RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Le projet HCTC, bilan d'étapes

Plusieurs industriels des secteurs automobile, aéronautique, militaire et ferroviaire se regroupent au sein de l'IRT M2P pour monter le consortium HCTC (« Hard Chrome by Trivalent Chromium ») afin de développer une alternative au chromage dur hexavalent. Résultats des travaux et perspectives.

Jeoffroy. Tardelli, IRT M2P
Frédéric. Raulin, Coventya

L'interdiction programmée des sels de chrome hexavalent, classés CMR, dans le cadre de la règlementation européenne REACh impacte fortement et durablement l'industrie du traitement de surface puisque de nombreux procédés actuellement mis en œuvre utilisent des substances telles que le trioxyde de chrome, le bichromate de potassium ou de sodium, directement concernées par cette règlementation. Depuis sa création en juin 2013, l'Institut de Recherche Technologique Matériaux Métallurgie et Procédés (IRT M2P) a pris une place prépondérante, avec ses partenaires industriels et académiques, dans le développement de solutions alternatives aux procédés impactés par la réglementation tels que la conversion chromique des alliages d'aluminium, le polissage électrolytique des aciers inoxydables ou encore le chromage dur. L'IRT M2P est un institut de recherche qui rassemble des grands groupes, des PME et associe des établissements d'enseignement supérieur et de recherche dans le but de mutualiser des compétences et des moyens au sein de plateformes technologiques dans un programme commun de recherche à visée de transfert industriel.

Les enjeux de la substitution du chrome dur

A quelques années de l'échéance de septembre 2017, aucune alternative au chromage dur pour des utilisations en sollicitations sévères était disponible et la perspective pour un secteur industriel de se lancer seul dans la mise au point d'une alternative était hasardeuse et économiquement déraisonnable. C'est ainsi qu'en 2014, plusieurs industriels des secteurs automobile, aéronautique, militaire et ferroviaire se regroupent au sein de l'IRT M2P pour monter le consortium HCTC afin de développer une alternative au chromage dur hexavalent à partir d'un électrolyte à base de chrome trivalent. Ce projet, co-financé par le Grand Plan d'Investissement et le consortium d'industriels à hauteur de 3,5 M€regroupe 15 sociétés (PME, moyennes et grandes entreprises) et deux laboratoires universitaires spécialisés dans le domaine du traitement de surfaces de matériaux métalliques. Il est à noter, aussi, la participation de plusieurs applicateurs de chromage dur dont l'activité professionnelle est directement menacée par l'interdiction d'utilisation des sels de chrome VI. Leur expérience permet de faciliter le transfert industriel et de pouvoir proposer aux utilisateurs finaux des solutions pérennes rapidement industrialisées. Selon le Président de Coventya, Thomas Costa, dans les Echos de juin 2017 le marché du chrome dur est estimé à 100 M€

© IRT

Plateforme traitement de surface de l'IRT M2P (Duppigheim) avec l'installation pilote de chromage dur trivalent de 600 litres.

Les propriétés recherchées

Le chromage dur est un procédé électrolytique visant à déposer du chrome métallique à la surface d'une pièce généralement en acier dans le but de durcir la surface dans le cas de sollicitations mécaniques et de frottement. Bon nombre de secteurs d'activités utilisent le chromage dur avec des spécifications différentes qui dépendent de l'application visée. Parmi les propriétés généralement recherchées, on peut citer la dureté généralement comprise entre 800 et 1100 HV, l'épaisseur comprise entre 10 et 400µm, la résistance à l'usure abrasive, la tenue en corrosion sous certaines conditions et plus marginalement la barrière thermique et la tenue aux sollicitations thermomécaniques.

Les avancées du projet HCTC

Le projet HCTC a démarré en février 2014 par un état de lieu des technologies de chromage dur disponibles. Deux solutions potentielles ont été rapidement identifiées :

- Une solution américaine financée par l'industrie aéronautique et militaire en cours de maturation, utilisant des courants pulsés avec un électrolyte tamponné à l'acide borique.
- Une seconde solution brevetée en 2012 par Coventya, présentant l'avantage de ne pas faire appel à l'acide

© IRT

Les entreprises partenaires du consortium HCTC.

borique, et utilisant également des courants pulsés.

La mutualisation des travaux, des moyens et des compétences des 17 membres du projet de l'IRT M2P d'une part, ainsi que les échanges avec le projet mené aux Etats-Unis d'autre part, ont conduit rapidement à converger vers un développement centré sur l'électrolyte Coventya. Les résultats obtenus à l'issue du projet HCTC après 48 mois de développement autour de l'électrolyte Coventya permettent aujourd'hui d'envisager avec optimisme la substitution du chromage dur hexavalent. En effet, les avancées scientifiques et techniques réalisées ont permis d'avoir une meilleure compréhension du procédé de chromage dur trivalent et ont également permis d'identifier les paramètres clés à maitriser pour tendre vers un remplacement 1 pour 1 du procédé de référence actuel. A ce jour, l'aptitude du procédé à traiter des pièces industrielles de différents secteurs d'activités a été démontrée, celles-ci sont en cours de caractérisations.

Perspectives

Ainsi, dans les mois à venir, le procédé de chromage dur trivalent sera industrialisé par la société Coventya sous la marque déposée DURATRI et des premières applications industrielles devraient rapidement voir le jour. En parallèle, un nouveau projet démarrera à partir de septembre 2018 afin d'assurer la montée en maturité rapide du procédé DURATRI à l'aide des partenaires « chromeurs » de l'IRT-M2P. Cela permettra de répondre aux questions industrielles telles que les cadences de production, la gestion du procédé, la robustesse, les outillages ou encore le cout global du procédé de substitution. Les premières applications industrielles devraient voir le jour à la fin 2018 et celles-ci concerneront les secteurs de l'industrie automobile et de l'industrie générale. Par ailleurs, un deuxième volet de ce nouveau projet sera consacré à la poursuite des travaux de R&D dans le but d'optimiser le procédé pour les applications dont les spécifications recherchées pour les revêtements de chrome dur sont plus exigeantes (aéronautique, armement). L'objectif final est de pouvoir disposer à l'horizon 2024 d'une alternative au procédé de chromage dur hexavalent pour la majorité des applications industrielles. ■

Interview

Les enjeux de la substitution du chromage dur pour les industriels. Gilles Cholvy, responsable de l'unité Expertise Recherches Matériaux et, responsable technique du projet « remplacement des traitements à base de CrVI, Nexter Systems, Jean-Michel Bordes, expert coating et corrosion, PSA Groupe et, Laurent Bortolotto, Team Facilitator & Expert Surface Treatments & Corrosion du laboratoire Matériaux et Procédés, Airbus Helicopters, dévoilent respectivement leur intérêt au projet HCTC et les perspectives de cette substitution.

GO : Pourquoi s'intéresser au projet HCTC ?

Gilles Cholvy : KNDS/NEXTER est l'entreprise fabricante d'armement terrestre pour l'armée française et l'export. Qui dit armement, dit armes, et c'est majoritairement sur ce type de pièces que le chrome dur est utilisé. En effet, seul ce traitement permet d'atteindre les performances attendues par les forces pour leurs fonctions feu. Dès lors, le chromage dur est un élément stratégique pour l'entreprise.

Jean-Michel Bordes : L'interdiction programmée des sels de chrome hexavalent, dans le cadre de la règlementation européenne Reach, impacte fortement et durablement les activités de traitement de surface de nombreuses industries, dont l'industrie automobile. Il est donc important que toute la filière européenne du chromage, mais aussi toutes les professions directement ou indirectement concernées (fabricants, formulateurs, applicateurs), se mobilisent et mutualisent leurs actions/efforts pour travailler intensément à une mise sur le marché de substituts au chrome hexavalent. L'IRT-M2P l'a bien compris en proposant, il y a quelques années, un projet extrêmement séduisant et prometteur d'une alternative au chromage dur hexavalent. Mais aussi en fédérant dans ledit projet de très nombreux partenaires industriels et académiques qui sont incontournables dans leurs domaines d'activités et de compétences. L'industrie automobile en fait partie avec la présence des deux constructeurs automobiles français.

Laurent Bortolotto : Le chromage dur est largement utilisé dans l'industrie aéronautique pour protéger des pièces en acier soumises à des sollicitations de frottement, de fretting et d'usures importantes. La couche de chrome déposée à partir d'un électrolyte au chrome hexavalent confère des propriétés qui couvrent de nombreuses applications sur avions et hélicoptères. On la retrouve par exemple sur des joints, sur des pièces d'atterrisseurs ou encore de portes, soumises également á des cycles de fatigue. C'est un dépôt très polyvalent et performant, difficile à remplacer. De nombreuses références de pièces sont protégées au chrome dur.

GO : Pourquoi le chrome dur ?
Gilles Cholvy : Comme pour les autres industries, il est utilisé car il présente une très bonne tenue à l'usure abrasive et érosive, une capacité au frottement et une bonne tenue en corrosion, s'il est huilé. Au-delà de cette approche commune aux autres secteurs, l'armement a ses spécificités liées aux sollicitations propres au coup de canon. Le Chrome dur fait barrière thermique, il tient à l'oxydation aux gaz à hautes températures, il résiste aux sollicitations thermomécaniques du passage des munitions. C'est pourquoi il est utilisé, entre autres, comme protection à l'intérieur de la majorité de nos tubes d'armes.
Jean-Michel Bordes : L'utilisation des revêtements de chrome dur électrolytique se retrouve dans de très nombreuses industries, essentiellement sur des pièces mécaniques de révolution impliquées dans des mouvements de rotation et/ou de translation devant résister à la corrosion. Pour l'industrie automobile, son utilisation reste incontournable sur de nombreuses pièces mécaniques dont les tiges d'amortisseurs qui sont certainement les pièces les plus emblématiques. Mais pas que bien sûr… A ce jour, aucune solution de substitution robuste, durable et économiquement viable n'a satisfait à sa substitution.
Laurent Bortolotto : Des alternatives techniques au chrome dur hexavalent ont vu le jour ; certaines pièces volent déjà avec ces alternatives, mais elles couvrent un périmètre très restreint comparé à ce que permettait le chrome dur classique. Leur mise en œuvre est aussi plus complexe et dépend fortement de la géométrie de la pièce et du niveau de sollicitation. De fait, passer par un dépôt de chrome dur formé à partir d'un électrolyte de chrome trivalent performant, répondant au même cahier des charges, serait la solution idéale pour nos applications.

GO : Pourquoi avoir intégré le consortium HCTC ?
Gilles Cholvy : Nous avons mené des travaux sur la substitution du chrome dur depuis 1988 ! Si c'était si simple, une solution alternative serait déjà qualifiée. Les raisons pour lesquelles nous avons intégré le projet HTCT c'est d'une part que ce projet a pour objectif de réaliser un dépôt de Chrome dur à partir d'un électrolyte à base de Chrome III. Ce qui est fondamental pour nous, c'est que le produit final reste du chrome dur, dont on peut espérer que nous obtiendrons les mêmes performances que celui actuellement utilisé et qualifié opérationnellement et d'autre part, c'est la structuration du consortium : un formulateur international, un fabricant de redresseur, une chaîne pilote de traitement à l'IRT/M2P, des applicateurs industriels et deux laboratoires universitaires de pointe dans l'électrochimie et l'analyse chimique des surfaces. Ce type de plateau technique, avec cette « force de frappe», ne peut plus être mobilisé par une seule entité, d'où l'évidence du consortium.
Jean-Michel Bordes : Grâce à ce projet, nous estimons nous donner les moyens nécessaires et suffisants pour relever collectivement ce challenge particulièrement ambitieux et de mettre au point une solution satisfaisante aux exigences techniques et économiques tout en répondant aux enjeux environnementaux
Laurent Bortolotto : Travailler avec l'IRT M2P nous a permis de mutualiser notre problématique techniques avec d'autres industriels, de l'aéronautique, de la défense ou de l'automobile, de partager notre cahier de charges, et de maturer une solution qui répondent au besoin de nos pièces en terme de performance, applicabilité et suivi industriel du procédé. C'est également une plateforme où l'on retrouve des 'chromeurs', des académiques et des laboratoires universitaires qui nous apportent grandement dans notre compréhension du procédé et son développement, en gardant le même objectif : fournir une solution technique répondant au cahier des charges des utilisateurs et à terme disponible dans notre réseaux de fournisseurs.

GO : Au terme de ce premier projet, quel est votre ressenti ?
Gilles Cholvy: Nous sommes sur la bonne voie. Ce type d'étude prend du temps, c'est pour cela que nous avons demandé et obtenu une autorisation de 12 ans à l'ECHA pour notre atelier de chromage (Nexter Mechanics). Les sollicitations thermomécaniques sévères sont très contraignantes. Là, où pour d'autres applications, on est proche d'une industrialisation; nous en sommes encore loin pour les armes. Cependant, les travaux universitaires et l'approche pragmatique du projet ont permis de comprendre les mécanismes réactionnels et de croissance du dépôt, et identifier ainsi les axes d'amélioration. Nous nous engageons donc dans la seconde phase avec confiance, et nous y prendrons une part encore plus active.
Jean-Michel Bordes : L'implication des partenaires académiques et industriels reste excellente pour un consortium de cette taille. Sur ce point, l'IRT-M2P continue à assurer pleinement son rôle fédérateur tout en restant le garant du respect des ambitions initialement exprimées par chacun. Les travaux menés à ce jour, avec l'électrolyte développé par la société Coventya, sont prometteurs. Les réussites engrangées avec ce premier projet nous permettent d'envisager sereinement un plein succès à la continuité du second projet prévu démarrer en septembre 2018. Cela permettra de répondre aux dernières questions, essentiellement techniques et économiques, des nombreux industriels impliqués.
Laurent Bortolotto : La solution Duratri de Coventya permet de couvrir un certain nombre d'applications au sein du consortium, mais pas toutes. Il nous faut rester sur la même dynamique et mener à bien les dernières étapes de développement et les optimisations pour satisfaire les exigences élevées de certaines applications de l'aéronautique et de l'armement. C'est l'objectif du second projet : finir la montée en maturité pour ces secteurs, apprendre du ramp-up des applications automobiles, ainsi que sur la gestion du bain. Nous sommes confiants sur la possibilité d'avoir cette solution disponible industriellement à l'horizon 2024, cela correspondra à la fin de la période d'autorisation du Cr6 dur pour les pièces en legacy, avec également des perspectives sur nouveaux programmes. C'est dans cette optique que nous abordons le nouveau projet et la continuation de HCTC avec l'IRT M2P. **VR**