

# CORROSION MICROBIOLOGIQUE DANS LE SOUDAGE DE L'INOX

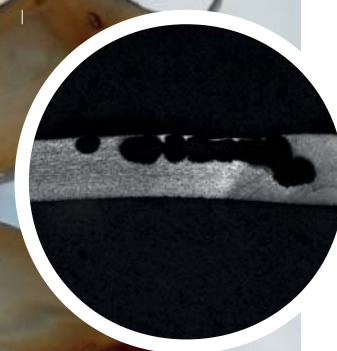
CAUSE, DEGATS ET REMEDES

La corrosion est un phénomène de dégradation en vertu duquel un métal est attaqué par son environnement. Les formes de corrosion possibles sont nombreuses, telles que la corrosion perforante et la corrosion sous tension. Dans cet article, nous nous focalisons sur la corrosion influencée par les micro-organismes (MIC, 'Microbiologically Influenced Corrosion'). La MIC est essentiellement une menace très sérieuse pour le soudage de l'inox. Avant d'entrer dans les détails, nous commentons la présence de micro-organismes dans l'eau.

Jens Conderaerts, Institut Belge de la Soudure

## MICRO-ORGANISMES DANS L'EAU

La vie microbologique est partout: les germes et les cellules sont si petites qu'ils ne sont pas perceptibles à l'œil nu. Néanmoins, la qualité de l'eau est testée quant à la présence de germes. On mesure ceci à l'aide du paramètre taux de germination, une indication de la quantité de bactéries présentes dans le jet d'eau. L'unité est cfu par ml ('colony-forming units'). Plus le taux de germination est élevé, plus la présence de micro-organismes est grande. Il ressort des données que le taux de germination varie fortement selon le type d'eau. Le tableau 1 montre le taux de germination moyen et le taux de germination minimum et maximum mesuré pour e.a. l'eau de pluie, l'eau de surface et l'eau de puits ouvert. D'emblée, on note la moyenne élevée du taux de germination pour l'eau de puits ouvert et l'eau de drainage. Ces valeurs se situent dans l'ordre de grandeur de 10<sup>5</sup> à 10<sup>6</sup> germes par millilitre. En guise d'indication, nous précisons encore que, pour la région de Gand en 2017, la valeur moyenne atteint seulement 9 cfu/ml (source: Farys).



Grande photo: tube ouvert en inox 316L. Pustules de corrosion brunes sur les soudures. La conduite montrait des fuites dues à la MIC. Remarquez aussi les modèles de taches brunes consécutives à l'écoulement dans la conduite. Photo incrustée de gauche: vue sur l'intérieur d'une soudure en inox 316L. Taches de corrosion brunes sur et à côté de la soudure. Photo incrustée de droite: coupe métallographique de la soudure en inox qui a échoué à cause de la MIC. Remarquez l'attaque en forme de tunnel sous la surface

## INTERACTION ENTRE MICRO-ORGANISMES ET METAUX

De nombreux types d'eau remplis de micro-organismes semblent exister. Si une telle eau contaminée entre en contact avec un système métallique, les micro-organismes se déposent sur la surface et se mettent à croître et à proliférer. Les micro-organismes séparent aussi les produits par leur échange de matière. De cette manière, il se crée un biofilm, qui n'est pas uniforme, ni dans l'espace, ni dans le

	NOMBRE ECHANTIL.	TAUX GERM. MOY.	TAUX GERM. MIN.	TAUX GERM. MAX.
EAU DE PLUIE	14	33.504	473	284.545
EAU DE SURFACE	15	17.480	22	97.273
EAU PUIITS OUVERT	52	180.628	11	2.860.000
EAU DE DRAINAGE	12	323.313	455	1.380.000
EAU SOUTER. PROF.	36	35.691	1	1.200.000
EAU SOUTER. PEU PR.	1	4.000	-	-

Tableau 1: le taux de germination pour différents types d'eau (source: [www.watertool.be](http://www.watertool.be))  
Taux de germination mesuré à 22 °C et exprimé en cfu/ml

	DENSITE BACTERIENNE TOTALE	PSEUDOMONAS	BACTERIES QUI OXYDENT LE FER
SOUDURE ATTAQUEE	3,0 x 10 <sup>6</sup>	2,4 x 10 <sup>6</sup>	1,4 x 10 <sup>5</sup>
SOUDURE NON ATTAQUEE	2,0 x 10 <sup>5</sup>	8,0 x 10 <sup>5</sup>	3,8 x 10 <sup>4</sup>
MATERIAU DE BASE	2,4 x 10 <sup>4</sup>	2,0 x 10 <sup>4</sup>	9,4 x 10 <sup>4</sup>

Tableau 2: résultat des mesures de la concentration de micro-organismes sur les soudures inox 304 après une année d'exposition à l'eau. Exprimé en cfu/cm<sup>2</sup>

temps. En d'autres termes, le biofilm peut être plus épais à un endroit et l'épaisseur peut aussi varier dans le temps. Une étude précédente a noté que l'épaisseur du biofilm peut atteindre après trois jours 100 µm dans un environnement lumineux et 30 µm dans un environnement sombre. Par la présence du biofilm, l'environnement sous le biofilm peut dès lors être différent de l'eau dans la conduite. Différents types de micro-organismes peuvent jouer un rôle dans la MIC, comme:

- Bactéries réductrices de sulfate (SRB);
- Bactéries oxydant le soufre;
- Bactéries oxydant le fer;
- Bactéries oxydant le manganèse;
- Bactéries produisant de l'acide;
- Micro-organismes méthanogènes;
- Pseudomonas.

Toutes ces familles de bactéries ont leurs propres caractéristiques. Ainsi, les bactéries réductrices de sulfate convertiront le sulfate en sulfure, ce qui peut attaquer plus vite le fer. De cette manière, les bactéries peuvent influencer indirectement la corrosion. Souvent, cette influence est négative et la corrosion est accélérée, mais certaines bactéries ont aussi un effet retardateur de corrosion, par exemple en produisant des substances pouvant protéger le métal.

## MIC DANS LE SOUDAGE DE L'INOX

Lorsqu'un biofilm peut se former dans une conduite en inox, ceci peut entraîner une sérieuse attaque. L'attaque est locale et se situe quasi toujours dans la zone avec la soudure. Les photos sur la page précédente montrent quelques exemples de soudures dans l'inox qui ont échoué à cause de la MIC. Les pustules de corrosion brunes dans la zone de soudure sont typiques de ce phénomène. Bien que la perforation à la surface n'excède souvent pas la taille d'une tête d'aiguille, on observe une très grande cavité sous la surface. Ceci est confirmé au moyen d'une coupe métallographique au-dessus de la soudure, comme dans l'exemple dans la photo ci-contre. Ici, nous constatons aussi l'attaque en forme de tunnel, très caractéristique de la MIC pour l'inox.

La vitesse de l'attaque est extrêmement élevée, à savoir jusqu'à 1,5 mm par mois. Un tube ayant une épaisseur de paroi de 5 mm peut déjà montrer des fuites après quelques mois.

## POURQUOI LA SOUDURE INOX EST PLUS SENSIBLE A CE PHENOMENE?

Le soudage modifie la structure du métal. Ceci crée des modifications locales dans le pourcentage des éléments d'alliage, comme le chrome et le molybdène. Comme ces éléments contribuent précisément à la protec-

tion de la corrosion de l'inox, ces modifications feront en sorte que la soudure devienne l'endroit le plus sensible dans la conduite. Des couleurs de revenu peuvent aussi être présentes ('heat tint'), elles diminuent aussi la résistance à la corrosion.

Pour terminer, la soudure est typiquement une zone à rugosité plus élevée que la surface du matériau de base et le biofilm peut donc s'y accrocher plus facilement.

## DANS QUELS SYSTEMES SURVIENT LA MIC SUR L'INOX?

La plupart des cas de MIC sont constatés dans des systèmes inox nouvellement installés dans lesquels un test de pression a été effectué, puis l'eau n'est pas évacuée et le système n'est pas séché. Dans l'eau stagnante, les bactéries ont toutes les chances de former des colonies. Sous le biofilm, se créent les conditions spécifiques qui attaqueront l'inox. En général, la MIC sur l'inox peut se produire dans tous les cas où l'eau contaminée est restée longtemps en contact avec l'inox, par exemple dans les systèmes d'eau de refroidissement ou les systèmes qui traitent les eaux usées. Il s'agit couramment d'eau stagnante, parce qu'un biofilm ne peut pas se former si vite si l'eau s'écoule sur la surface.

## COMMENT ETRE CERTAIN QUE LA MIC EST LE MALFAITEUR?

Vous pouvez obtenir une confirmation du phénomène de dégâts en faisant analyser les dégâts. L'Institut Belge de la Soudure (IBS) possède une large expérience dans l'observation de ce phénomène. Les illustrations de dégâts typiques telles que dans les photos sont combinées avec une analyse microbiologique de l'eau de distribution et/ou le produit de corrosion.

De cette manière, la MIC est dissociée des phénomènes tels que la corrosion perforante et la corrosion sous les dépôts. Des teneurs à partir de 10<sup>5</sup> à 10<sup>6</sup> cellules de bactéries par gramme de produit de corrosion sont considérées comme une confirmation de l'influence des bactéries dans le phénomène des dégâts. Ceci ressort aussi d'une étude précédente au cours de laquelle les soudures en RVS 304 ont été exposées à l'eau pendant un an et ensuite, la quantité de bactéries a été mesurée. Il est apparu que les soudures attaquées montraient environ cent fois plus de micro-organismes que le matériau de base sans traces d'attaque. Dans cette étude, on a également examiné l'influence de certaines familles de bactéries et on a constaté que les Pseudomonas et les bactéries qui oxydent le fer, ont surtout contribué à l'attaque, voir tableau 2.

## REMEDES

Si la MIC est constatée, il est important de réparer les endroits attaqués et d'éliminer du système la vie microbologique. Ceci est possible par le rinçage avec des substances bactéricides telles que l'hypochlorite de sodium ('javel'). Un rinçage à l'eau avec l'ajout d'acide citrique (HNO<sub>3</sub>) est également envisageable, parce que ceci tue les bactéries, mais peut aussi passiver la surface de l'inox.

Effectivement, il vaut mieux prévenir que guérir et dans les tests de pression, on doit veiller à utiliser de l'eau propre. L'eau de ville est considérée comme une eau assez propre, telle que décrite dans l'API 570. S'il s'agit de systèmes très critiques, on doit toutefois utiliser une eau très propre. Parfois, dans ce cas, on prescrit une eau stérilisée et déminéralisée pour exécuter le test de pression.

Cependant, il n'existe pas d'unicité dans les normes quant à l'eau à utiliser. Si l'API 570 prescrit une eau potable (avec dès lors maximum 250 ppm de chlorure), l'EN 14015 stipule d'utiliser pour les tests de pression des citernes en inox une eau avec maximum 25 ppm de chlorure. L'ASME B31.3 indique seulement 'de prêter attention au phénomène de MIC dans le choix de l'eau'.

Le choix de l'eau pour un test de pression est donc un important point d'attention, mais plus important encore est de drainer et bien sécher le système après le test de pression, pour éviter des résidus d'eau.

Viser une bonne qualité de soudure est naturellement aussi un impératif, mais la MIC peut même apparaître sur des soudures de grande qualité. Des soudures parfaites ne sont donc certainement pas une garantie de non-émergence de MIC.

## CONCLUSION

La corrosion influencée microbiologiquement peut représenter une sérieuse menace pour les installations en inox; essentiellement lors des tests de pression de ces systèmes. Comme l'attaque peut se produire rapidement, à savoir jusqu'à 1,5 mm de perforation par mois, la menace est à prendre au sérieux. Le problème peut être évité si les bonnes mesures sont prises, comme l'utilisation d'eau propre pour les tests de pression et le drainage et le séchage après les tests de pression. Pour présenter un remède précis, il est très important de confirmer que la MIC est le malfaiteur. L'IBS assiste les entreprises dans cette analyse. □

## CONTACT

Prenez contact sans engagement si vous rencontrez un problème dans un système tel qu'une fuite, une attaque ou une déchirure. L'IBS étudie la cause et conseille pour remédier ou prévenir.

Jens Conderaerts  
[jens.conderaerts@bil-ibs.be](mailto:jens.conderaerts@bil-ibs.be)