



Corrosion des systèmes de raccords

Comment le traitement de surface anticorrosion nouvelle génération permet d'améliorer les performances des produits hydrauliques



ENGINEERING YOUR SUCCESS.

Résumé

Les raccords hydrauliques doivent offrir des performances de premier plan dans tous les environnements. Les écarts d'humidité, de températures et de salinité, ainsi que les produits chimiques et fluides toxiques utilisés dans les applications, peuvent être des vecteurs idéaux pour la corrosion. Si elle n'est pas résolue, la corrosion peut nuire à l'apparence, imposer une maintenance coûteuse et de fait, entraîner une défaillance complète de l'équipement. Les scientifiques et les ingénieurs de chez Parker dans le monde entier ont mis en commun leur savoir-faire métallurgique pour fournir des technologies de traitement de surface de nouvelle génération. Cela permet de faire un bond en avant en termes de performances anticorrosion à long terme, tout en maintenant la compatibilité avec les produits existants et sans incidence sur les procédures d'assemblage et les critères de performances.



Dr Philipp Wagener,
Metals Innovation Center
Manager (Europe)

Philipp travaille dans le domaine des sciences des matériaux, de l'électrochimie et du génie chimique depuis plus de 15 ans. Chez Parker Hannifin, il a créé le Metals Innovation Center pour le développement et l'application de nouvelles technologies de surface et d'innovations en matière de protection contre la corrosion pour les systèmes hydrauliques. Philipp est titulaire d'une maîtrise en chimie, d'un doctorat en chimie physique et d'un diplôme d'habilitation en chimie technique.



Yindong Ge, titulaire d'un doctorat,
Metals Innovation Center
Manager (États-Unis)

Yindong est un scientifique des matériaux possédant 15 ans d'expérience dans l'ingénierie de surface, la science de la corrosion, les processus électrochimiques et le développement de matériaux. Il dirige actuellement le Metals Innovation Center de Columbus, dans l'Ohio, aux États-Unis, où il dirige le développement de technologies de protection de surface innovantes pour les composants hydrauliques. Yindong est titulaire d'une licence en génie de la céramique, ainsi que d'une maîtrise et d'un doctorat en sciences et ingénierie des matériaux.

Le coût de la corrosion

La corrosion est l'ennemie des systèmes et des composants métalliques. Dans les bonnes conditions, la rouille accélérée peut s'installer rapidement et silencieusement, laissant d'énormes dégâts dans son sillage.

Selon NACE International, l'autorité mondiale chargée de la lutte contre la corrosion, le coût mondial de la corrosion est d'environ 2 500 milliards de dollars, soit 3,4 % du PIB mondial. Ce chiffre alarmant reflète la gravité du problème, la corrosion ayant un impact négatif sur la durée de vie des actifs dans plusieurs secteurs. L'étude montre que dans l'industrie, y compris dans les secteurs des véhicules hors route et de la fabrication, le coût mondial de la corrosion s'élève à près de 1 500 milliards de dollars, tandis que dans l'agriculture seule, il s'élève à 152 milliards de dollars. Le coût réel dans chaque cas est susceptible d'être encore plus élevé, car ces chiffres

ne tiennent pas compte des conséquences individuelles sur la sécurité ou l'environnement, selon NACE International.

La corrosion peut se produire dans tous les environnements. La gravité de la corrosion sur les composants hydrauliques dépend fortement de l'application de l'utilisateur final et de l'environnement d'exploitation. Par exemple, les raccords hydrauliques utilisés sur une presse hydraulique située dans une usine de production climatisée subiront des effets de corrosion minimes. En revanche, pour les environnements extérieurs, en particulier les applications que l'on trouve dans les secteurs des véhicules hors route, ou les secteurs du transport par camion, de l'agriculture, des exploitations minières et de la marine, la corrosion peut s'installer rapidement.

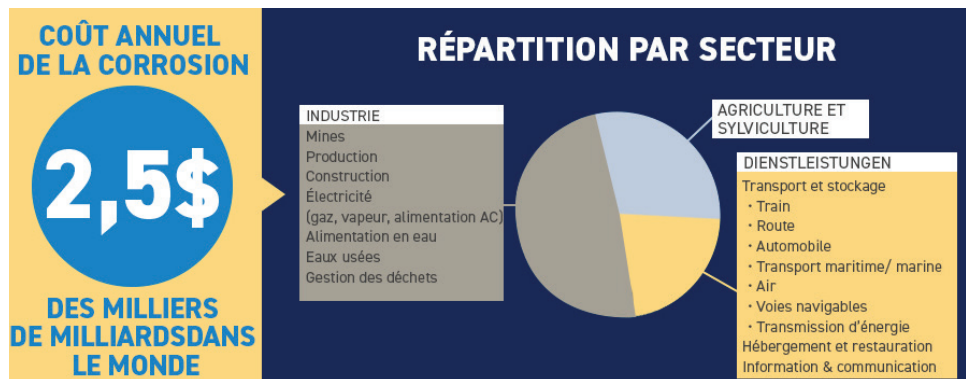


Figure 1: Coût de la corrosion selon le rapport de NACE

Des facteurs tels que l'humidité, les écarts de température, les sels en suspension dans l'air, les produits chimiques et les fluides peuvent tous contribuer à l'initiation et à la propagation accélérée de la corrosion. Si rien n'est fait, ces dommages peuvent avoir un impact sur d'autres composants plus coûteux, entraînant une multitude de problèmes tels

que des maintenances et des temps d'arrêt imprévus, ainsi que des réclamations de garantie coûteuses. En fin de compte, la corrosion peut provoquer une défaillance totale des systèmes ou des équipements, entraînant une révision générale ou un remplacement complet des équipements, ou une mise en danger de la sécurité du personnel dans les cas graves.



Figure 2: La corrosion peut se développer rapidement sur les équipements hors route, même dans des conditions environnementales normales

Comment la corrosion se forme et se propage

En tant que réaction électrochimique, la corrosion se produit lorsque les atomes sur une surface métallique telle que l'acier s'oxydent, ce qui endommage toute la surface.

De nombreux métaux s'oxydent facilement: ils ont tendance à perdre des électrons à cause de l'oxygène (et d'autres substances) présents dans l'air ou l'eau. Lorsque l'oxygène est réduit (gagne des électrons), il forme un oxyde avec le métal et la corrosion se produit. Dans certains environnements, ce processus commence à se dérouler dans un laps de temps très court.

Le type de corrosion le plus courant est la corrosion générale. Dans ce cas, selon le *Manuel du cours de base sur la corrosion de NACE*, la propagation de la corrosion se fait plus ou moins

uniformément sur une surface exposée sans localisation notable, provoquant un amincissement uniforme sur les matériaux en tôle et en plaque et un amincissement général d'un côté ou de l'autre (ou les deux) pour les tuyaux et les tubes. Ce type de corrosion générale se caractérise par une rugosité de la surface et fréquemment, mais pas toujours, par un changement de couleur. Le mécanisme d'attaque est généralement un processus électrochimique qui se produit à la surface du matériau. Les différences de composition ou d'orientation entre de petites zones de la surface métallique

créent des anodes et des cathodes qui facilitent le processus de corrosion.

Comme illustré sur la figure 3, dans une cellule de corrosion, les électrons et les ions circulent à travers un chemin métallique où des réactions anodiques se produisent vers des sites où ils permettent des réactions cathodiques. Une fois que cette réaction a commencé, il est difficile de l'arrêter et la corrosion peut se propager rapidement, par exemple, des raccords de tubes/adaptateurs à d'autres composants critiques et plus coûteux.

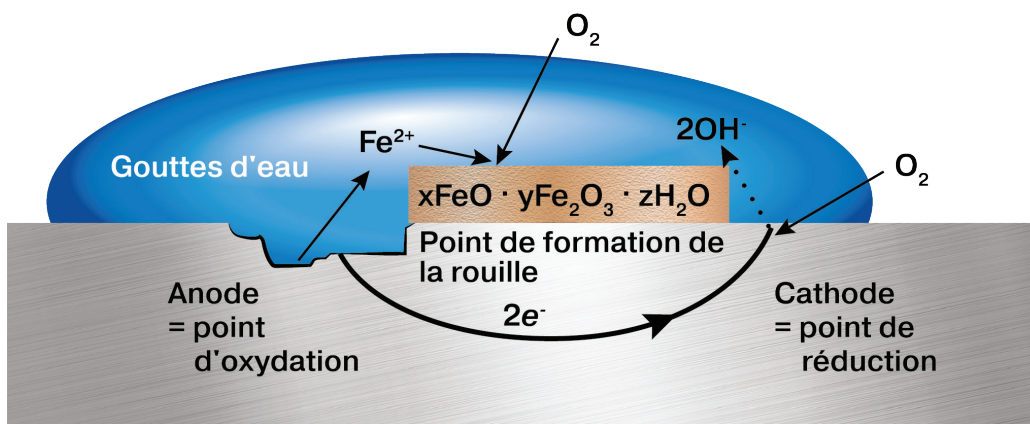


Figure 3: Illustration des réactions électrochimiques lors de la corrosion de l'acier

L'utilisation du traitement de surface zinc

Les pratiques courantes pour prévenir la corrosion peuvent inclure la sélection de matériaux plus coûteux (comme l'acier inoxydable) ou la soumission de composants critiques à un processus de traitement. Pour les connecteurs hydrauliques modernes en acier, la galvanoplastie est la norme dans le secteur. Lorsqu'il est lié à de l'acier, ce revêtement fournit une couche sacrificielle, maintenant la corrosion des métaux communs sous contrôle.

Cependant, le zingage ne fait que retarder l'inévitable. Des conditions extrêmes avec une humidité élevée, des agents



Figure 4 : Fluage de la corrosion vers les composants adjacents

agressifs, des environnements boueux, la pollution de l'air ou la présence de sels peuvent toujours entraîner une corrosion importante.

Dans de tels environnements, le zinc commence à se sacrifier pour protéger le substrat en acier, produisant un sous-produit d'oxydation blanc, communément appelé corrosion blanche (ou rouille blanche). Au fur et à mesure de la progression de ce processus sacrificiel, la couche protectrice zinc est consommée et le métal de base est exposé, la rouille rouge devenant rapidement visible.

Une fois le zinc consommé dans une zone, le zinc dans les zones voisines sera également affecté.

Ainsi, même lorsque les composants sont zingués, la corrosion peut s'accélérer en migrant d'un composant à un autre. Cela peut nécessiter des travaux de réparation plus rapides et plus réguliers sur les raccords et les composants de raccordement adjacents, tels qu'un vérin hydraulique, une vanne ou un assemblage de flexibles hydraulique. La corrosion rend l'entretien et les réparations plus difficiles car les composants de raccordement ont tendance à « rouiller » entre eux et les surfaces de serrage peuvent avoir été endommagées.

Tout en fournissant une protection sacrificielle au substrat, la corrosion blanche présente une caractéristique contre-productive. Le sous-produit créé par cette oxydation sacrificielle du zinc est volumineux. Ainsi, non seulement il se propage car il protège le substrat, mais il se dilate également de manière volumétrique. Cette expansion volumétrique provoque fréquemment des contraintes

mécaniques, rendant ces zones adjacentes plus vulnérables et offrant ainsi un chemin de destruction pour que la corrosion des métaux communs s'installe.

En résumé, la corrosion peut avoir des conséquences opérationnelles et économiques importantes. Par conséquent, les progrès de la technologie anticorrosion sont une priorité pour de nombreux fabricants industriels et pour les équipementiers (OEM), entraînant une intense activité de recherche et de développement à l'échelle mondiale.



Figure 5 : Oxydation du zinc sur un raccord de tube en acier



Figure 6 : La corrosion peut entraîner des temps d'arrêt imprévus et des interventions de maintenance plus fréquentes.

Progrès récents de la technologie de traitement de surface

Plusieurs solutions de traitement de surface améliorées ont été introduites au cours des dernières décennies, en partie en raison de la conformité environnementale et de leurs performances accrues contre la corrosion. Le test au brouillard salin neutre (SST), tel que ASTM B117/ISO 9227, est la méthode d'évaluation acceptée dans l'ensemble du secteur pour déterminer la protection contre la corrosion pour la galvanoplastie.

Une grande partie de ce travail a été réalisée dans des laboratoires métallurgiques de pointe, qui soutiennent le développement de matériaux et de technologies alternatifs pour augmenter la galvanoplastie. Ces matériaux peuvent ensuite être rigoureusement testés en laboratoire dans des conditions qui simulent les applications réelles des clients.

Cette recherche a prouvé que toutes les technologies de traitement de surface ne sont pas égales. Les derniers développements de la galvanoplastie sont associés à des technologies de protection et des méthodologies de traitement supplémentaires pour protéger davantage les matériaux du substrat contre l'oxygène et l'humidité. Des recherches importantes ont été entreprises pour mieux comprendre l'interaction entre le revêtement de surface ou le traitement et le substrat situé en dessous.

L'objectif final était de développer une technologie de galvanoplastie qui offre des performances de pointe, pour que le traitement de surface résiste aux environnements les plus difficiles, soit visuellement attrayant et, en fin de compte, réduise le coût de possession pour le fabricant d'équipements et les utilisateurs finaux.

Dans le cadre de procédures de test et de qualification rigoureuses, Parker soumet ces technologies de revêtement de nouvelle génération bien au-delà des tests classiques au brouillard salin neutre. Plus précisément, les tests de corrosion sont effectués dans différentes conditions contrôlées dans les laboratoires Parker et les installations de test de corrosion indépendantes/ tierces.

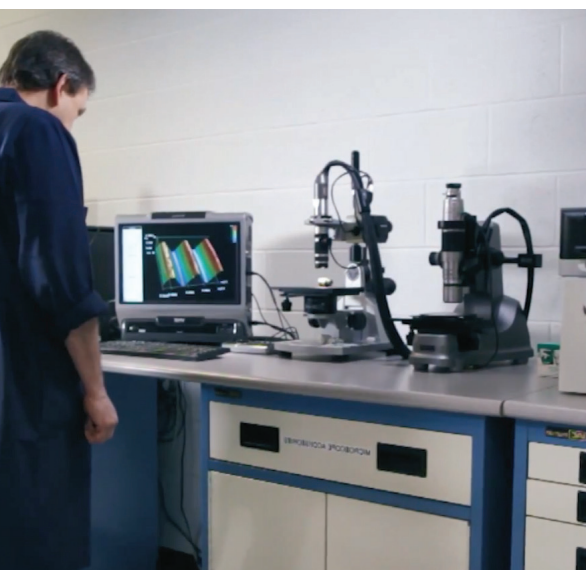
Des tests spécifiques comprennent la simulation d'une série d'atmosphères corrosives, de sels et d'autres produits chimiques corrosifs connus, notamment l'exposition à des engrais agricoles agressifs. Voir l'encadré 1.

1 Procédures de test par pulvérisation saline et corrosion cyclique

Le test au brouillard salin (SST) fournit une approche normalisée pour valider la résistance à la corrosion des métaux et des revêtements de surface. Dans ces tests, les échantillons sont soumis à une attaque hautement corrosive.

Les tests au brouillard salin sont utilisés depuis des décennies. La norme la plus largement utilisée est la norme ASTM B117 ou ISO 9227, où une solution de chlorure de sodium est pulvérisée dans une chambre d'essai environnementale étanche pour créer un brouillard d'eau salée agressive. Les échantillons sont ensuite contrôlés à intervalles réguliers pour évaluer la résistance à la corrosion.

Les tests de corrosion cyclique (CCT) ont évolué plus récemment et sont largement considérés comme offrant une corrélation plus forte avec l'exposition sur le terrain. Des tests tels que ISO 16701, SAE J2334 et des tests spécifiques aux équipementiers combinent l'exposition au brouillard salin et l'alternance de cycles d'humidité, de chaleur sèche et de variations de température dans des conditions contrôlées. En outre, certains tests ajoutent des agents corrosifs tels que le chlorure de calcium et même l'acide sulfurique. Des climats distincts peuvent être créés, arrêtés, puis recréés plusieurs fois, dans un ordre séquentiel différent. L'objectif est de simuler le type d'environnement corrosif et les défaillances qui peuvent se produire naturellement, mais de manière accélérée.



Par exemple, les précédentes solutions de zingage de Parker offraient une résistance de 1000 heures avant la corrosion rouge. Cependant, la plupart des progrès de l'industrie se sont limités à des améliorations progressives du traitement de surface au zinc.

Plus récemment, les capacités d'analyse métallurgique et de surface ont progressé et des alliages et des nanotechnologies de plus en plus optimisés ont été utilisés. Simultanément, l'équipe expérimentée de scientifiques et d'ingénieurs de Parker s'est efforcée de mieux comprendre les causes de la corrosion et son évolution.



ToughShield Plus™ - Traitement de surface nouvelle génération

La quête d'amélioration des performances ne s'arrête jamais. Les scientifiques et les ingénieurs de Parker restent engagés dans le développement de technologies anticorrosion pour aider les systèmes hydrauliques des clients à être plus performants et à durer plus longtemps, et donc à réduire les coûts.

Parker s'est récemment attaché à faire passer la technologie de traitement zinc-nickel existante - qui offre déjà de bonnes performances dans la plupart des applications - au niveau supérieur. Cela a été possible grâce à une meilleure compréhension de la relation entre les structures métalliques, les propriétés et le traitement, le tout validé dans des conditions contrôlées.

Dès le départ, l'objectif a été de développer une nouvelle solution de traitement de surface zinc-nickel qui atteint les niveaux

les plus élevés de résistance à la corrosion, sans impact sur les autres paramètres tels que les procédures d'assemblage, la pression de service et les performances, ainsi que la compatibilité avec les produits traités au zinc existants.

Le point de départ a été le développement d'une technologie de traitement de surface en instance de brevet combinant une couche de finition protectrice avec une couche de conversion au chromate. Bien que les détails spécifiques soient protégés par la propriété intellectuelle, l'équipe mondiale de chimistes, métallurgistes et ingénieurs de Parker a déployé les dernières techniques d'analyse de surface et de spectroscopie pour mieux comprendre l'interaction complexe entre les différents matériaux. Cette PI inclut le développement d'un processus qui permet au traitement d'être structuré de manière hautement

“ Les scientifiques et les ingénieurs de Parker restent engagés dans le développement de technologies anticorrosion pour aider les systèmes hydrauliques des clients à être plus performants et à durer plus longtemps, et donc à réduire les coûts. ”

optimisée. La structuration avancée permet d'intégrer des fonctionnalités supplémentaires au traitement, ce qui se traduit par des performances supérieures. Le résultat : ToughShield Plus, le premier système de traitement de surface standard disponible sur le marché de l'industrie des systèmes hydrauliques qui assure jusqu'à 3 000 heures de résistance à la corrosion rouge dans le SST.

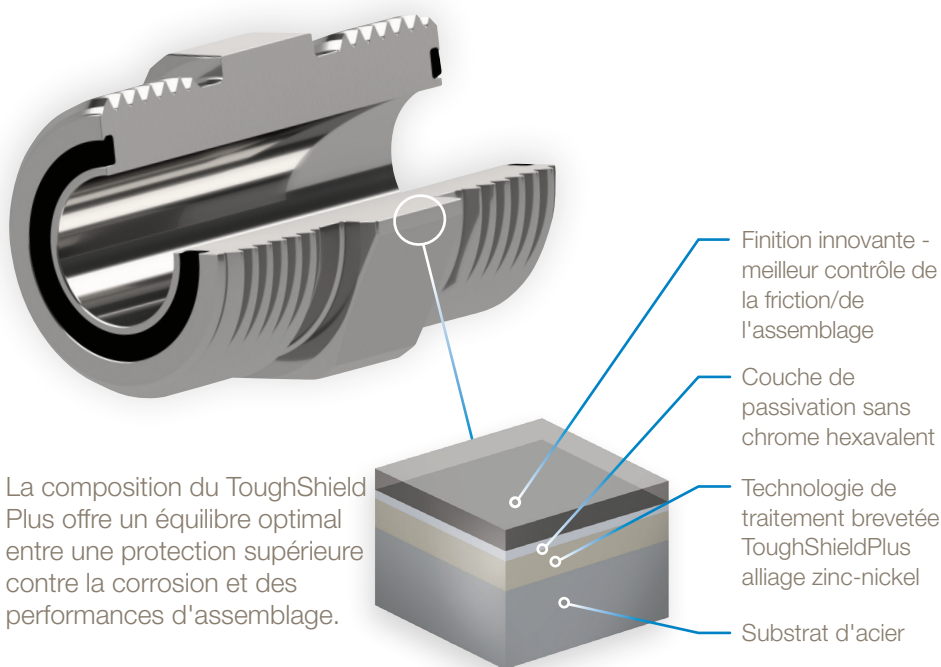
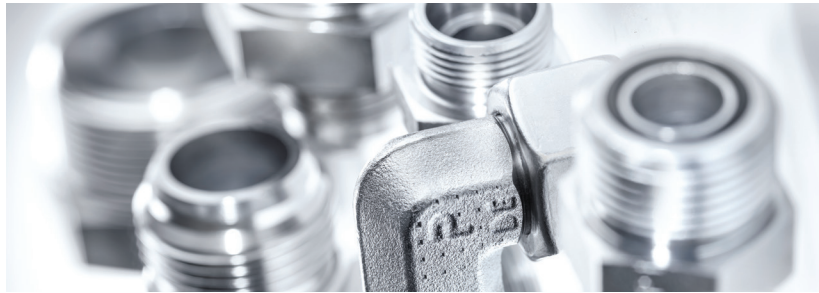


Figure 7: Composition du traitement de surface ToughShield Plus en zinc-nickel



Figure 8: Laboratoires de métaux de pointe chez Parker

Au-delà de la résistance à la corrosion



L'objectif de Parker était d'améliorer la résistance à la corrosion des connecteurs hydrauliques en acier tout en maintenant les autres attributs constants. La résistance à la corrosion n'est qu'une propriété, parmi tant d'autres, dans le domaine étendu et interdépendant des technologies de surface, où chaque effet est lié à une cause.

Par exemple, une couche protectrice qui offre une très haute résistance à la corrosion, mais des propriétés de friction/d'assemblage accrues, réduites ou incohérentes ne serait pas en mesure de répondre aux exigences de l'industrie

qui requiert des procédures d'assemblage et des performances de produit définies.

Historiquement, l'un des inconvénients du traitement de surface en zinc-nickel pour les connecteurs hydrauliques a été son impact sur l'assemblage. Le zinc-nickel et le zinc présentent des propriétés physiques différentes. Le traitement Zn-Ni est plus rugueux en raison d'une structure cristalline différente et présente donc un coefficient de friction plus élevé.

Ceci, à son tour, signifie qu'il faut augmenter le couple de serrage ou le nombre de tours pour

fournir une charge de connexion appropriée pour une connexion sûre et sans fuite. Les premières tentatives de l'industrie pour atténuer cet inconvénient par l'utilisation de couches de finition à faible friction ont fourni des résultats de performances très inégaux.

Par conséquent, le contrôle des propriétés d'assemblage homogènes et l'optimisation du coefficient de friction étaient une priorité absolue pour Parker dans le développement de ToughShield Plus.

Le résultat est une surface anticorrosion en zinc-nickel qui offre une protection beaucoup plus élevée contre la corrosion sans altérer les procédures d'assemblage ou les performances d'assemblage. Le résultat offre également une « rétrocompatibilité » complète avec les composants galvanisés existants, ce qui permet aux utilisateurs finaux de procéder en toute confiance à l'utilisation des composants hydrauliques en zinc et ToughShield Plus Zn-Ni.

Formabilité améliorée

Historiquement, la galvanoplastie n'a pas donné de bons résultats sur les composants qui nécessitent une déformation mécanique après traitement de surface. Par exemple, l'industrie hydraulique utilise le sertissage et les rondelles de secours formées pour les adaptateurs et les flexibles. Ces surfaces présentent traditionnellement une corrosion plus rapide, car le traitement est altéré par la déformation du métal. En fait, les organismes de réglementation tels que la SAE et l'ISO ne tiennent pas compte de la corrosion dans ces domaines lors de la qualification du SST, pourtant ce sont des points de défaillance connus. Ce défi exigeait une forte concentration sur la recherche et le développement afin de

fournir des niveaux plus élevés de protection contre la corrosion pour les pièces soumises à une déformation post-plaque.

Les scientifiques et les ingénieurs de Parker ont utilisé des équipements de pointe tels que les microscopes électroniques à balayage et la spectrométrie à rayons X, ainsi que des méthodes d'analyse électrochimique telles que la spectroscopie d'impédance pour révéler et étudier des caractéristiques de surface très détaillées. Ces connaissances ont conduit au développement de nouvelles structures de traitement de surface uniques. Par conséquent, le procédé ToughShield Plus a été optimisé pour offrir une plus grande aptitude au formage

que le traitement zinc-nickel disponible dans le commerce, garantissant des performances comparables même sur les pièces déformées après la plaque. Des tests de corrosion ont été réalisés pour confirmer cette avancée monumentale en matière de protection contre la corrosion



Figure 9: Adaptateurs orientables ToughShield Plus (à gauche) et sertis en zinc (à droite) après un SST de 3 000 heures

Garantir la cohérence des performances

Tout au long du développement du traitement de surface ToughShield Plus, l'accent a été mis sur la stabilité et le contrôle du processus. Les principes du contrôle de processus statistique ont été mis en œuvre sur des variables de production critiques avec des procédures de surveillance strictes et des limites de contrôle établies pour garantir un fonctionnement de ToughShield Plus uniforme sur l'ensemble de la gamme de produits Parker et de nombreuses opérations de traitement

Environnement

La solution technique améliorée de ToughShield Plus a nécessité une reconfiguration du processus pour les opérations de traitement de Parker. L'ajout de nickel au processus de traitement a nécessité des mises à niveau soigneusement élaborées pour le traitement des eaux usées et les systèmes de surveillance dans les usines de production pour éviter tout impact environnemental.

ToughShield Plus est conforme aux directives environnementales REACH, RoHS et ELV.

mondiales. Il en découle que la haute capacité de traitement du système ToughShield Plus a été démontrée pour un environnement de production de masse. Le processus robuste présente peu de variations d'un jour à l'autre et d'une pièce à l'autre au quotidien. Cette quête de cohérence s'applique également à l'uniformité de la couleur de traitement de surface.

Comme pour la galvanoplastie zinc-nickel disponible dans le commerce, il y a une libération minimale de nickel à partir des pièces de production traitées ToughShield Plus, ce qui garantit une manipulation sûre. Des méthodes de spectroscopie modernes ont été utilisées pour valider les résultats testés selon la norme DIN EN 1811, confirmant un taux de libération conforme à l'Annexe 17 de REACH.

Voile blanc

La galvanoplastie zinc-nickel se corrode à la fois de façon similaire et différente du traitement au zinc pur. Les deux sont sacrificiels avec le premier signe de corrosion présentant une décoloration blanche. Cependant, la forme initiale du produit de corrosion du zinc-nickel est un « voile blanc » non volumineux souvent interprété à tort comme de la rouille blanche. Consultez l'encadré 2.

2 Rouille blanche contre voile blanc

Il existe deux types distincts de corrosion blanche : la rouille blanche volumineuse et le voile blanc.

Rouille blanche volumineuse souvent observée sous forme de dépôt de poudre sur les surfaces en zinc pur ou en fer-zinc. Elle se produit principalement dans les environnements à forte teneur en humidité et avec des produits chimiques corrosifs, et est le signe d'une attaque rapide et localisée sous l'accumulation de dépôts. Une rouille blanche volumineuse est visible à l'état sec ou humide et présente une texture en relief. En raison de sa structure poreuse, elle est en général, rapidement suivie par l'apparition de la corrosion des métaux communs.

Rouille blanche



Aspect macro



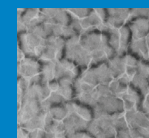
Micro-structure

À l'inverse, le voile blanc est souvent le premier changement de surface observable lors des tests de corrosion des surfaces en alliage zinc-nickel. Il s'agit d'un type de corrosion mince, dense et non volumineux par rapport à la rouille blanche. Il peut se former rapidement en SST et en CCT et reste généralement inchangé sur de longues périodes. Malgré l'aspect visuel, un voile blanc sur les pièces galvanisées en zinc-nickel forme une couche barrière protectrice, ce qui ralentit la progression de la corrosion. Un voile blanc se forme sur les surfaces claires et noires et n'est pas facilement visible lorsqu'il est mouillé.

Voile blanc



Aspect macro



Micro-structure



Figure 10: Parker a investi dans une technologie de galvanoplastie de pointe

Ingénierie pour un monde meilleur

La corrosion n'est pas qu'un simple inconvénient inesthétique, mais aussi une perte coûteuse sur les budgets d'exploitation et de garantie des équipementiers. Le coût total va au-delà des frais de remplacement des raccords ou des composants adjacents plus coûteux, mais aussi des temps d'arrêt des équipements. Lorsque des équipements de valeur sont sous-utilisés avec des opérateurs qualifiés inactifs cela augmente ces pertes. Les temps d'arrêt peuvent entraîner des pertes de revenus, de clients et nuire à la réputation.

Parker comprend ces préoccupations, en particulier, mais pas seulement, dans les équipements mobiles et de transport hors route, où les environnements d'exploitation difficiles sont un mode de vie.

Le développement de ToughShield Plus représente l'engagement de Parker à s'assurer que les systèmes des clients dépassent leurs attentes en matière de performances. Cet engagement est soutenu par une expertise interne en science des matériaux, une recherche et un développement continus et des investissements dans des capacités de test avancées.

Cela renforce notre engagement à collaborer avec les clients de ces segments fortement axés sur la corrosion afin d'optimiser les performances des produits de transport de fluides, afin de proposer des solutions innovantes et de réaliser des avancées technologiques qui conduisent à un monde meilleur.



ToughShield™ Plus

3 L'importance de systèmes de gestion de la corrosion efficaces

Alors que NACE International estime le coût de la corrosion à 2 500 milliards de dollars, la mise en œuvre des meilleures pratiques de contrôle de la corrosion pourrait permettre d'économiser entre 15 et 35 % de ce coût par an à l'échelle mondiale.

La clé pour améliorer les performances dans ce domaine est la mise en œuvre d'un système efficace de gestion de la corrosion. Cette approche comprend la création d'un ensemble documenté de processus et de procédures dont une entreprise aurait besoin pour planifier, exécuter, gérer et évaluer en permanence la menace de corrosion pour les actifs existants et futurs.

Pour gérer la menace de corrosion, il faut envisager à la fois la probabilité et les conséquences des événements de corrosion, selon NACE International. Le processus comprend l'analyse du résultat ou de l'impact de la corrosion en termes de pertes financières potentielles ou réelles associées à la sécurité, à l'environnement ou à l'intégrité des actifs.

Cette valeur est généralement quantifiable en tenant compte de facteurs tels que la perte de revenus, le coût des réparations et les coûts de nettoyage. D'autres aspects critiques de l'impact de la corrosion incluent la détérioration d'un équipement au point où il n'est plus adapté à l'usage prévu, ce qui entraîne une perte de production future.

Parker Hannifin Manufacturing Germany GmbH & Co. KG
Division High Pressure Connectors Europe.
Am Metallwerk 9 - 33659 Bielefeld
Allemagne
Téléphone +49 (0) 521-4048-0

Parker Hannifin Corporation
Division Raccords hydrauliques
3885, boul. Gateway
Columbus, OH 43228
États-Unis
Téléphone : 614-279-7070



www.toughshield.com