



**Webinaires sur les traitements de surface des aciers inoxydables**  
**Organisation technique : CEM, AURA Entreprises,**  
**Mercredi 26 mai 2021 de 9h00 à 12h**

Les aciers inoxydables ont dans leur ensemble des caractéristiques mécaniques limitées, leur couche naturelle de protection est facilement éliminée par action mécanique. Par ailleurs, ces aciers sont en général utilisés dans des milieux aqueux agressifs ou dans des ambiances spécifiques (haute ou basse température, conformité aux normes alimentaires), avec des solutions matériaux du type « deux surfaces de même nature » ou frottement inox sur inox.

Les traitements superficiels ont pour but d'introduire des contraintes de compression pour améliorer la résistance à la corrosion sous contraintes, d'améliorer les caractéristiques mécaniques superficielles et notamment la limite d'élasticité, de renforcer la couche passive et d'apporter de nouvelles fonctions comme l'aptitude au collage ou la coloration et de réaliser dans certains cas des modifications structurales améliorant aussi bien la tenue à la corrosion que la résistance au frottement et à l'usure.

### **Programme**

**9h00-9h45 : Préparation de surface des aciers inoxydables :** Jean Pierre AUDOUARD (CEM), Cédric BOSCH (SMS, ENSMSE)

**9h45-10h30 : Traitements mécaniques des surfaces, application aux aciers inoxydables :** Guillaume KERMOUCHE (SMS, ENSMSE)

**10h30-11h15 : Fonctionnalisation des surfaces d'acier inoxydable par greffage de molécules à l'aide d'un plasma atmosphérique froid :** Jérôme de MONTBRON, MPG S.A., L3895, Foetz, Luxembourg

**11h15-12h00 : Traitements thermochimiques réalisés sur acier inoxydable :** Patrick JACQUOT (groupe Bodycote, Pusignan, 69330)

Le webinaire organisé conjointement par AURA Entreprises et le CEM a rassemblé 55 personnes dont 70% d'industriels et 30% de représentants de l'université, des centres techniques et des institutionnels. Il a regroupé quatre communications relatives aux traitements de surface sur acier inoxydable, tout d'abord la préparation de surface, puis les traitements mécaniques de surface, les traitements de conversion et les traitements thermochimiques.

La première présentation sur la **préparation de surface** a commencé par un rappel des différentes familles d'aciers inoxydables et des propriétés de la couche passive constituée par un hydroxyde  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  de quelques nm d'épaisseur. La préparation de surface regroupe plusieurs types de conditionnements, les produits mis en forme à chaud (forge ou laminage), les produits soudés et les produits mis en forme à froid par laminage. Pour les produits mis en forme à chaud, il y a tout d'abord le grenailage avec billes de verre ou de céramique, puis le décapage en bain fluonitrique ou fluosulfurique pour éliminer tous les résidus et la couche superficielle déchromée. Pour les produits soudés dont les zones sollicitées thermiquement sont constituées par des films d'oxydes formés à différentes températures ( $\text{CrO}_3$  jusqu'à 450°C et  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  à basse

température), il se produit une coloration des zones thermiquement affectées qui doit être impérativement éliminée par meulage ou décapage, surtout pour la coloration bleue qui est la plus néfaste car liée à l'oxyde  $\text{CrO}_3$  avec formation d'une sous couche déchromée. Des pâtes de décapage à base de HF et de  $\text{HNO}_3$  sont généralement utilisées à cet effet. Pour les produits mis en forme à froid, il est nécessaire d'opérer une première opération de dégraissage suivie par un décapage pour éliminer la couche superficielle déchromée issue des opérations de mise en forme antérieures. La restauration des propriétés de tenue à la corrosion sera obtenue par un traitement final de passivation en milieu nitrique oxydant.

La deuxième présentation a été relative aux **traitements mécaniques de surface** tels que le grenailage, le galetage et le traitement laser. Ce type de traitement induit sur les aciers inoxydables des contraintes résiduelles de compression, ainsi que la génération de nouvelles structures superficielles avec affinage du grain pouvant aller jusqu'à la nanotexturation. Il en résulte une amélioration sensible de la tenue à la fatigue, de la dureté superficielle, de la résistance au frottement et à l'usure, ainsi que de la résistance à la corrosion sous contrainte, sans affecter la tenue à la corrosion. Les développements industriels de nanotexturation de surface ont été évoqués, notamment la technique SMAT (Superficial Mechanical Attrition Treatment) dont les effets bénéfiques sur les propriétés mécaniques se font sentir jusqu'à  $600^\circ\text{C}$ . Cette nanotexturation de surface a également une influence favorable sur la diffusion de l'azote et du carbone lors d'un traitement thermo-chimique. Toutefois, il y a un risque de dégradation de la tenue à la corrosion après un tel traitement.

La troisième présentation a été relative aux **traitements de conversion** dans le but d'obtenir à la surface de l'acier inoxydable des propriétés physico-chimiques optimales en vue de l'adhésion d'un polymère ou d'une céramique. Parmi ces traitements de conversion, on peut citer tout d'abord l'oxydation anodique en milieu nitrique à la température ambiante ou en milieu sulfochromique à  $70^\circ\text{C}$ . Les couches obtenues, de 20 nm dans le premier cas et de 70 nm dans le second cas, sont caractérisées par une augmentation de la teneur en chrome, au-delà de la concentration dans l'oxyde  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , ce qui donne avec l'attaque des joints de grains une physico-chimie très favorable pour l'aptitude au collage de polymères. Le deuxième type de traitement de conversion est l'électrogreffage par électrolyse en milieu organique pour obtenir une couche polymère fixée de façon covalente sur la surface de l'acier. Cette technique est utilisée pour les applications biomédicales. Le troisième type de traitement de conversion est la polymérisation par plasma à partir de sources argon monomère, argon oxygène ou organosiliciées. Il est ainsi possible de réaliser des couches de conversion du type  $\text{CrO}_x$ ,  $\text{SiO}_x$  ou  $\text{SiO}_x\text{C}_z\text{H}_y$  susceptibles de favoriser l'adhésion d'un polymère ou d'une céramique. Ces couches peuvent être réalisées en continu sur des surfaces planes par traitement plasma micro-ondes très réactif. Elles peuvent être réalisées également par plasmas atmosphériques avec deux exemples de développement industriel, Acxys-Technologies et Plasma-Treat. Dans les deux cas, le plasma est généré d'une manière très confinée et injecté sur la surface à traiter sous forme de torche.

La quatrième présentation a été relative aux **traitements thermo-chimiques** de cémentation, nitruration et carbonitruration. Après une description de ces différents types de traitements, leur application aux aciers inoxydables a été présentée. A haute température, la cémentation sous basse pression permet d'éliminer la couche passive et d'obtenir sur une profondeur de plusieurs centaines de  $\mu\text{m}$  une structure enrichie en carbures très résistante à l'abrasion, mais avec une réduction de la tenue à la corrosion. Dans ces mêmes conditions, un traitement de nitruration à haute température sur acier martensitique permet après trempe d'obtenir une martensite à l'azote pour laquelle la résistance à la corrosion est maintenue. Mais pour les aciers

inoxydables, les traitements le plus utilisés industriellement sont la cémentation, la nitruration et la carbonitruration à basse température ( $< 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Il est possible de réaliser sur acier austénitique et martensitique une phase de 10 à 40  $\mu\text{m}$  d'épaisseur sursaturée en carbone ou azote (jusqu'à 12 % C pour la cémentation), de haute dureté, ductile et résistante à la corrosion. Cette phase est susceptible de se substituer au revêtement de chrome dur fortement impacté par les réglementations environnementales. Toutefois, ce traitement n'est pas recommandé ni sur acier duplex, ni sur acier préalablement nanostructuré par voie mécanique.