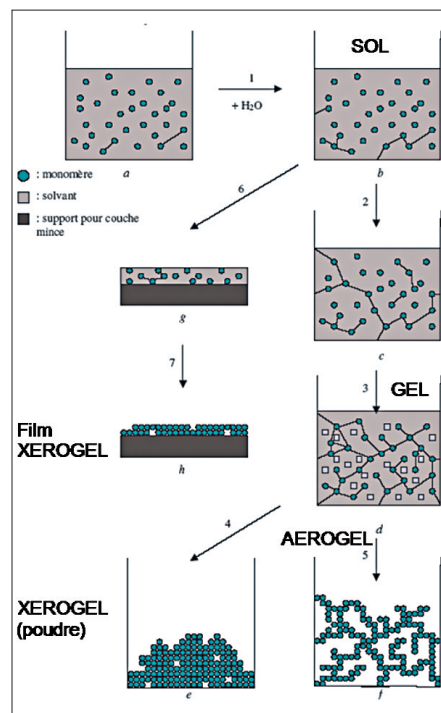
Le sol-gel au service des nouveaux matériaux

La technologie du sol-gel (Fig. 3) permettant de réaliser des fibres, des poudres, des verres et des couches minces, a été présentée par le CERTECH, Centre de Ressources Technologiques en Chimie. Ce procédé de « chimie douce » permet de fabriquer des polymères inorganiques ou hybrides par des réactions chimiques simples et à basse température (20 à 150 °C), alors que la fabrication des verres ou des céramiques nécessite de très hautes températures et des réactifs solides.

Le principe de base du procédé sol-gel est le suivant : une solution à base de précurseurs en phase liquide, « le sol », se transforme en un réseau tridimensionnel à viscosité infinie (solide), « le gel », par un ensemble de réactions chimiques (hydrolyse et condensation), le plus souvent à température ambiante.

Le sol est une solution organique acide ou basique contenant des alcoolates (alkoxydes) de formule $M(OR)_n$ où M est un métalloïde et R est un groupe organique alkyle (C_nH_{2n+1}). En fonction du type de métalloïde utilisée, les propriétés du sol-gel seront différentes.

Une fois la solution partiellement hydrolysée, les groupes OH générés au cours de l'hydrolyse vont créer pendant



▲ Fig. 3 : Schéma de mécanisme du sol-gel.

la condensation des ponts métalloxane M-O-M. Cette réaction entraîne la gélification de la solution. La gélification complète peut prendre plusieurs heures suivant les paramètres : le pH, le type de précurseur, la température, les solvants. La solution peut facilement être manipulée pour réaliser un film sur une pièce, des verres ou des poudres. Une fois polymérisé, il existe différentes méthodes pour sécher le gel :

- xérogel : le gel peut être séché dans des conditions douces. Il durcira en se compactant ;
- aérogel : le gel peut être séché dans des conditions supercritiques pour former un gel très peu compact.

Cette technologie est applicable par dip-coating, roll-coating, spray-coating ou spin-coating, ce qui permettra de l'utiliser dans de nombreuses applications comme les revêtements anti-rayures des verres de lunettes ou les revêtements autonettoyants.

Corrosion et anticorrosion : une approche systémique

L'INSA de Lyon a présenté l'approche systémique permettant d'anticiper et donc de limiter la corrosion des pièces. Avec cette approche, le concepteur peut donc lutter

Actualités techniques et industrielles

contre la corrosion de manière préventive en connaissant les propriétés électrochimiques, thermodynamiques et en utilisant le matériau le plus approprié en fonction du milieu d'utilisation.

L'un des points importants pour évaluer le risque de corrosion est de connaître les lois de l'électrochimie. En effet, pour amorcer la corrosion, il faut : un couple, un électrolyte formant une pile et des électrons circulant du réducteur vers l'oxydant au sein de l'électrolyte. Si l'un de ces éléments est absent, il n'y a pas corrosion.

Deux réflexions sont donc nécessaires pour anticiper le risque de corrosion :

- la réflexion thermodynamique qui permet, à l'aide de différents outils comme les diagrammes de Pourbaix ou d'Ellingham, de prévoir la stabilité d'un métal pour différents milieux, températures et pressions ;
- la réflexion cinétique pour connaître la vitesse de corrosion de la réaction.

Il faut aussi tenir compte de la morphologie du dépôt. En effet, un dépôt discontinu, ou possédant des défauts de croissance n'a pas une bonne tenue à la corrosion.

La porosité du revêtement a aussi une influence sur sa tenue à la corrosion. En effet, des pores connectifs au sein du revêtement vont entraîner une corrosion du revêtement ou du substrat.

Cette journée thématique a rassemblé des industriels et des universitaires autour

d'un même sujet « la corrosion ». Les expériences de chacun ont montré qu'il n'existait pas de solution universelle pour lutter contre ce phénomène, chaque cas est particulier et nécessite une approche personnalisée. Qui plus est, l'apparition de nouvelles réglementations européennes incite au développement de nouvelles protections plus « écologiques ».

Le domaine de la lutte contre la corrosion restera donc sans aucun doute, et ceci durant encore de nombreuses années, un axe de recherche et de développement très important et en perpétuelle évolution, qu'il s'agisse de l'optimisation de procédés actuels tel que la galvanisation ou bien de recherches dans le domaine des sol-gels en particulier.



Programme HYBRIPROTECH

Le programme HYBRIPROTECH est un programme européen de coopération transfrontalière INTERREG IV, co-financé par le FEDER, le Conseil Régional Champagne-Ardenne, le Conseil Général des Ardennes, le Conseil Général de la Marne et la région Wallone. Il a pour objectifs la mise au point de nouveaux revêtements basés sur la technologie Sol-Gel dans les deux secteurs d'activités :

- métallurgie : substitution du Cr VI ;
- bâtiment : préservation de la pierre.

Bien que les domaines d'application puissent paraître relativement éloignés, ils font appel

à des technologies chimiques et des applications apparentées. Le projet, à fort caractère innovant, est un partenariat qui associe deux centres technologiques transfrontaliers le CERTECH qui développe les solutions sol-gel, le CRITT-MDTS qui caractérise les dépôts et un laboratoire public le GEGENA² qui travaille sur la protection de la pierre. Projet multidisciplinaire, il se propose de constituer un Pôle d'Innovation Transfrontalier de référence dans le domaine de la Protection des Surfaces par la Technologie Sol-Gel.

HYBRIPROTECH a pour objectif d'apporter un soutien concret aux entreprises industrielles et artisanales de la zone transfrontalière INTERREG IV en proposant des matériaux innovants dans des domaines industriels à fort potentiel, de sensibiliser les industriels et de promouvoir cette technologie permettant une avancée significative en termes de développement durable. Une plate forme de veille est mise gratuitement à la disposition des PME-PMI pour tout savoir sur le Sol-Gel et plus largement sur les traitements de surface.

Pour plus d'informations : www.hybriprotech.eu

QUEL FUTUR POUR LES MÉTAUX ?

Raréfaction des métaux : un nouveau défi pour la société

Par Philippe Bihoux et Benoît de Guillebon

À l'issue d'une analyse approfondie et documentée, prenant en compte les enjeux techniques, économiques, sociaux et environnementaux de la raréfaction des métaux, les auteurs mettent à mal les mythes de l'abondance, de la croissance verte et d'une technologie forcément salvatrice.

Les métaux posent aussi les limites d'une économie circulaire fondée sur le recyclage généralisé. Écrit dans un langage accessible à tous, composé d'un texte principal complété d'une trentaine d'études couvrant des secteurs d'activité, métaux et thèmes transversaux, cet ouvrage est conçu pour répondre aux questions de tous ceux qui veulent comprendre le futur des métaux.



ISBN : 978-2-7598-0549-5
300 pages - 39 €

Retrouvez cet ouvrage sur www.edition-sciences.com