

# Nouvelles applications pour les films minces fonctionnels dans le secteur des transports

**i** CRM Group  
Catherine Archambeau & Alain Daniel

Les films minces fonctionnels, revêtements dont l'épaisseur varie de quelques nanomètres à quelques micromètres, permettent au travers d'une modification de la surface de donner à un objet entier des propriétés remarquables. Appliqués sur tous types de supports, ils trouvent déjà de nombreuses applications dans l'industrie, la construction, la microélectronique, le secteur énergétique... Du fait du compromis performance – miniaturisation (légèreté) qu'ils offrent, ils présentent également un intérêt certain pour contribuer aux innovations dans le secteur du transport. Une automobile, au-delà de la peinture de sa carrosserie et des traitements de surface qui permettent d'améliorer l'adhérence entre les matériaux, rassemble à elle seule une variété de revêtements minces fonctionnels parfois moins visibles, du pare-brise au moteur, en passant par les phares et l'habillage intérieur. Nous illustrons ici quelques exemples de films minces développés au CRM Group en vue de fonctionnaliser les matériaux métalliques et dont les propriétés peuvent trouver des applications innovantes dans le secteur des transports.

## SURFACES RÉFLÉCHISSANTES

L'aluminium possède d'excellentes propriétés de réflectivité de la lumière visible (miroirs optiques) et du rayonnement infrarouge (réflexion de la chaleur). Des revêtements minces d'aluminium de quelques dizaines de nanomètres d'épaisseur peuvent conférer ces propriétés de réflectivité aux matériaux sur lesquelles ils sont appliqués comme par exemple un acier avec des propriétés mécaniques supérieures ou des pièces légères en polymères. Ces revêtements minces peuvent être réalisés par des techniques de dépôt sous vide de type PVD (Physical Vapor Deposition) dans des procédés en continu

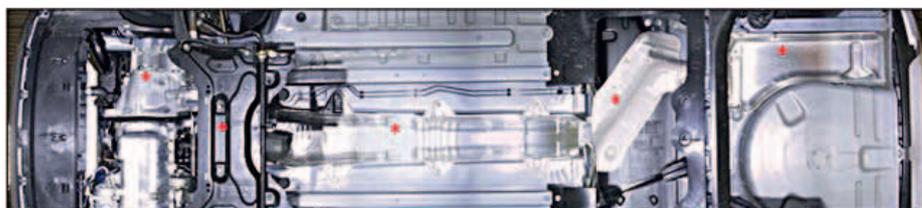


Illustration 1: positionnement des écrans thermiques (\*) le long de la ligne d'échappement ▲

sur surfaces planes, ou par procédé en batch directement sur des pièces tridimensionnelles. Ces revêtements sont déjà largement utilisés pour le traitement des réflecteurs de phares (polycarbonate ou acier) ou encore comme bouclier thermique pour protéger des éléments sensibles de la chaleur émise par des zones chaudes du véhicule. Ces écrans thermiques se retrouvent notamment le long de la ligne d'échappement où les gaz, à proximité du moteur atteignent des températures de 300°C à 700°C. La solution ShieldArceo<sup>[1]</sup> permet ainsi de réaliser des écrans thermiques en acier (acier revêtu AluSi® ou acier inoxydable) revêtus d'aluminium, présentant une réflectivité de 93% dans l'infrarouge (2,5 – 14µm), compatibles avec une mise en forme, et présentant une résistance accrue en atmosphère corrosive.

## ESTHÉTIQUE ET HYGIÈNE

Les revêtements minces déposés par PVD sont également utilisés à des fins purement esthétiques lorsqu'il s'agit de réaliser des finitions décoratives sur ou à l'intérieur du véhicule. La technologie permet en effet d'obtenir un panel d'aspects métalliques ou de coloris par phénomène interférentiel en déposant des oxydes ou des nitrures dans une gamme d'épaisseur inférieure au micron.

Un autre type de traitement de surface développé ces dernières années au CRM Group permet d'envisager un maintien de l'état de propreté pour les surfaces soumises à un encrassement sévère. Ce

revêtement mince transparent, initialement développé pour maintenir l'esthétique des enveloppes métalliques de bâtiments en acier, a montré sa capacité à être également utilisé sur différents types de matériaux (aluminium, surfaces peintes, polycarbonate...) avec un effet durable dans le temps. Son action repose sur une propriété de super-hydrophilie, c'est-à-dire la capacité pour une surface à favoriser l'étalement de l'eau sous forme de film mince. Ceci conduit à un écoulement plus efficace de l'eau permettant un nettoyage des contaminants de surface, et à un séchage plus rapide et homogène qui évite l'apparition de tâches et coulures. De plus le revêtement apporte une protection au matériau en empêchant l'incrustation des particules encrassantes sur la surface. Ce traitement, appliqué sous forme liquide, peut être réalisé en continu par des procédés de coil coating sur des bandes ou en post traitement par immersion ou par spray. Il est actuellement testé en finition sur des jantes et enjoliveurs de voitures. Il pourrait également permettre d'améliorer la résistance à l'encrassement des surfaces peintes de caravanes, camping-cars, remorques de transport...

L'adjonction d'additifs bactéricides ou fongicides dans un tel traitement de surface permet en outre d'obtenir des revêtements avec une hygiène améliorée, d'éviter la stagnation d'humidité et d'empêcher la prolifération de micro-organismes. Ces propriétés présentent un potentiel intéressant pour le traitement des systèmes d'air conditionné ou de parties intérieures en contact avec l'utilisateur.



Illustration 2: couleurs interférentielles sur plaques d'acier

## SURFACES LUMINEUSES

En combinant plusieurs couches minces sélectionnées spécifiquement, il est aussi possible d'obtenir des structures et des fonctionnalités plus complexes pour réaliser des surfaces « actives ». Les dispositifs émetteurs de lumière OLEDs (Organic Light-Emitting Diodes) concentrent par exemple à l'heure actuelle de nombreuses recherches de par leur potentiel en termes d'éclairage et de signalétique, avec des possibilités élevées de design et une basse consommation électrique. Ils commencent à apparaître à l'état de prototypes pour l'habillage des phares de véhicules haut de gamme. Dans ces dispositifs, près de dix films minces, comprenant des couches isolantes électriques, conductrices, électroluminescentes et d'encapsulation, sont assemblées pour permettre une émission de lumière homogène sur une surface, avec un panel de couleur étendu dépendant de la nature de la couche électroluminescente. Les développements menés ces dernières années au CRM Group ont montré la possibilité d'utiliser l'acier comme matériau de base pour réaliser des systèmes OLED. Il est ainsi possible d'obtenir des structures à la fois flexibles et robustes mécaniquement. L'utilisation de technologies de traitement de surface en continu (roll-to-roll) pour traiter l'acier permet également

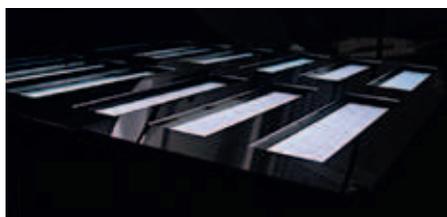


Illustration 4: OLEDs sur acier ▲

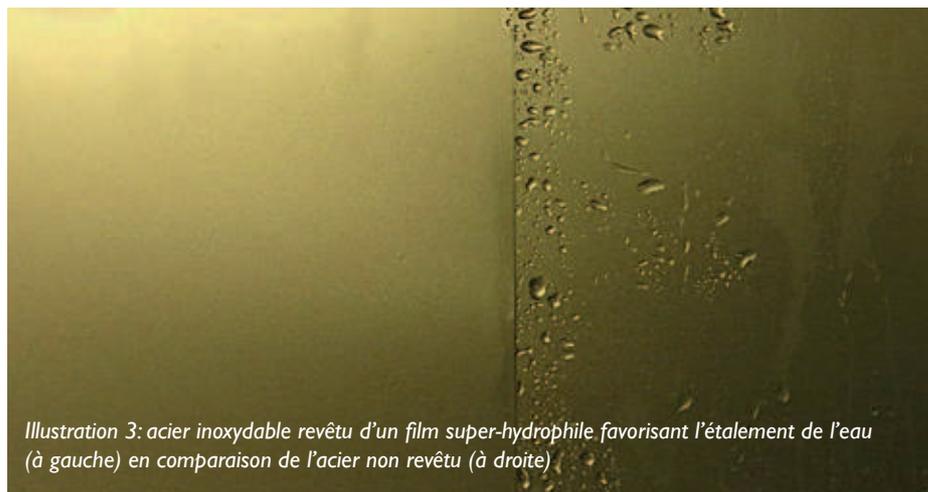


Illustration 3: acier inoxydable revêtu d'un film super-hydrophile favorisant l'étalement de l'eau (à gauche) en comparaison de l'acier non revêtu (à droite)

d'envisager une rupture de coût pour la fabrication de ces systèmes.

## SURFACES DURES ET LUBRIFIANTES

Les revêtements secs lubrifiants offrent plusieurs utilisations possibles au sein d'un véhicule. Leur utilisation se répand notamment en raison des transformations menées sur les moteurs pour se conformer aux normes de pollution. Ils permettent d'une manière générale de réduire l'usure par frottements sous forte charge. Dans les composants du moteur par exemple (axes et segments de pistons, soupapes...), ils permettent de maintenir un état de lubrification même lorsque l'alimentation en huile est interrompue comme dans le cas des systèmes « start & stop ». Ils permettent également de réduire l'usure au niveau des rampes d'injection de carburant ou des éléments de transmission. Par ailleurs, leur dureté élevée associée à un faible coefficient de friction les rend également intéressants pour une protection sur des éléments de carrosserie contre les rayures, chocs et autres sollicitations mécaniques pouvant endommager la surface. Ces revêtements sont obtenus par des techniques de dépôt sous vide assisté par plasma (PVD ou PECVD). Les natures de revêtements les plus employés sont les DLC (Diamond-like Carbon ou carbone adamantin), les nitrures de titane, de chrome ou de zirconium. La plupart du temps un empilement de couches de natures différentes est nécessaire pour assurer une bonne adhérence entre la couche dure et le substrat à revêtir. Les natures de revêtements sont choisies en fonction

de l'utilisation requise et notamment de la gamme de température. Le DLC offre par exemple une dureté très élevée de l'ordre de 8000 HV mais sa température maximale d'utilisation se limite à environ 400°C, tandis que certains nitrures offrent des duretés moins élevées mais sont utilisables jusqu'à 700°C. Le choix peut aussi s'opérer en fonction de critères esthétiques. Ces revêtements sont déjà proposés commercialement par des sociétés spécialisées. Sur cette thématique le CRM Group s'inscrit plus particulièrement dans des projets collaboratifs<sup>[2]</sup> visant à revêtir des objets 3D issus notamment des techniques de fabrications additives. Celles-ci amènent de nouvelles façons de produire des composants métalliques de géométries complexes mais possédant des rugosités parfois incompatibles avec une utilisation directe. Les développements actuels visent donc, en plus de la fonctionnalisation des objets, à maîtriser les étapes de traitement de surface préalables permettant de réduire la rugosité des pièces inhérente à ce type de fabrication.



Illustration 5: pistons réalisés par fabrication additive et revêtus d'un film mince lubrifiant élaboré par procédé PVD ▲

## CONCLUSIONS

En résumé, les traitements de surface sous forme de films minces fonctionnels

présentent de nombreux atouts pour relever les défis liés à la conception des véhicules modernes. Les propriétés innovantes de ces revêtements et leur niveau élevé de performance couplé à leur très faible épaisseur et au gain de poids associé, les rendent particulièrement compatibles avec la volonté de réduire la consommation et les émissions polluantes. Ces traitements de surfaces sont applicables sur une multitude de matériaux utilisés dans le

secteur du transport et ouvrent un potentiel d'innovation. On notera par exemple le développement de matériaux métalliques fonctionnalisés par des films d'épaisseur nanométrique déposés par PVD, permettant de réduire le coût de fabrication et ainsi de favoriser l'utilisation massive de nouveaux modes de production d'énergie utilisés dans les transports tels que les piles à combustible. Un autre exemple est lié au développement de l'usage des tech-

niques de traitement de surface issues de l'électronique imprimée pour élaborer des matériaux intelligents connectés, capables de mesurer et de communiquer des informations.

[1] [http://www.arceo-eng.com/en/news/24\\_shieldarceo-aluminium-heatshield-on-alusi](http://www.arceo-eng.com/en/news/24_shieldarceo-aluminium-heatshield-on-alusi)

[2] projet Cornet TCAM (partenaires: SIRRIS, Fraunhofer IAP, CRM) ■

## Veilig tramverkeer door lasercladden

**i** D'Haene  
Tobias Knockaert

Het zijn drukke tijden voor de werkplaats van De Lijn nu het zomerseizoen in aantocht is. Heel wat kusttrams worden klaargestoomd om duizenden badgasten te vervoeren in juli en augustus. Dat zo'n check-up nodig is mag niet verbazen gezien de zeer agressieve omgevingstoestanden waarmee de toestellen te maken hebben. Het zand en de zoute lucht uit onze Noordzee zorgen voor excessieve slijtage op bewegende onderdelen.

Een kritisch gegoten onderdeel dat hier erg veel last van heeft is de zogenaamde "hesp": het koppelstuk tussen de verschillende tramstellen. Dit onderdeel laat een scharnierbeweging in het horizontale en verticale vlak toe zodat trams bochten en hoogteverschillen kunnen nemen. In de praktijk beweegt dit onderdeel continu door oneffenheden in de weg en andere.

Slijtage, veroorzaakt door zand en zout, zal een te grote speling tussen de "hesp" en zijn zittingen veroorzaken. Het vervangen van het koppelstuk is dan een goede optie, maar erg lastig. Deze stukken liggen niet meer op voorraad en de kost om er één op maat te produceren is niet te verant-

woorden. De lange levertermijnen worden dan nog buiten beschouwing gelaten. Repareren is dan het logische alternatief maar eveneens een uitdaging. In het verleden werd voor het thermisch spuiten gekozen maar dit blijkt door onder-corrosie na enkele jaren los te komen.

Dankzij het lasercladden bij D'Haene werd eindelijk een sluitende oplossing gevonden. Een 2 mm dikke én corrosievaste laag met minimale inmenging werd aangebracht. Mooi meegenomen is dat de slijtageweerstand eveneens verhoogd werd. Dankzij het uitgebreide machinepark kunnen de stukken ook opnieuw op maat geslepen worden.

Deze casus bewijst de meerwaarde van het lasercladden voor de industrie: onderdelen die vroeger onherstelbaar waren krijgen nu een tweede leven, zonder compromissen te moeten maken. We zijn er rotsvast van overtuigd dat dit knap staaltje techniek zich nog meer zal doorzetten in het Vlaamse industrielandchap en dat niet alleen in de transportsector. Naast reparaties biedt ook de standtijdverlenging door lasercladden nog veel mogelijkheden. ■

