



## LES ACIERS INOXYDABLES ET LEUR CORROSION

**Autrement dit, tout ce que tu dois savoir sur les ancrages en acier inox et que jusqu'à présent (hélas!) nous ne t'avons pas encore dit...**

### Prémisse

Les problématiques qui ont surgis au cours des dernières années dans ce domaine, surtout après les incidents survenus en 2012 dans certaines zones côtières du monde, nous amènent à faire le point de la situation pour étudier les questions qui les lient, comprendre la logique et les limites de "*ce qu'il faut faire*" et enfin, proposer des solutions possibles et des meilleures lignes, à notre avis, de conduite.

Notre société, depuis sa création en 1993, a toujours pensé à entrer dans le marché de la montagne avec les meilleurs produits possibles proposant, des ancrages, exclusivement tout en inox. Cela été un choix stratégique en pensant principalement à la qualité et à la sécurité.

D'autres fabricants de ces mêmes articles diversifient leurs offres, en proposant aussi l'acier zingué ou l'aluminium (ergal). Les deux sont des excellents matériaux, mais moins adaptés à une utilisation "universelle".

On a choisi, une ligne de conduite "absolutiste" et donc, le matériau adopté est uniquement l'acier inox AISI 304 (norme EN 10088/3 - X5CrNi 18-10 - W. 1.4301).

Il s'agit d'un excellent acier inox, un matériau noble créé pour des usages spécifiques et très bien utilisé dans différents secteurs industriels tels que le secteur alimentaire, le secteur chimique et le secteur mécanique.

Les caractéristiques de résistance mécanique, résistance à la corrosion, la ténacité (résilience) et le coût pas trop excessif, on fait de l'acier inox le matériau idéal pour la construction des ancrages dans l'environnement montagnard et alpin en général.

Nous pouvons affirmer que aucun des nos ancrages, vendus et placés sur les murs du monde entier, n'ont jamais connu des problèmes de nature corrosive.

Si dans certains cas, il y avait eu de la corrosion, cela a été causé par des facteurs de mauvaise gestion, un incorrect "modis operandi", ou un résultat d'une préparation approximative dans l'emplacement des ancrages.

On ne veut pas pointer le doigt ou accuser qui que se soit, plutôt on se prend une part de "responsabilité" à ne pas avoir correctement informé les grimpeurs et les outilleurs sur la meilleure façon de fixation et de déplacement pour protéger adéquatement leur cheminement.

Malheureusement, dans l'environnement marin ou à proximité de la mer (même à quelques km...) ce matériau a prouvé n'être pas vraiment le meilleur choix, ayant des problèmes de corrosion avec des conséquences extrêmement dangereuses.

Mais nous devons souligner que, cependant, les cas de rupture ont été extrêmement rares par rapport à la quantité de matériau placé dans cet environnement.

Ce document cherche brièvement, dans la mesure du possible d'éclairer sur le sujet en question et comprendre de ce que l'on parle. Ce qui effraie tous les êtres humains, comme les animaux en général est l'inconnu que ne pouvant pas être sous contrôle.

Un danger ou une menace si on apprend à bien le connaître, nous semble moins effrayant parce que nous savons comment y répondre.

Nous espérons qu'après avoir lu cet article, vous savez mieux comment faire face à la question et vous êtes conscient d'où se cachent les dangers et comment les éviter.

Attention, on ne peut pas échapper à certains problèmes, mais nous devons toujours les prendre en compte en restant conscient des risques que nous pouvons rencontrer.

Evidemment, nous allons parler seulement du sujet de notre compétence et qui est lié à notre production. Les types d'ancrages sont variés, et ceux qui ne font pas partie des traditionnels « spit », ils sont exclus de cette discussion.

Avec le mot "spit", ou "cônes d'expansion", on parle de tous les "clous" utilisés qui nécessitent, pour être utilisés d'un trou dans la roche.

Ils sont aussi appelés "CHIPER", "CHlodi a PERforazione", un acronyme italien qui signifie "clous à perforation".

À la fin du document, nous allons essayer de tirer des conclusions claires et surtout d'expliquer pourquoi nous avons finalement décidé de changer tout le matériel utilisé pour nos ancrages et d'en adopter un certainement meilleur.

Afin de comprendre et d'être plus informé sur les caractéristiques des matériaux, est bonne chose lire l'élaboré signalé ci-dessous qui nous présente d'une façon très exhaustive, les aciers inoxydables.

Ce sont des informations que l'on trouve sur le Web, mais on a essayé d'en faire ici un résumé en quelques paragraphes synthétiques.

L'argument sur les aciers inoxydables est en fait très complexe mais pourtant nous croyons que ce qui est rapporté ci-dessous soit suffisamment exhaustive.

## LES ACIERS INOXYDABLES ET LEUR CORROSION

Les **aciers inoxydables** sont des **alliages à base de Fer, de Chrome et de Carbone**. Ils peuvent contenir éventuellement autres éléments tels que le nickel, le molybdène, le silicium, le titane, le niobium, le soufre, le phosphore, le manganèse, l'azote, le cuivre, etc. Ils sont **defins inoxydables** parce que dans un environnement oxydant, même en contact avec l'air qui contient de l'oxygène, **il se forme sur leur surface une couche protectrice** d'Oxygène adsorbi. La formation de cette couche est appelé "**passivation**".

Ce phénomène sur l'acier inoxydable, dans des conditions idéales, se produit naturellement et immédiatement.

Dès que ce métal est entaillé ou découpé, en enlevant une partie, la couche de protection est immédiatement régénéré (si les conditions persistent ...).

Toutefois, cette protection peut être créée artificiellement et d'une façon optimale avec un traitement chimique particulier. Le procédé se déroule avec une première immersion des produits dans un acide de décapage et par la suite dans un acide pour les passiver.

Ce traitement améliore visiblement la résistance à la corrosion.

Cette couche invisible, qui a l'épaisseur de quelques atomes (environ 0,002 microns) et qui se reforme spontanément en cas de destruction, constitue **une excellente barrière à la poursuite de l'oxydation, et donc la corrosion**.

La condition indispensable pour qu'une telle couche protectrice soit formée est la **présence d'une quantité suffisante de chrome**.

## LES TYPES D'ACIER INOXYDABLE

On peut segmenter les aciers inoxydables par familles, en se fondant sur leur **comportement structurelle** qui change en fonction de la **composition chimique**.

Les principales familles d'acier inoxydable:

- **martensitique**
- **ferritique**
- **austénitique**
- **austénitique- ferritique**

### ACIERS INOXYDABLES MARTENSITIQUES

Ce sont essentiellement des **aciers contenant du chrome** (11 - 18 %) et éventuellement des petites quantités d'autres éléments.

Ces aciers peuvent **augmenter leurs caractéristiques mécaniques** de résistance à la traction, limite d'élasticité et de dureté, avec un **traitement de trempe**.

*[Opération métallurgique qui fait partie des traitements thermiques. En faisant varier la température de traitement thermique et le pourcentage de carbone et de chrome présent, vous pouvez obtenir une très large gamme de propriétés mécaniques.]*

Après le traitement de trempe, **pour diminuer la fragilisation excessive** des aciers martensitiques, il est souhaitable (et souvent nécessaire) suivre un deuxième traitement, **le recuit**.

C'est un **traitement thermique à 150-200 ° C**, qui assure des meilleures conditions de **résistance à la corrosion**.

Un **recuit à 600-650 ° C** après le trempe, assure les meilleures conditions de maniabilité, tout en conservant des bonnes caractéristiques mécaniques et de résistance à la corrosion.

Les aciers martensitiques sont particulièrement appropriés pour la **construction de pièces mécaniques soumises à des charges importantes et d'usure** dans des environnements pas trop corrosifs (ex. Lames pour turbines à vapeur).

## ACIERS INOXYDABLES FERRITIQUES

Ce sont essentiellement des **alliages de Fer-Chrome-Carbone** contenant éventuellement des autres éléments en petites quantités.

La principale caractéristique est d'avoir une **structure ferritique à toutes les températures** et **ne sont donc pas susceptibles d'augmenter leurs caractéristique mécaniques, à l'effet mécanique des traitements thermiques.**

Ces aciers montrent une forte **abaissement de ténacité** à des températures qui se présente légèrement inférieures à celles de l'environnement, donc ils sont **les moins appropriés pour être utilisés à des températures basses.**

Il faut tenir compte du fait que ces matériaux, s'ils ne sont pas «stabilisés» par la présence de liants appropriés, **ils présentent un important phénomène de fragilisation** si exposés à des températures comprises entre 400 et 600 ° C, même pour des temps pas trop prolongés.

Ce phénomène se produit lorsque **le matériau revient à la température initiale.** D'où la nécessité de adopter des **mesures particulières** au cours des **procédés de soudage.**

Leur **facilité de formage à froid**, de leur **résistance à la corrosion** dans des environnements avec agressivité « moyenne », associé à la **bonne aptitude au polissage des surfaces** [*qui améliore la résistance aux agents corrosifs, tout en offrant une esthétique très appréciable*], donne à ces matériaux un très large **champ d'emploi**, dans **l'industrie de l'automobile** à celle **des constructions**, dans les **appareils ménagers** et la **coutellerie.**

## ACIERS INOXYDABLES AUSTANITIQUES

Ils sont caractérisés par une structure austénitique stable à toute température, donc ne s'améliore pas leurs caractéristiques mécaniques par des traitements thermiques.

Selon leur composition chimique et leur caractéristiques d'utilisation, on peut les divisés en trois groupes:

- **Les aciers austénitique au Chrome-Nickel:** ce sont des aciers caractérisé par la présence de 16 à 20% de Chrome et 7-12% de Nickel. Ils peuvent contenir éventuellement d'autres éléments tels que le soufre et le sélénium, qui facilitent la lavorazione par l'asportation de copeaux, de titane ou de niobium qui stabilisent le carbone pour éviter la formation de carbures de chrome.

Les austénitiques chrome-nickel disposent de **propriétés mécaniques pas élevée à température ambiante**, mais ils gardent ces propriétés à température très basses. En outre, ils ont aussi une **bonne résistance à la fatigue et à la corrosion** dans presque tous les environnements agressifs.

Pour cela ils sont très utilisés dans les **industries alimentaires et chimiques**, dans les **appareils médicaux**, dans les **utensiles de cuisine**.

- **Les aciers austénitiques au Chrome-Nickel-Molybdène** : caractérisé en composition chimique à partir de 16 à 18% de Chrome, de 10 à 18% de Nickel et 2,6% Molybdène.

La présence de ce dernier élément (molybdène) donne à ces aciers une **résistance particulière à la corrosion par pitting**, ce qui permet l'utilisation dans un environnement chimiquement agressif et également en présence de solutions contenant des ions de chlore.

L'excellente résistance à la corrosion des aciers de cette classe permettent leur utilisation dans la **fabrication d'installations pour la lavouration des nitrates, de la cellulose, des fibres naturelles et synthétiques**.

Ils sont également utilisés dans la **construction navale et l'industrie alimentaire** avec le traitement de produits particulièrement agressifs (mostarda, jus de fruits) et dans **l'industrie du vin**, pour le stockage des vins blancs et le vermouth, qui sont particulièrement sensibles à toute trace de fer dans le liquide.

- **Réfractaires**, ils se distinguent par des caractéristiques de **résistance mécanique** et de **résistance à la corrosion**, qu'ils vont garder même à des températures assez élevées.

Ils sont utilisés dans la **fabrication d'éléments de fours pour les traitements thermiques, fours et refroidisseurs pour l'usine de ciment, moules et équipements pour le traitement du verre, des collecteurs de moteurs à combustion interne**.

### **ACIERS INOXYDABLES AUSTENO-FERRITIQUES**

Communément appelé "**duplex**", ce sont des aciers ayant des parties de chrome toujours supérieur à 16% et d'autres éléments tels que le nickel, le molybdène, le manganèse et le silicium. Ils ont une **structure mixte de l'austénite et de ferrite**.

Ils offrent une bien meilleure **soudabilité** à celle des aciers ferritiques. Au même temps ils ont des **caractéristiques de résistance à la corrosion sous tension supérieure à celle des aciers austénitiques**.

Ils sont également **presque sans risque de corrosion intergranulaire**. Ils ont une **résistance à la corrosion par pitting** supérieur à celle des ferritiques et une **résistance à la corrosion en milieu fortement « acide »** semblable à celle des aciers austénitiques. Les **caractéristiques mécaniques** à température ambiante, sont supérieures à celles des ferritiques et la **résistance à la fatigue** est plus élevée que les aciers austénitiques.

Il en résulte l'intérêt qui est actuellement affiché à l'égard de ces aciers dans le cas **d'application dans le milieu marin**, fortement sujets à la corrosion, et aussi dans le cas de **traitement de substances alimentaires salés**.

## LE FINITIONS DE SURFACE

Que ce soit sur les produits finis de l'acier, ou sur les manufacts en acier inoxydable, **l'état de surface a une grande importance non seulement pour une question esthétique, mais également pour la résistance à la corrosion, intrinsèque au matériau.**

La résistance à la corrosion **va être beaucoup plus élevée en rapport au lissage et à la rugosité de la surface** en acier inoxydable.

En plus de ces facteurs, il faut tenir compte aussi, par exemple, de la **liaison** qui existe entre le **nettoyage et la finesse plus ou moins d'une surface**.

### Les principaux types de finitions:

- **Finition 2B**: c'est une finition avec l'utilisation du skin-pass. C'est un rouleau et son apparence est d'un **gris argenté et brillant**; est la **finition la plus courante pour la lamination à froid**.

- **Finition BA**: c'est une **finition à feuilles et bandes laminées à froid** obtenu par le traitement de recuit thermique, recristallisation ou solubilisation dans une atmosphère inerte après laminage et un dégraissage ultérieur. Compte tenu du type de traitement thermique, le matériau n'est pas oxydé et donc il n'y a pas besoin de l'opération de décapage et il conserve **l'aspect très brillant**, presque parfaitement spéculaire qui résulte du laminage à froid.

## LE "NEMI" DES ACIERS INOXYDABLES: LA CORROSION

Une des caractéristiques des aciers inoxydables et l'une des raisons de la propagation continue de leur utilisation est certainement leur **résistance à la corrosion**.

Toutefois, il serait faux de penser que ces matières peuvent détenir, dans tout les cas, l'ensemble de phénomènes de désintégration, appelé corrosion.

Leur résistance **dépend**, en fait, **de plusieurs facteurs**:

- les conditions intrinsèque (principalement par rapport à leur constitution analytique et structurelle) ;
- le type d'environnement dans lequel ils se trouvent ;
- la manière dont ils sont couplés les uns avec les autres ou avec d'autres matériaux ;
- les événements technologiques dans laquelle ils ont été soumis;
- les conditions de mise en œuvre ;
- les dessin des détails et l'ensamble en général ect.

Le **phénomène de la corrosion**, si on l'observe plus attentivement, il peut se présenter de façon différente donc il est très important de connaître le **mécanisme** et les **causes** qui l'en génèrent, afin de prendre les mesures appropriées dans le choix des matériaux à utiliser.

**Les types de corrosion, les plus dangereux**, ils sont généralement **localisés** et ceux qui peuvent donner lieu à la formation des **trous et fissures**.

Au contraire, **les phénomènes généralisés sont les moins dangereux**, ils se manifestent sous forme d'**agression progressive** et ils restent assez constants dans le temps. Ceci permet de déterminer, avec une approximation suffisante, la durée de la matière attachée par la corrosion. Cependant, le déterminer très précisément la **durée** d'un artefact placé dans un environnement « agressif », **il reste très difficile** parce que les paramètres qui déterminent la corrosion sont extrêmement **complexes et diversifiés entre eux**.

**Principaux types de corrosion:**

### **CORROSION GALVANIQUE:**

Elle se produit lorsque, en présence d'un électrolyte (une solution acide ou saline, l'humidité atmosphérique), **les deux différents éléments métalliques** ils sont **directement connectés les uns aux autres avec une continuité électrique**, en formant une véritable "pile".

Parmi eux celui qui **se corrodera le plus rapidement** sera celui qui sera **plus anodique**. Par conséquent, il n'est pas recommandé de fixer avec des clous, des vis en aluminium ou en acier commun, des pièces en acier inoxydable dans des environnements corrosifs. Il est pas recommandé de contaminer les aciers inoxydables avec d'autres matériaux plus anodiques, par exemple des aciers communs, vu que **de petites traces de ceux-ci seraient corrodées plus rapidement**.

**Il est toujours souhaitable**, par contre, lorsque il y a des conditions d'apparition de la corrosion galvanique, **joindre les aciers inoxydables avec d'autres parties d'acier inoxydable**.

### **CORROSION INTERSTITIELLE**

La corrosion interstitielle, connu aussi comme "**crevice corrosion**" est un type de **corrosion localisée** et elle peut survenir lorsqu'un **artefact présente des interstices** entre deux surfaces couplées. Elle se manifeste en présence de solutions contenant des ions, **tels que le ion de chlore**, dans les interstices créés par le contact de surface entre plusieurs objets, y compris organiques, de sorte que le fluide à l'intérieur de l'interstice ne sera pas remplacé avec celui externe.

Au départ, la solution à l'intérieur de l'interstice est la même qu'à l'extérieur et le courant anodique passif est équilibré par la réduction cathodique de l'oxygène. **En raison de les dimensions de l'interstice et du lent mouvement de diffusion de l'oxygène à**

**l'intérieur de l'écart, celui-ci est consommé et il est pas complètement remplacé par celui à l'extérieur.**

Lorsque tout l'oxygène est consommé dans l'interstice, le métal est encore passif, mais le courant de passivité à l'intérieur de l'interstice est bien équilibré par la réduction de l'oxygène extérieur et par conséquent il y a une séparation entre la zone anodique et la zone cathodique.

Le courant de passivité continue à transférer des ions de métaux à travers la couche passive, tandis qu'à l'extérieur le phénomène est équilibré par la réaction d'oxydoréduction, à l'intérieur nous assistons à l'hydrolyse des ions métalliques et à la migration des ions de chlore qui génèrent acidité, en amenant le pH à des valeurs toujours plus bas.

Lorsque le pH, à cause de l'hydrolyse acide des ions chlorure, atteint un seuil critique (ce qui dépend de caractéristiques intrinsèques du matériau), **on aura la ropture du film passif et donc elle va à commencer la corrosion en profondeur** avec une vitesse contrôlée par les chutes chimiques entre zone anodique (à l'intérieur du gap interstitiel) et zone de cathode (à l'extérieur du tissu interstitiel).

### **LA CORROSION PAR PIQUE (PITTING):**

La corrosion par pitting, appelé aussi "**pitting corrosion**" est une **corrosion localisée** qui se manifeste superficiellement avec de **petits trous, dans certains cas invisible à l'oeil humain**, ils sont entourés par un halo de couleur foncée et par une série de cavité sous-jacente qui se développent en profondeur. Le phénomène de corrosion est précédé d'une étape d'amorçage qui déchire le film d'oxyde protecteur en raison de l'état de surface de l'objet et de l'environnement dans lequel elle opère.

C'est une **corrosion "localisé"** qui pour ses caractéristiques est **très dangereux** car il **agit en profondeur sur des aréoles très restreintes**.

Ces effets peuvent facilement **échapper à une inspection visuelle** et le dommage avance sans obstacles **jusqu'à perforer la partie attaquée**.

Les facteurs **qui peuvent faciliter l'apparition** sont différents: une **rugosité de surface** (une surface lisse est beaucoup moins sujets à la corrosion), **des copeaux ou de contaminants ferreux**.

Des environnements typiques appropriés qui développent la corrosion par pitting sont **l'eau de mer** et en général **l'eau contenant des ions de chlore, en particulier si l'eau est stagnante**.

En général, en utilisant des **aciers spéciaux** à haute teneur en molybdène, il y aura **la résistance maximale à la corrosion**.

**D'autres moyens** peuvent être mis en place: assurer la **décontamination totale** des traces ferreuses **des surfaces**, employer des **inhibiteurs de corrosion**, **éviter** la présence d'**interstices** entre les surfaces de l'objet en contact avec le milieu agressif.

### **CORROSION SOUS CONTRAINTE:**

La corrosion sous contrainte aussi appelé **stress corrosion cracking** ou "**SCC**", est une **corrosion localisée** qui se produit lorsque, dans des conditions environnementales particulières, le matériau est soumis à l'action combinée d'une contrainte mécanique, **en particulier à la traction, et également un environnement assez corrosif** qui, en absence de l'état de tension, il aurait produit un type d'attaque différente.

Les fissures, généralement ramifiées même à l'intérieur du matériau, ont une tendance presque perpendiculaires à la direction de la contrainte de traction.

Il y a deux tendances:

Transgranulaires, lorsque les fissurations perçoivent la structure des grains.

Intergranulaires, lorsque les fissures se propagent le long des joints de grains.

C'est un phénomène de **corrosion localisée** très dangereux car il **se développe en profondeur et de manière très rapide**.

Généralement il a lieu sans aucun **signe d'alerte** particuliers et il **s'arrête lorsque la contrainte de traction s'arrête**.

La **cause** de l'apparition de ce phénomène est dû à des **états de contrainte extérieure, variations de température ou contraintes internes**, générée par déformation plastique telle que le pliage, le soudage, etc.

Les **précautions** à prendre, pour éviter l'apparition de ce type de corrosion, sont: **éliminer les tensions générées par l'usage, étudier avec précision pendant la phase de conception l'artefact ou l'installation**, de manière à éviter au cours de sa réalisation, à la fois pendant l'exercice, de générer des états de contrainte de traction.

Utiliser des matériaux conçus pour être intrinsèquement apte à résister mieux à ce type de corrosion «**SCC**».

### **CORROSION PAR FATIGUE:**

Elle se manifeste **sur toute la surface de l'élément** soumis à l'action de la contrainte cyclique et l'agression de l'environnement, avec **l'apparition des fissures**. Les environnements qui favorisent l'apparition de ce type de corrosion sont **l'eau de mer** et les **solutions de chlorures**.

Pour **éviter ce phénomène**, il est nécessaire de opérer simultanément dans des directions différentes: **dans le choix du type d'acier plus approprié** à utiliser et **dans la phase de conception** en essayant de **minimiser les phénomènes vibratoires** qui génèrent les états de sollicitations cycliques.

## **CORROSION INTERGRANULAIRE:**

C'est un type de corrosion **provoquée par des agents agressifs** qui attaquent les bords des grains de l'acier inoxydable si, après l'apparition d'événements thermiques, ils se révèlent être sensibilisés.

Un **acier inoxydable est également sensibilisé** quand il reste pendant une courte période, à certaines températures, qui provoquent au matériau **la perte** des caractéristiques de **résistance mécanique et de ténacité**.

La **température considéré dangereux** est comprise entre 450 °C et 850 °C pour les aciers inoxydables austénitiques, supérieures à 950 °C pour les aciers ferritiques et entre 250 °C et 1300 °C pour les aciers austénitiques stabilisée.

Pour **le risque de corrosion intergranulaire**, lorsque l'on travaille dans des environnements qui peuvent le provoquer, il convient de tenir compte de **certains avertissements**, tels que: **éviter l'utilisation de matériaux sensibilisés et employer des aciers inoxydables stabilisés** ou à faible teneur en carbone.

## **CORROSION PAR EROSION:**

Il est **originaire de l'écoulement d'un fluide**, même légèrement corrosif, quand sur la surface en acier inoxydable **sont présentes des particules solides** susceptibles de provoquer l'usure mécanique.

C'est le cas de **l'eau salée** ou d'**échappement** contenant des particules abrasives en suspension. L'attaque se produit beaucoup plus fortement si la quantité de solide en suspension dans le fluide est majeur. Il se produit en particulier, en correspondance de **virages à rayon serrés de tuyaux, dans les greffons à "T", pompes centrifuges et sur les hélices de turbine**.

Pour **éviter ce type de corrosion** il est nécessaire de **préparer un dessin très détaillé des toutes les parties**, en évitant les mouvements turbulents du fluide, les changements brusques de direction de la vitesse d'écoulement et éviter ou de réduire la présence de solides en suspension.

*[Évidemment, lorsque cela est impossible, il est nécessaire de **choisir entre les aciers inoxydables ceux ayant une plus grande résistance à la corrosion ou une bonne résistance à l'usure.**]*

Il ne faut pas oublier que les aciers inoxydables ont généralement une **bonne résistance à ce type de corrosion** et sont capables de **résister à la vitesse des fluides beaucoup plus par rapport à d'autres alliages**.

## **CORROSION PAR CAVITATION:**

Il se produit par **attaque de la surface métallique d'un fluide**, même en absence de particules solides abrasives, **pour des raisons purement dynamiques des fluides**, lorsque la vitesse fluide/paroi est **très élevée**.

C'est dans ces conditions qu'elle peut se produire sur des **pompes, des turbines, des hélices, sur les pièces en rotation ou soumises à des vibrations dans un fluide**, il peut se former des zones de **basse pression** qui génèrent des **bulles** dans le fluide.

Elles se forment et éclatent avec une extrême rapidité **en générant des ondes de choc**, capables d'accélérer le phénomène de la corrosion, ce qui a par conséquence une origine essentiellement **mécanique**.

Les méthodes pour surmonter ce problème sont: **prévoir**, lors de la planification du projet, la **conception de la dynamique des fluides** de façon à éviter l'apparition d'un phénomène de cavitation. Autrement utiliser des aciers avec des considérables caractéristiques **élastoplastiques** ou d'aciers austénitiques ou des aciers inoxydables de haute **dureté et résistance**.

## **CORROSION PAR CONTACT:**

Elle peut se produire lorsque **deux surfaces non-lubrifiées**, dans un environnement atmosphérique, sont **diversement en contact entre elles**, pressées l'une contre l'autre de manière à provoquer de petites déformations, soumises à des vibrations ou, en tout cas à un cyclique frottement continu, de largeur même limitée.

Ce phénomène a origine **en raison de la destruction mécanique localisée de la couche passive**.

Il se présente avec **l'apparition des petites surfaces qui ressemble à des « ulcères vaioliforme »**.

**Pour éviter** ce type de corrosion on tente de **modifier**, dans la mesure du possible, **le régime de circulation entre les parties**, en empêchant le frottement entre eux, ou au moins en augmentant l'amplitude même.

On peut également avoir une **bonne lubrification** avec des fluides de viscosité appropriée, étendus sur toute la surface de contact, ou en interposant entre les pièces avec de bonnes caractéristiques plastique.

On cherche ainsi **à se déplacer en dehors des conditions critiques de la formation du phénomène**.

## CONCLUSION

Les aciers inoxydables sont de matériaux qui sont utilisés pour de nombreuses applications dans différents domaines dans lesquels il est important la résistance à l'agression dans des environnements différentes.

Pour choisir au mieux la meilleure alliage, est très importante connaître les principaux facteurs qui

ils vont déterminer la résistance à la corrosion et d'autres aspects qui peuvent aussi déterminer le départ.

Parcontre, le reconnaître le type de phénomène corrosif qui est survenu, est certainement basilaire pour être en mesure de pouvoir intervenir correctement. Donc, en retournant au champs d'application, c'est à dire ceux des ancrages "chiper", il est important de noter que pour chaque cas spécifique, il faut choisir en relation aux différents types de corrosion et identifier quels seront les matériaux adaptés à notre cas.

Comme on peut le voir à partir des différents types d'acier inoxydable mentionnés ci-dessus ceux qui seraient probablement utiles à notre cas sont ceux à matrice "biphasique", appelé aussi "duplex" donc les aciers austénitiques-ferritiques, car ils offrent certainement les meilleures performances de résistance mécanique et résistance à la corrosion.

On a des plusieurs variations sur le marché et certaines usines spécialisées ne fabriquent aussi des plus spécifiques et innovants.

En général, ces aciers biphasique sont :

- Les aciers inoxydables duplex
- Superduplex
- Super austénitique comme:
  - AISI 904L
  - AISI 2205
  - Hastelloy
  - Incoloy
  - Inconel
  - Monel

Et beaucoup plus ....

Notre société a décidé d'aborder le problème de la corrosion en étudiant attentivement le monde commercial des entreprises offrant ce type de produits sur le marché et on a constaté que ces aciers spéciaux apportent de graves problèmes.

Tout d'abord, la difficulté d'approvisionnement étant "spéciaux", leur production est relativement limitée. Les éléments d'alliage, généralement formés dans des pourcentage élevés, et leur coût élevé ont également déterminé une forte limitation de la disponibilité des mesures et des bases disponibles.

Beaucoup entreprises de distribution gardent en stock seulement les mesures et les sections qui sont les plus fréquemment demandées.

D'autant plus que, maintenant, les choix stratégiques, sont ceux de pas faire magasin pour le nombreux facteurs que le détermine.

Malheureusement, la plupart des éléments que notre société produit sont faits en utilisant des barres tirées (treillage) de petit diamètre (16mm / 18mm environs) et ceux-ci sont les plus difficiles à trouver. On peut les obtenir, mais sur commande spécifique et en grandes quantités.

La tôle qui sert pour la production des plaquettes, comme état de livraison, dans ce type d'acier nous n'arrivons même pas à la trouver et ne savons même pas si elle est disponible en quelque part...

Il ne fonctionne pas bien du tout, parce que notre entrepôt a besoin en revanche de beaucoup de souplesse et de peu d'inertie dans les achats.

La situation encore plus grave est le prix de ces alliages en effet très élevé pour des raisons valables que nous n'allons pas à énumérer ici.

Le matériau idéal serait le titane, car il offre une résistance exceptionnelle à la corrosion, mais il a aussi un prix monstrueux ainsi que les mêmes problèmes d'approvisionnement ci-dessus.

Pour ne citer qu'un exemple: combien de grimpeurs seraient en mesure d'acheter à la fin des produits finaux nécessairement si chers?....ect.

La production et la vente des aciers inoxydables se limite principalement sur deux types canonique: l'AISI 304 et l'AISI 316. Ils sont également disponibles dans la version "L" qui signifie "low carbon" ou à faible teneur en carbone.

Rejeté le 304 pour des raisons connues et bien examinées, notre entreprise a finalement choisi pour réaliser tous ses ancrages, l'acier inoxydable AISI 316L ( EN 10088/3 : X2CrNiMo 17-12-2 - / - W. 1.4404 ) pour sa qualité et les caractéristiques.

Cela a été un choix soigneusement motivé, fondamentalement, il n'y avait pas d'alternative.

Il est certainement difficile de voir sur le marché des ancrages en acier et les proposer en tant que super-spéciaux.

L'acier inoxydable AISI 316L est excellent et coûte beaucoup plus que le 304 car il a des éléments dans l'alliage qui le rende beaucoup plus résistant à la corrosion marine.

Ses *principales* caractéristiques sont:

- Faible teneur en Carbone ( C ). Pour cette raison, il est pratiquement insensible à la corrosion intergranulaire. Le traitement après soudage n'est pas nécessaire. Il ne se produit pas le phénomène de précipitation de carbures de chrome dans la matrice et par conséquent la couche protectrice d'oxyde reste inchangée.
- Il y a la présence d'un pourcentage (2-2,5%) de molybdène (Mo). La présence de cet élément augmente la stabilité de la couche passive dans des environnements contenant des concentrations élevées de chlorures. Il est un élément "ferritizante"

et donc augmente la résistance à la corrosion (corrosion caverneuse) et à la fissuration de corrosion.

- Le pourcentage élevé de chrome (Cr) augmente la résistance à la corrosion par "pitting".
- Le contenu de nickel (Ni) fournit une excellente ductilité et ténacité élevée, une bonne résistance à la corrosion dans les environnements peu oxydants (corrosion caverneuse).
- La présence d'autres éléments de stabilisation dans l'alliage en tant que silicium (Si), le manganèse (Mn), le phosphore (P), le soufre (S) et d'azote (N) donnent à la structure moléculaire un excellent équilibre entre les différents composants.

Il est donc objectivement un bon matériel pour faire des ancrages à positionner dans un environnement marin, peut-être le meilleur compromis. Mais **ATTENTION**, à la fin il a toujours un compromis, il n'existe pas un matériau parfait contre toutes les formes de corrosion!

Pour qu'il devienne un "bon" matériel pour cette utilisation, il faut agir sur deux fronts: l'un est interne à l'entreprise dans la phase de production et l'autre par l'utilisateur final, l'outilleur qui va le placer sur les falaises de la mer.

En tant que société, nous avons créé à cet égard, une partie spéciale de produits en acier AISI 316L, la soi-disant "Ligne Marine", impliquant des traitements et des finitions spéciales qui améliorent de manière significative la résistance à la corrosion marine. Malgré ce type d'acier par sa nature, il ne nécessite pas d'un traitement thermique particulier, nous avons décidé d'appliquer le même.

Ceci est appelé "**trempe de solubilisation**". Ce processus consiste de traiter le matériau fini, dans un four, à une température de solubilisation des carbures de chrome (environ 1050°C) et de le jeter tout à coup dans l'eau.

Le chrome est ainsi réparti de manière homogène dans la matrice, ce qui permet au métal la formation optimale du film de passivation d'oxyde de protection.

Après cette opération, les pièces sont correctement **décapées** en les trempant dans un acide spécial. Ceci est fait pour "nettoyer" et détruire complètement tous les éléments perturbateurs du au chauffage et à la contamination possible des morceaux.

Après le lavage les produits sont finalement immergés dans une autre solution acide à base d'acide nitrique pour créer artificiellement l'épaisseur idéal d'oxyde adsorbé, ou "**passivation**".

Maintenant, les ancrages sont prêts à affronter les attaques corrosives dans les meilleures conditions.

Un point un peu douloureux: ils coûtent un peu plus...

Alors le deuxième front est de travailler sur le grimpeur /outilleur lui-même qui doit prendre soin de procéder à la mise en place des ancrages, en suivant quelques règles de base.

Nous allons les énoncer.

En premier lieu vous devez prendre soin d'éviter toujours l'utilisation d'ancrages composite, faits de matériaux différents. Par exemple, vous ne devez pas utiliser des plaquettes en acier inoxydable et des ancrages en acier zingué et au contraire.

Dans un environnement agressif, vous aurez les effets de **corrosion galvanique**.

L'acier inoxydable est un matériau noble qui agit comme une cathode et le fer galvanisé et d'autres métaux (tels que l'aluminium) en tant qu'anode. Très vite, le fer attaqué par la rouille, il rouillira en contaminant l'acier inoxydable même, déclenchant la "**corrosion par pitting**" (Sans compter que la pièce de fer a été détruite ...)

Évitez autant que possible une contamination de l'acier inoxydable avec des métaux ferreux de toute nature.

Par exemple même dans le battre sur la tête de la cheville pour l'introduire dans la roche avec un marteau de fer, on va bien sûr à libérer des petites traces de métal qui vont bientôt se transformer en des taches de rouille qui peuvent, à long terme, déclencher la corrosion.

La même chose arrive si vous allez placer sur une plaquette un mousqueton en fer ou une maille rapide zingué.

Il y a plusieurs cas limites. Dans certaines zones de la Sardaigne, par exemple, mais aussi dans de nombreuses autres régions, les parois des falaises sont rougeâtres et c'est un signe très clair d'occlusion de type ferreux.

Eh bien (en vérité assez mal...) opérer des trous sur ces murs signifie diminuer, au départ, la résistance à la corrosion. Dans ces zones, vous devrez avoir une attention particulière. Le choix des ancrages doit être prudent en évitant les types qui, par leur nature, ont des handicaps intrinsèques, structurelles et dans leurs formes, comme les ancrages à expansion, les fix.

Le mode d'emploi pour fixer ces ancrages prévoit les étapes suivantes: le perçage et à suivre le nettoyage de trou dans la roche, l'introduction de la cheville avec la plaquette correspondante et le serrage final de l'écrou avec le couple approprié, du même type.

Regardons une section imaginaire. Nous allons voir la roche. Nous allons voir l'ensemble qui sort avec ses fils et à proximité la plaquette retenue par l'écrou, le tout sous tension.

Une des possibles corrosion qu'il peut arriver dans un environnement agressif (nous insistons sur le mot "agressif") il sera pratiquement mortelle et c'est à dire: une possible **corrosion interstitielle**. Dans la première partie du trou, légèrement évasée, l'eau de mer dépose de petites quantités d'eau salée et la plaquette tendra à protéger la zone du rechange et du séchage. Par conséquent l'oxygène va à manquer dans la petite place que sera par contre toujours occupé par l'eau stagnante. Ce dernier va libérer des ions chlorure etc.

La couche de passivation au fil du temps va à se briser et on va à commencer le phénomène corrosif, dramatiquement rapide.

Outre problème est le fait que l'ensemble/plaquette est en fait toujours sous tension et donc (dans un milieu agressif) on se peut vérifier le phénomène de détérioration par "tensocorrosion". En fin, par la nature même de l'ancrage, une utilisation intense du même il peut provoquer la naissance de ce problème de corrosion "**par fatigue**".

Qu'à faire alors? Beh, dans ce cas il peut être utile d'identifier des ancrages que dans la plupart des cas, ils vont éliminer ces problèmes à l'origine. Nous croyons que les ancrages "résinés" sont une excellente solution. Les diamètres recommandés seront de minimum 10 mm mais ce qui est idéal sont ceux de 12 mm.

La profondeur d'insertion a peu d'importance, il faut appliquer les règles générales qui tiennent compte de la nature de la roche.

Pour réaliser un travail de qualité, l'ouilleur devra prêter très attention à produire un travail final de qualité. Tout d'abord, en choisissant un ancrage de "ligne marine". Le placement sera fait à la perfection, ca veut dire, en plongeant, autant que possible, l'ancre dans le trou dans la roche, aussi la partie en contre-dépouille de la fente, en impermabilisant bien avec la résine sur toute la longueur de la tige et en particulier à proximité de l'extérieur de manière à isoler parfaitement le début du trou de la possibilité d'infiltrations d'eau chlorée.

La partie extérieure de l'ancrage sera clairement visible et facile à contrôler.

L'ancrage est par nature absolument pas en tension (effet tenso corrosif nul) et le positionnement recommandé, annule également les problématiques de travail avec fatigue et lors de l'utilisation il ne se produisent pas de fluctuations cycliques notables.

Il n'y a pas de compromis sur la sécurité et il sera bien de ne jamais négliger un point clé: **Jamais s'assurer sur un seul ancrage!!** Si cela est basilare dans un environnement montagnard, en général, dans le milieu marin il est fondamental. Il est essentiel de pouvoir compter sur au moins deux ancrages concomitantes. Si ils ne sont pas présent sur place, vous devez toujours les créer par vous- même, peut-être en les reliant entre-eux avec un morceau de corde ou cordelette. Cela va de votre vie!

Attention enfin, l'alpinisme, l'escalade, la spéléologie, le canyoning et toutes les activités en hauteur, ils sont intrinsèquement dangereuses et dans de nombreux cas ils peuvent entraîner des blessures graves, voire mortelles. L'apprentissage des techniques adéquates et des mesures de sécurité est indispensable et s'effectue sous votre seule responsabilité. La société RAUMER srl décline toute responsabilité à partir de maintenant.

Schio, Avril 2013