

# SOUDURES ANEANTIES PAR LA CORROSION

## DOMMAGES ET RECOMMANDATIONS

Des dommages dans des constructions soudées peuvent être causés par la corrosion. La corrosion en est-elle la cause ou ces dommages sont-ils imputables à la conception ou l'exécution de la soudure? L'IBS réalise des analyses de dommages des soudures et de dommages dus à la corrosion. Ceci permet d'avoir une meilleure vue sur les types de corrosion, les causes et d'établir des recommandations pour une meilleure prévention. Nous présentons quelques cas de dommages par corrosion avec des soudures. Quelques conseils pour une bonne conception et exécution des soudures.

 Dr. ir. Nele Van Caenegem, IBS-BIL

(Traduction: M.C. Ritzen – IBS-BIL)

## CONCEPTION

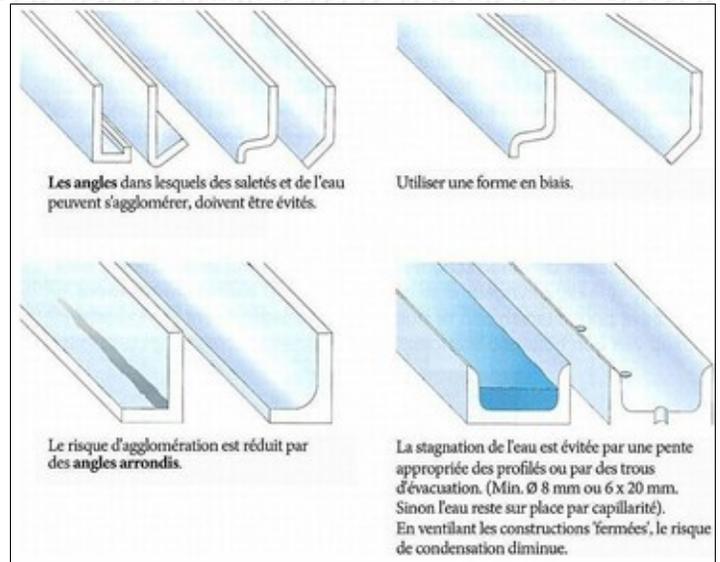
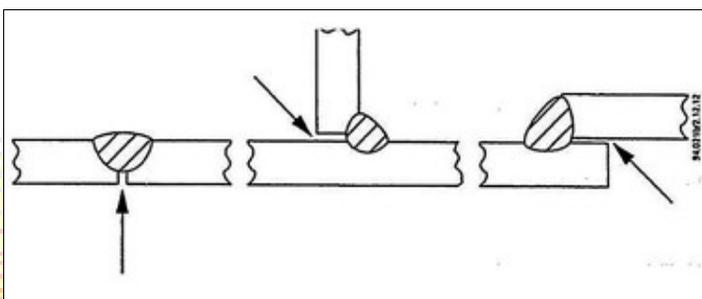
Les problèmes de corrosion commencent déjà à la table de dessin. Le concepteur doit tenir compte de l'environnement et faire un bon choix de matériau. Dans le cas de combinaison de différents matériaux, il faut garder à l'esprit le risque de corrosion galvanique. Lors de la conception, les angles dans lesquels des saletés et de l'eau peuvent s'agglomérer, doivent être évités (**Figure 1**). Il est préférable d'utiliser une forme en biais. Le risque d'agglomération de saletés est réduit par des angles arrondis. La stagnation de l'eau peut être évitée en prévoyant une pente appropriée ou des trous d'évacuation. En ventilant les constructions, le risque de condensation diminue. Le concepteur doit veiller à ce que chaque angle et courbe soit accessible pour les contrôles ultérieurs, pour la mise en couleur éventuelle ou pour des remplacements éventuels. Les courbes nettes ou les rétrécissements doivent être évités lors du transport de gaz ou de liquides. La conception de la soudure est également importante: le choix d'une soudure d'angle, une soudure bout à bout, une pénétration complète ou non. Les interstices dans la soudure

peuvent accélérer l'apparition de la corrosion (**Figure 2**). Il vaut donc mieux une pénétration complète qu'une soudure d'angle. Dans le cas d'une soudure à recouvrement, l'autre côté de la soudure doit également être bien étanche.

## EXÉCUTION

Après la conception, l'étape suivante est de veiller à ce que le matériau livré corresponde au matériau choisi. Il arrive bien souvent qu'on choisisse d'utiliser un AISI 316, mais qu'un AISI 304 soit livré. Pour des raisons d'économie ou de disponibilité, l'acheteur peut avoir fait un autre choix que le concepteur. La qualité de la soudure peut également être à l'origine d'éventuels problèmes futurs de corrosion. Des soudures rugueuses et des cratères/porosités dans la soudure peuvent donner lieu à de la corrosion accélérée à cause de turbulences, érosion, agglomérations, ... Un traitement après soudage comme le polissage, le décapage et la passivation de l'acier inoxydable, limite le risque de corrosion. Un contrôle visuel avant l'utilisation de la construction soudée peut déjà limiter le risque de corrosion.

**Figure 2:** interstices lors de la conception de la soudure



**Figure 1:** recommandations conceptuelles

## UTILISATION

Lors de l'utilisation, il faut vérifier que les conditions d'utilisation telles que prévues lors de la conception, soient bien respectées. Il arrive souvent qu'on augmente les températures, les pressions ou les vitesses afin d'améliorer le rendement et ce, au détriment de l'installation.

couple galvanique. Le métal le moins noble va rapidement corroder. Le contact, dans un liquide, entre un métal noble et moins noble doit être évité. S'il le faut, un matériau d'isolation doit être appliqué entre les deux. Si le contact direct est inévitable, le métal ayant la plus petite surface doit être le plus noble.

## MAUVAISE CONCEPTION

### Corrosion caverneuse

Les métaux passivables, comme l'acier inoxydable, sont plus sensibles à la corrosion caverneuse que l'acier courant (acier au carbone). La **Figure 3** présente une coupe d'une soudure dans une chaudière. Celle-ci a été construite avec un joint à recouvrement où s'entassent des saletés et stagne de l'eau. Il est recommandé d'utiliser un joint bout à bout. Un autre exemple de corrosion caverneuse est l'utilisation de soudures par points pour assembler deux tôles. Dans un milieu corrosif, il est recommandé d'appliquer des soudures d'étanchéité.

### Corrosion galvanique

Deux métaux différents et reliés l'un à l'autre dans un électrolyte forment un

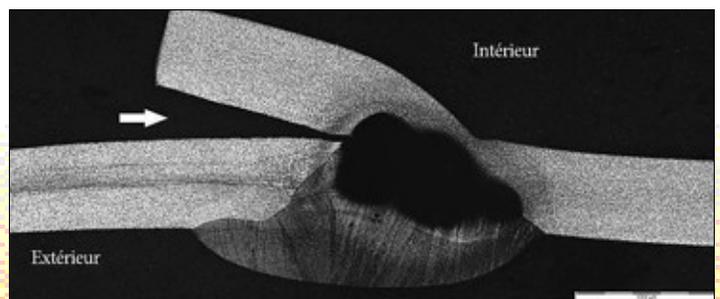
## MAUVAISE EXECUTION

La **Figure 4** montre la formation de rouille le long des lignes de polissage sur une tôle en acier inoxydable. Un même disque de polissage avait été utilisé pour l'acier au carbone et pour l'acier inoxydable. Les particules de fer commencent à rouiller sur la surface de l'acier inoxydable et attaquent la couche de passivation de l'acier inoxydable. Un atelier de traitement de l'acier inoxydable doit être séparé de celui de traitement de l'acier au carbone; la prévention minimale est d'utiliser des outils bien distincts.

### Corrosion par impact

La **Figure 5** est également un exemple de corrosion due à une mauvaise qualité de soudure. On distingue une pénétration irrégulière (pas de pénétration et surépaisseur).

**Figure 3:** corrosion caverneuse dans une chaudière en acier inoxydable



Ceci provoque des turbulences dans le liquide ce qui fait apparaître de la corrosion par impact: attaque du matériau juste avant la soudure.

### Corrosion inter cristalline

Lors de l'échauffement d'un acier inoxydable austénitique entre 450°C et 850°C (ou donc refroidissement lent lors du soudage), des carbures de chrome peuvent se former aux joints des grains. La teneur en Cr dans les grains peut atteindre un pourcentage inférieur à 12 %, ce qui entraîne une résistance moindre à la corrosion. Ceci peut donner lieu à de la corrosion inter cristalline. Afin d'éviter ce type de corrosion, le temps de séjour dans le domaine critique de températures peut être réduit. Les carbures formés peuvent être à nouveau dissous par un traitement thermique à haute température (1.020°C – 1.150°C) et un refroidissement rapide peut empêcher, en grande partie, la formation de carbures de chrome. De plus, la teneur en carbone dans l'acier inoxydable peut être diminuée (< 0,03%) de telle sorte qu'aucun carbure ne puisse se former: p. ex. utilisation d'un AISI 304L. L'addition d'éléments stabilisateurs (Ti, Nb) évitera également la formation de carbures de chrome. Il se formera plutôt des carbures (et nitrides, carbonitrides) de Ti et Nb: p. ex. utilisation d'un AISI 316Ti.

### Corrosion sous contraintes

La corrosion sous contraintes apparaît quand une certaine combinaison de tensions de soudage, milieu, matériau et température est présente. En fonction de la combinaison milieu et métal, ces fissures peuvent être inter cristallines (le long des joints des grains) ou trans cristallines (transversales aux grains). La combinaison de tensions de soudage et d'une température élevée dans un acier au carbone, dans un milieu caustique, peut donner lieu à de la corrosion sous contraintes inter cristalline (**Figure 6**). Dans un acier inoxydable, les fissures de contraintes peuvent être trans cristallines à cause de chlorures à une température supérieure à 60 °C. Une solution à ce problème est de modifier un des quatre paramètres (milieu, matériau, température et contraintes). Les contraintes de soudage peuvent être diminuées par un recuit de relaxation après soudage.

### MAUVAISE UTILISATION

#### Corrosion uniforme

La corrosion uniforme apparaît souvent après modification du milieu. Bien souvent, cette modification se fait sans que l'utilisateur ne s'en rende compte. Un exemple est une installation de refroidissement en inox qui a rendu service pendant de nombreuses années. Après un déménagement, des fuites sont

apparues dans l'installation. Les conduites de l'installation de refroidissement dans le nouvel endroit étaient en acier au carbone qui a, à nouveau, contaminé l'acier inoxydable. Un deuxième exemple est l'adaptation d'un circuit fermé d'eau, pauvre en oxygène, vers un circuit ouvert. L'eau à teneur en oxygène donne de la corrosion uniforme sur l'acier au carbone.

### Corrosion microbiologique

La corrosion microbiologique sur l'acier inoxydable apparaît de préférence sur des soudures rugueuses ou dans la zone affectée thermiquement (ZAT); d'une part car la ZAT est également polie après soudage et présente une surface rugueuse, d'autre part car la résistance à la corrosion est moindre dans la ZAT par la formation de carbures de chrome. Cette forme peut apparaître dans des conduites en acier inoxydable qui, après soudage, ont subi un essai de pression. Si, durant cet essai, on utilise de l'eau contenant du fer (p. ex. eau de puits, eau de conduites en acier au carbone) et que la conduite n'est pas séchée ensuite, des bactéries oxydant le fer peuvent provoquer d'énormes dégâts. A la surface, on peut ne voir qu'une petite perforation tandis que dans une coupe longitudinale, on peut apercevoir des galeries (**Figure 7a**). La **Figure 7b** présente une coupe transversale métallographique qui montre la petite perforation à la surface et le cratère sous la surface. Afin d'éviter cette forme de corrosion, il est recommandé de bien sécher le matériau après l'essai de pression. Si cette forme apparaît, on peut la stopper en réchauffant le système jusque 60 °C et en laissant passer le milieu (contenant des bactéries oxydant le fer) au travers d'un filtre UV.

### CONCLUSION

Les cas d'endommagement évoqués dans cet article montrent qu'à chaque étape de la construction, il est important d'avoir toujours à l'esprit le risque de formation de corrosion. Ceci commence dès la conception où le matériau doit être judicieusement choisi et une bonne géométrie de joint proposée. Lors d'un contrôle visuel de la qualité de la soudure, on peut déjà estimer le risque à la corrosion. L'exécution des soudures doit être minutieusement faite en respectant les températures de préchauffage, les vitesses de refroidissement, les traitements thermiques prescrits. □

**Figure 4:** contamination de l'acier inoxydable

**Figure 5:** impact corrosion

**Figure 6:** corrosion inter cristalline sous contraintes

**Figure 7a:** photo macroscopique d'une coupe d'une tôle

**Figure 7b:** coupe transversale métallographique

