

CORROSION GALVANIQUE DANS LE CAS DES ASSEMBLAGES MULTI-MATERIAUX

INTRODUCTION ET APPEL A PARTICIPER A LA RECHERCHE

Les assemblages multi-matériaux sont en plein essor dans divers secteurs. Dans le cas de combinaisons de différents matériaux conducteurs, il y a un risque de corrosion galvanique. Si deux matériaux différents sont en contact, la détérioration du matériau le moins noble sera accélérée dans un environnement agressif. Le facteur d'accélération peut vite atteindre 10 ou 100. Il faut bien sûr éviter de telles situations. Cela implique toutefois encore un travail de recherche supplémentaire. A l'aide de quelques cas, l'Institut Belge de la Soudure veut donc se mettre à la recherche de solutions adéquates.

Jens Conderaerts, project manager corrosion à l'Institut Belge de la Soudure

ASSEMBLAGES MULTI-MATERIAUX

Les assemblages multi-matériaux sont des assemblages impliquant la combinaison de différents matériaux. Ils sont en plein essor dans divers secteurs. Dans le transport, avec la tendance aux concepts légers, les assemblages multi-matériaux sont nécessaires pour assembler des matériaux légers comme l'aluminium et les composites avec des matériaux 'plus lourds' et plus rigides comme l'acier ou l'acier inoxydable (inox). Dans les secteurs du chauffage et du refroidissement et dans les batteries aussi, de plus en plus d'assemblages multi-matériaux sont utilisés, en particulier la combinaison d'aluminium et de cuivre. Les assemblages multi-matériaux sont aussi utilisés en raison de la fonctionnalité intéressante des deux matériaux (p.ex. la combinaison d'acier et d'inox).

Avenir

L'assemblage de matériaux différents est considéré dans le *Joining Strategic Research Agenda* le plus récent de la Joining Sub-Platform de la Commission européenne comme l'un des principaux défis dans des secteurs comme l'automobile, l'énergie renouvelable (notamment les éoliennes offshore), l'aéronautique, les trains et la construction civile.

CORROSION GALVANIQUE

L'introduction de ces assemblages multi-matériaux sur le marché est entre-temps déjà un fait. Etant donné qu'ils sont toutefois utilisés dans divers environnements, comme des liquides ou l'atmosphère, il y a un risque de corrosion. Dans le cas de combinaisons de différents matériaux conducteurs, il y a dans cette situa-

tion un risque supplémentaire de *corrosion galvanique*.

Si deux matériaux différents sont en contact, la détérioration du matériau le moins noble sera accélérée dans un environnement agressif. Le facteur d'accélération peut vite atteindre 10 ou 100. L'illustration ci-contre montre une détérioration accélérée de l'aluminium assemblé au cuivre.

Quand la corrosion galvanique survient-elle?

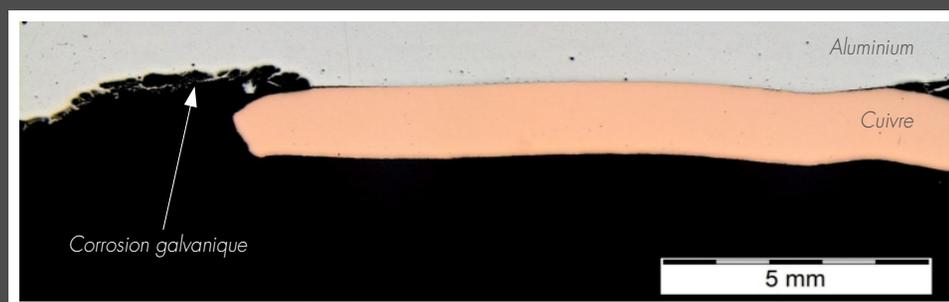
La corrosion galvanique peut survenir si quelques conditions sont remplies. Il doit ainsi y avoir une différence de potentiel suffisante dans la série galvanique, les matériaux doivent présenter une liaison électrique et les matériaux doivent être en contact avec le même électrolyte. Le risque de corrosion galvanique s'avère dépendre de divers facteurs comme le choix des matériaux à combiner, la conception et l'environnement. En fonction de ces facteurs, la dégradation peut être jusqu'à 100 fois plus rapide que si le matériau n'est pas couplé à un autre matériau.

APPEL A PARTICIPER A LA RECHERCHE

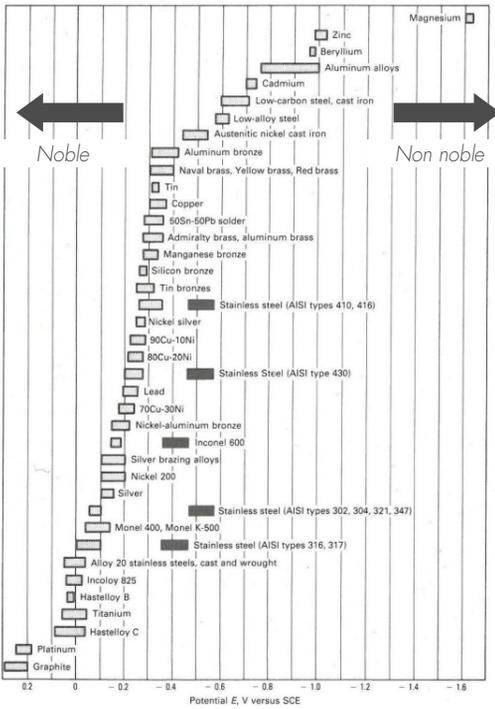
Par conséquent, l'Institut Belge de la Soudure commence une recherche collective appliquée sur la corrosion galvanique, spécifiquement dans le cas des assemblages multi-matériaux. A l'aide de cas très orientés application, des solutions adéquates seront cherchées.

Quelques exemples:

- assemblages boulonnés;
- contact d'acier et d'aluminium pour applications légères (p.ex. transport);
- assemblages noir-blanc (acier avec acier inoxydable);
- contact de métaux avec des composites pour des applications légères (p.ex. transport);
- contact de cuivre et d'aluminium dans des batteries ou échangeurs thermiques.



Corrosion galvanique par contact d'aluminium et de cuivre après 6 semaines de test de brume de sel
Au-dessus: image macroscopique – **En dessous:** image microscopique



Tabl. Corrosion potentials of various metals and alloys in flowing seawater at 10 to 25 °C (50 to 80 °F). Flow rate was 2.5 to 4 m/s (8 to 13 ft/s); alloys are listed in order of the potential vs. a saturated calomel electrode (SCE) that they exhibited. Those metals and alloys indicated by a black bar may become active and exhibit a potential near -0.5 V (SCE) in low-velocity or poorly aerated water and in shielded areas.

Peut-être avez-vous un cas concret en tête? Les questions de la recherche peuvent englober:

- Le risque de corrosion galvanique existe-t-il dans mon application?
- Quel effet la corrosion galvanique a-t-elle sur la longévité des installations?
- Quels codes de bonne pratique existent déjà pour éviter la corrosion galvanique pour mon application?
- Quelles techniques sont disponibles pour mon application pour éviter la corrosion galvanique?
- Quelle technique est la plus adéquate pour la longévité du composant?

La date de départ prévue du projet est le 1er mai 2019. L'I.B.S. est à la recherche d'entreprises voulant participer à ce projet. Les entreprises intéressées peuvent prendre contact directement via jens.conderaerts@bil-ibs.be ou s'enregistrer comme intéressées via le formulaire à remplir sur le site web de l'I.B.S.: www.bil-ibs.be/onderzoeksproject/toegepast-collectief-onderzoek-over-galvanische-corrosie. □

Sources

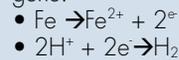
- [1] Strategic Research Agenda for Joining, Joining Platform de la Commission européenne.
- [2] ASM Specialty Handbook Stainless Steel, ASM International, 1994.
- [3] Corrosion Engineering Guide, Giel Notten, KCI Publishing, 2008.



Effets de surface en cas de corrosion galvanique: deux tôles sont boulonnées. En raison d'un petit boulon non noble (acier) en combinaison avec une grande surface noble, la situation en dessous sera bien plus vite problématique que celle au-dessus

POURQUOI LE COUPLAGE DE MATERIAUX EST-IL DANGEREUX?

Les matériaux peuvent être scindés en matériaux nobles et non nobles (communs) sur la base de leur potentiel de corrosion. Celui-ci peut être déterminé à l'aide d'une mesure par rapport à une électrode de référence, p.ex. une électrode à l'argent/au chlorure d'argent ou l'électrode au calomel (SCE). Le tableau reprend une liste du potentiel de corrosion de différents matériaux dans de l'eau de mer coulante. On parle de série galvanique. A gauche dans le tableau se trouvent les matériaux les plus nobles et à droite les moins nobles. Si deux matériaux de la série sont couplés, le matériau le moins noble se sacrifiera pour protéger l'autre matériau. Plus la différence de potentiel entre les deux matériaux est importante, plus le risque de corrosion galvanique est élevé. La série galvanique ne renseigne toutefois pas sur le risque réel de corrosion galvanique. La raison pour laquelle la corrosion galvanique constitue un danger réel pour l'intégrité d'une structure, peut être expliquée au mieux à l'aide de courbes de polarisation. Il est important de savoir qu'en cas de réaction de corrosion, il y a toujours une réaction de dissolution et une réaction de réduction. P.ex., le fer se dissout dans un acide et l'hydrogène est à la fois réduit en gaz d'hydrogène:



Les deux demi-réactions ont un certain potentiel d'équilibre (E_{eq}). Si le fer est confronté à un potentiel supérieur à cet E_{eq} , le fer continuera à se dissoudre et un courant électrique circulera. Le raisonnement similaire vaut pour l'hydrogène, mais pour des potentiels plus négatifs. En raison de la neutralité de charge, le potentiel de corrosion E_{corr} doit être cherché au point où la courbe rouge coupe la courbe orange correspondante, où les deux réactions se produisent à la même vitesse et où la neutralité de charge est

garantie. A l'état non couplé, la corrosion du fer surviendrait donc à une vitesse proportionnelle à la densité de courant $i_{corr, Fe}$ [A/cm^2] et celle du zinc à une vitesse proportionnelle à $i_{corr, Zn}$. Si ces deux matériaux sont couplés, les courbes individuelles doivent être additionnées. On obtient alors les courbes violettes. On cherche à nouveau le point de neutralité de charge, qui est ici aussi le point d'intersection des deux courbes violettes. On obtient ainsi le potentiel de corrosion du couple $E_{corr, Zn+Fe}$ et la densité de courant du couple $i_{corr, Zn+Fe}$. Notez que la densité de courant est à l'échelle logarithmique ($\log i$). La densité de courant du couple est plus élevée que les densités de courant individuelles.

Comme le potentiel de corrosion du couple se trouve sous le potentiel d'équilibre du fer, le fer est protégé et la corrosion ne touchera que le zinc. En raison de l'échelle logarithmique, la densité de courant du couple peut être bien plus élevée qu'à l'état non couplé. Conséquence: la vitesse de corrosion du zinc dans le couple peut vite être 100 fois plus élevée que la vitesse de corrosion individuelle.

Les effets de surface jouent, enfin, aussi un rôle. Une petite surface non noble couplée à une grande surface noble connaîtra une corrosion nettement plus rapide que la situation inverse. Les deux demi-réactions doivent, en effet, être en équilibre. L'illustration ci-dessous montre l'exemple d'un boulon en laiton (alliage de cuivre-zinc) assemblant deux tôles d'acier ou d'un boulon en acier assemblant deux tôles de laiton.

Dans ce dernier cas, toute la corrosion se concentrera sur une petite surface et le boulon en acier s'avérera défaillant bien plus rapidement que dans l'autre situation. Il y a par conséquent différentes raisons pour lesquelles le couplage de matériaux – et donc la corrosion galvanique – peut avoir localement un effet corrosif.

