

Le revêtement anticorrosion pour points d'étanchéité sur surfaces métalliques

Dans des secteurs tels que l'automobile, les transports et la mobilité, ou encore dans le domaine des énergies renouvelables, la protection anticorrosion des surfaces d'étanchéité représente un défi majeur. Ces surfaces constituent des points critiques pour la qualité et la longévité des produits finis lors de l'assemblage de différents matériaux et composants. La technologie de traitement de surface au plasma atmosphérique offre des solutions prometteuses dans ce domaine.

Stephan Gruber,
directeur commercial
PLASMATREAT,
France

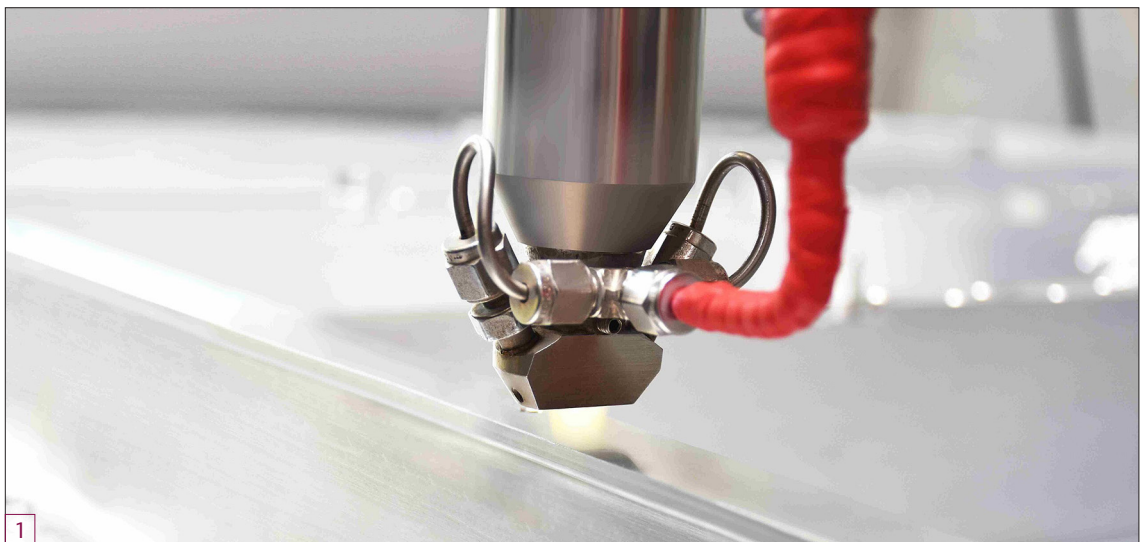


Figure 1.

La surface d'étanchéité d'un boîtier de batterie est revêtue sélectivement par le procédé PlasmaPlus AntiCorr, un procédé en ligne à sec. Ce revêtement protège le boîtier contre la corrosion sous-jacente.
©Plasmatrete GmbH

Le développement des systèmes de protection contre la corrosion est principalement motivé par les exigences croissantes en matière de durée de vie des produits. À cela s'ajoute la volonté de l'industrie de réduire les coûts, notamment grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux et à une consommation moindre de matières premières, ce qui contribue également à la préservation des ressources. La recherche d'alternatives aux méthodes conventionnelles, parfois très polluantes, est également un facteur essentiel.

Afin de garantir la qualité des produits finis, des boîtiers métalliques sont utilisés, scellés et assemblés par boulonnage ou soudage. Ces points d'étanchéité doivent être protégés efficacement contre la corrosion. La technologie de traitement au plasma atmosphérique offre une solution nettement plus performante et respectueuse de l'environnement que de nombreuses méthodes conventionnelles.

En effet, les métaux communs, les alliages métalliques et les aciers non inoxydables sont sensibles à la corrosion. Une protection anticorrosion efficace est donc essentielle pour préserver l'intégrité structurelle et la fonctionnalité de ces matériaux.

Dans des secteurs comme l'automobile, le solaire et l'éolien, les composants électroniques de haute qualité, tels que les boîtiers de batteries, les modules de commande

et de puissance, les carters de ventilateurs ou encore les turbocompresseurs, sont généralement protégés par des boîtiers métalliques (Figure 1). Les surfaces d'étanchéité de ces boîtiers sont exposées à une forte corrosion tout au long de leur durée de vie.

En fonctionnement dans les véhicules ou dans d'autres systèmes, elles doivent souvent résister à d'importantes variations de température et de pression. De plus, le joint doit résister à divers milieux extérieurs. Les environnements extérieurs et les éléments humides et salés, comme le sel de déneigement en hiver (dans le cas des véhicules), endommagent les surfaces d'étanchéité métalliques, ce qui peut entraîner une corrosion sous-jacente.

Pour prévenir la corrosion, diverses méthodes sont employées. Le choix du matériau approprié en est une : l'utilisation de métaux résistants à la corrosion réduit la sensibilité à la corrosion mais est aussi une solution très coûteuse.

Le traitement de surface constitue une autre solution. Grâce à une grande variété de procédés, une barrière protectrice peut être créée sur le métal, améliorant ainsi sa résistance à la corrosion. Nombre de ces méthodes, conçues pour protéger les composants de la corrosion, font appel à des produits chimiques parfois très agressifs et nocifs pour l'environnement. Elles sont souvent

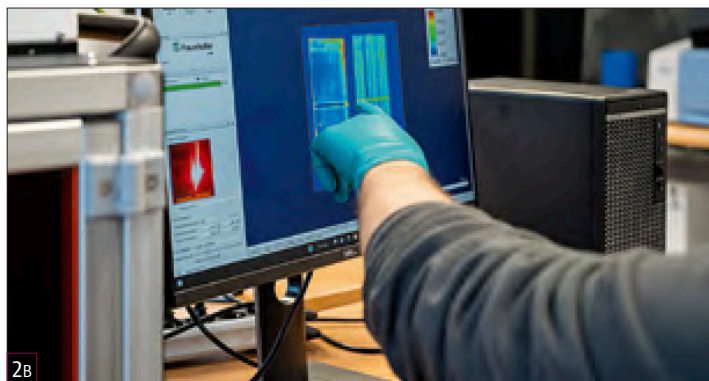


Figure 2 : **A.** Avant l'application du revêtement, la surface d'étanchéité est nettoyée avec précision par plasma à l'air libre, éliminant efficacement la poussière et les saletés issues des procédés précédents. **B.** Grâce à différents outils d'analyse, ici le F-Scanner de l'institut Fraunhofer IPM, les contaminants présents sur les surfaces métalliques sont visualisés, permettant ainsi de vérifier l'efficacité du nettoyage au plasma. ©Plasmatrete GmbH

complexes à mettre en œuvre et chronophages, car le respect des temps de séchage des composants est impératif, ce qui empêche l'automatisation des processus. De plus, elles présentent un autre inconvénient : elles consistent généralement en un traitement de surface de l'ensemble du composant et ne conviennent pas au traitement sélectif de zones spécifiques.

UNE ALTERNATIVE EFFICACE ET FIABLE : LA TECHNOLOGIE PLASMA

La technologie du plasma atmosphérique est une technologie relativement récente particulièrement adaptée au traitement de surface sélectif. Le plasma à l'air libre, par exemple, est appliqué en continu à pression normale pendant le processus, éliminant ainsi le besoin de chambres basse pression.

Cette technologie au plasma permet un prétraitement très précis des substrats et une préparation optimale pour les revêtements anticorrosion grâce à un nettoyage microfin. Selon le type de contamination sur une surface métallique, les systèmes plasma à l'air libre utilisent différents procédés de gaz tels que l'air comprimé, l'azote et le gaz de formage. Ces gaz diffèrent non seulement par leur puissance et leur température générées, mais aussi par l'effet de surface obtenu. Par exemple, l'air comprimé et l'azote peuvent être utilisés pour éliminer les contaminants organiques des surfaces métalliques (Figure 2). D'autres gaz peuvent être utilisés pour modifier la surface métallique. L'azote intensifie l'effet de nettoyage. Le gaz de formage est utilisé pour réduire les oxydes en surface. Le plasma à l'air libre élimine efficacement les couches ultra-minces de poussière et de résidus de production, et prépare les substrats pour les étapes de traitement ultérieures (Figure 2, à droite).

PROTECTION SÉLECTIVE CONTRE LA CORROSION DES MÉTAUX

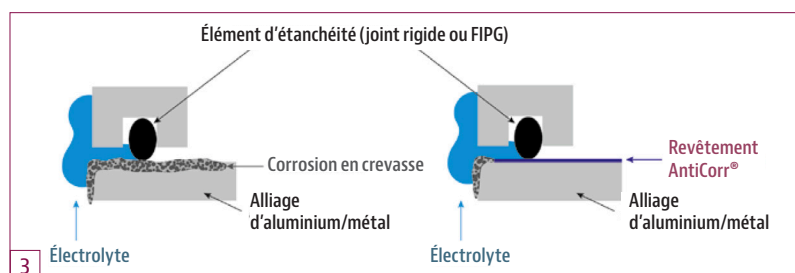
Le procédé Openair-Plasma® permet d'obtenir des surfaces micro-nettoyées qui peuvent ensuite être revêtues, également par plasma. À cet effet, un précurseur gazeux adapté à l'application est ajouté au jet de plasma avec le procédé PlasmaPlus (*). Cela permet de créer un revêtement de plasma extrêmement, créant ainsi des surfaces aux propriétés fonctionnelles spécifiques.

Pour obtenir l'effet anticorrosion souhaité, on utilise le précurseur l'AntiCorr. Ce composé chimique est fragmenté dans le jet de plasma à haute énergie. Les molécules excitées se déposent sur la surface sous forme d'une couche ultra-mince, très efficace et vitreuse, d'une épaisseur d'environ 25 à 500 nm. Le revêtement organosilicié AntiCorr® sert de préparation à l'application de mastics.

À travers la stimulation hautement énergétique du plasma, ce composé se fragmente et se fixe sur la surface à la manière d'une couche de silanes. La composition chimique de la couche AntiCorr® peut être adaptée en fonction des applications afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles sur les supports les plus variés. La couche AntiCorr® est d'une qualité comparable à celle que l'on peut obtenir avec du plasma basse pression. L'avantage décisif du revêtement AntiCorr® est le traitement sélectif permettant de traiter uniquement les zones souhaitées du composant, au lieu de traiter les composants dans leur ensemble et donc également à des endroits qui ne sont pas nécessaires.

Il s'agit généralement de joints solides, mais le procédé peut également être utilisé pour les joints d'étanchéité liquides (FIPG) (Figure 3).

(*) PlasmaPlus® est un procédé de traitement de surfaces développé par Plasmatrete qui permet de créer un nano-revêtement innovant et de fonctionnaliser les surfaces de nombreux matériaux comme le métal. Les matériaux acquièrent ainsi de nouvelles caractéristiques avec une surface modifiée et fonctionnalisée.



Les paramètres du plasma sont optimisés en fonction de l'application et du matériau du joint. PlasmaPlus confère au joint appliqué sur la surface métallique une barrière fiable et durable contre les électrolytes corrosifs et assure une protection anticorrosion extrêmement élevée et pérenne, notamment pour les alliages d'aluminium dans le secteur automobile.

L'efficacité des revêtements PlasmaPlus est démontrée par l'exemple suivant : une protection anti-corrosion sous la forme d'une couche AntiCorr® a été appliquée sur

Figure 3. Représentation graphique : Corrosion par entaille sans la technologie PlasmaPlus AntiCorr® (à gauche) et prévention de la corrosion par entaille avec la technologie PlasmaPlus AntiCorr® (à droite). ©Plasmatrete GmbH



Figure 4. Échantillons d'essai en aluminium moulé sous pression avec l'alliage AlSi12 (Fe) avec et sans revêtement AntiCorr® (après 720 heures d'essai au brouillard salin selon DIN ISO 9227).

©Plasmatrete GmbH

de l'AlSi12 (Fe), un alliage d'aluminium moulé et injecté sous pression couramment utilisé dans l'industrie automobile. Les échantillons ont été soumis à un cycle de test de 720 heures dans les conditions de test au brouillard salin spécifiées par la norme DIN ISO 9227. Les échantillons sans revêtement AntiCorr présentaient des traces de corrosion sur toute la surface d'étanchéité, allant jusqu'à endommager le joint d'étanchéité en EPDM vulcanisé au peroxyde (Figure 4). L'échantillon avec revêtement AntiCorr, issu de la même série de tests, ne présentait aucune trace de corrosion sur la surface d'étanchéité. Ce résultat est également confirmé par des tests validés, tels que le test au brouillard salin de plus de 1200 heures, qui a été réalisé avec succès.

DIVERSES MÉTHODES DE DÉTECTION POSSIBLE

Pour une évaluation rapide des paramètres PlasmaPlus sélectionnés, différents fluides de test ont été développés afin de fournir des informations immédiates sur leur efficacité. La nouvelle méthode développée en interne est basée sur la norme EN ISO 2085:2018. Une goutte d'acide fort contenant des ions cuivre dissous est appliquée sur la surface. Cette analyse électrochimique des défauts permet de visualiser les résultats en quelques secondes, fournissant ainsi une indication rapide et fiable de l'efficacité du revêtement contre la corrosion (figures 5 et 6).

Par ailleurs, d'autres méthodes permettent d'obtenir une image plus détaillée de l'état de la surface et du revêtement : le revêtement de surface PlasmaPlus-AntiCorr est transparent à la lumière visible et peut donc être utilisé dans des environnements optiquement sensibles. Différents appareils de mesure et méthodes analytiques sont utilisés pour mesurer et vérifier l'effet plasma. Parmi ceux-ci figure la spectroscopie réflectométrique de couches minces, une méthode optique. Lorsqu'un rayon lumineux frappe l'interface entre deux milieux

d'indices de réfraction différents, une partie du rayonnement est réfléchi et une autre partie est transmise.

TECHNOLOGIE DU PLASMA ATMOSPHERIQUE

Comparée aux méthodes chimiques classiques de protection anticorrosion, la technologie plasma offre une véritable alternative aux procédés traditionnels d'étanchéité des composants. AntiCorr est très efficace contre divers milieux corrosifs tels que les solutions électrolytiques, les acides et les bases, et obtient, dans certains cas, une meilleure résistance aux milieux que les procédés de passivation standard. Autre avantage : la technologie plasma permet un traitement de surface sélectif, notamment pour les boîtiers métalliques, précisément à l'endroit où se situe le joint.

Le procédé est également nettement plus efficace, économique en matériaux et respectueux de l'environnement car, par exemple, aucun bain d'immersion chimique n'est nécessaire.

Autre avantage en termes d'efficacité accrue : ce procédé en ligne s'intègre facilement aux lignes de production existantes. Comparé aux méthodes traditionnelles, le procédé PlasmaPlus permet des temps de cycle considérablement plus courts, grâce à la possibilité de traiter immédiatement les substrats après le procédé à sec. Ceci élimine également les coûts logistiques importants liés à la sous-traitance à des entreprises spécialisées et/ou à l'espace requis pour le séchage des composants.

La consommation de matériaux est également très maîtrisable : seulement 50 g de précurseur sont injectés dans le jet de plasma par heure. Cette technologie est donc nettement plus respectueuse de l'environnement que les traitements de surface conventionnels destinés à prévenir la corrosion. Ainsi, ce ne sont pas seulement la haute efficacité, les coûts réduits et les procédés plus performants qui plaident en faveur de cette technologie. Pour de nombreuses entreprises et des secteurs entiers, le véritable avantage réside dans la combinaison de ces

Figure 5. Application des fluides de test AntiCorr sur des échantillons métalliques nettoyés et revêtus.

©Plasmatrete GmbH

Figure 6. Comparaison des fluides de test AntiCorr sur une surface métallique revêtue d'AntiCorr (à gauche) et sur une surface métallique sans revêtement AntiCorr (à droite).

©Plasmatrete GmbH



5



6

propriétés avec un impact environnemental moindre. Cela permet aux utilisateurs de réduire leur empreinte carbone et de se rapprocher ainsi de leurs objectifs environnementaux (Figure 7).

LES MÉTHODES CONVENTIONNELLES DE TRAITEMENT DE SURFACE SONT COMPLEXES ET NÉFASTES POUR L'ENVIRONNEMENT ET CÔUTEUSES.

Pour obtenir une protection anticorrosion fiable, diverses méthodes de traitement de surface se sont imposées dans l'industrie. Cependant, malgré leur efficacité en pratique, ces différents procédés présentent également certains inconvénients :

- Les composants de grande taille, tels que les bacs à batterie ou les carrosseries, sont souvent cirés selon un procédé complexe. Leur manipulation est très délicate. Ils doivent être stockés de manière à permettre l'écoulement de l'excédent de cire. Ce procédé engendre une forte pollution environnementale. La logistique est également complexe, car les composants cirés nécessitent un emplacement approprié où leur couche protectrice peut durcir pendant une période prolongée. Un traitement sélectif n'est possible qu'au prix d'efforts considérables.
- Le procédé de conversion par revêtement consiste à immerger les pièces dans un bain où se forme un revêtement liquide. Ce procédé utilise des substances comme le chrome (III), un composé chimique de chrome et d'oxygène. De nombreuses entreprises sous-traitent ce procédé polluant à des sociétés spécialisées, ce qui le rend long et complexe sur le plan logistique.
- Dans le procédé électrochimique de revêtement par immersion cathodique (KTL), la pièce à revêtir est chargée négativement puis immergée dans un bain contenant des particules de revêtement chargées positivement. Ces particules forment un film uniforme sur toute la surface du composant. Cette couche de revêtement isole le composant, empêchant ainsi toute attraction électrique. Ce procédé nécessite également des étapes

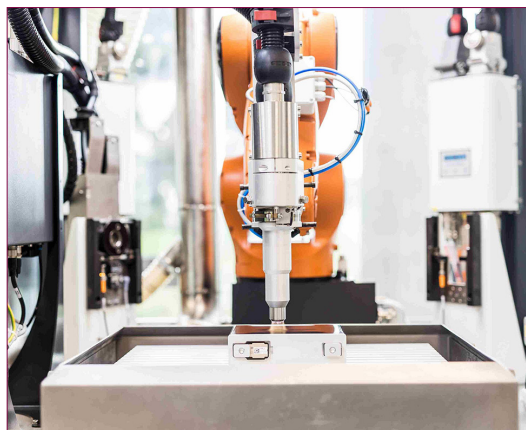


Figure 7.

Le traitement plasma est réalisé, par exemple, dans une unité de traitement plasma (UTP) entièrement automatisée, qui peut être utilisée comme système autonome ou intégrée directement dans des lignes de production avec diverses options de manutention et de convoyage.

©Plasmatreat GmbH

supplémentaires chronophages : après immersion, les résidus de revêtement excédentaires doivent être éliminés par rinçage. Les composants sont ensuite séchés dans une étuve (ensuite, les composants subissent un processus de séchage dans un four de séchage).

- La galvanoplastie consiste en un dépôt électrochimique de métaux sur des surfaces métalliques ou métallisées. Des couches métalliques telles que le zinc, l'aluminium, l'étain ou le plomb sont appliquées sur des aciers fortement alliés ou des aciers faiblement alliés non résistants à la corrosion afin de protéger la surface. Un inconvénient majeur de la galvanoplastie réside dans la présence de produits chimiques concentrés résiduels après le traitement.

CONCLUSION

En résumé, la technologie plasma offre une efficacité accrue, un impact environnemental réduit et des procédés automatisés pour la protection contre la corrosion des surfaces métalliques scellées. Elle présente ainsi un intérêt particulier pour l'industrie automobile. Le traitement des surfaces d'étanchéité des composants métalliques avec AntiCorr est déjà utilisé avec succès dans de nombreuses applications, notamment pour l'étanchéité des boîtiers de batteries et des coffrets d'unités de commande, de modules de puissance. ■