

ANALYSE D'ENDOMMAGEMENTS ET CORROSION

CAUSE ET CONSEILS

Les métaux se corrodent, les soudures peuvent présenter des défauts. La cause de la défaillance d'une conduite ou d'une pièce d'équipement réside parfois dans une combinaison complexe de différents facteurs. Une connaissance multidisciplinaire de ces problèmes est nécessaire afin de les prévenir à l'avenir et donner un conseil avisé. Pour les analyses d'endommagements et la recherche, nos experts font appel à leurs connaissances entre autres dans le domaine du mécanisme de la corrosion, de la métallurgie, des mécanismes de rupture et du soudage.

Dans le groupe corrosion de l'Institut Belge de la Soudure, diverses tâches sont exécutées: analyse de cas d'endommagements, projets de recherche à court et à long terme et essais de corrosion à petite et grande échelle.

Jens Conderaerts, IBS (traduction: M.C. Ritzen, IBS)

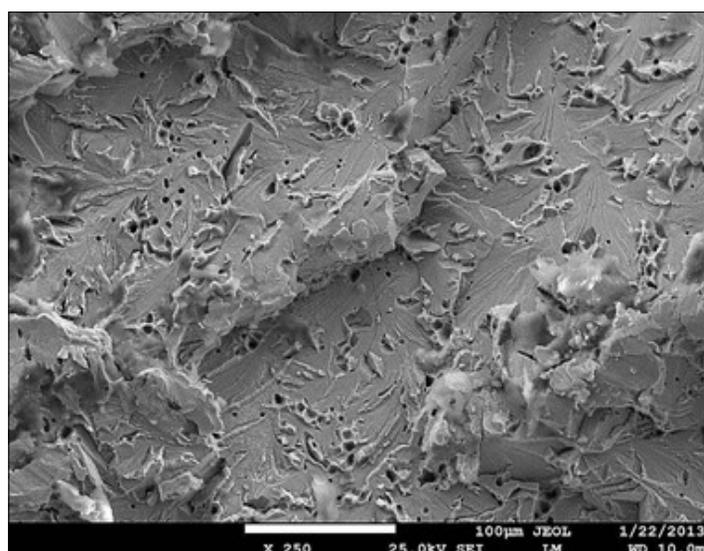
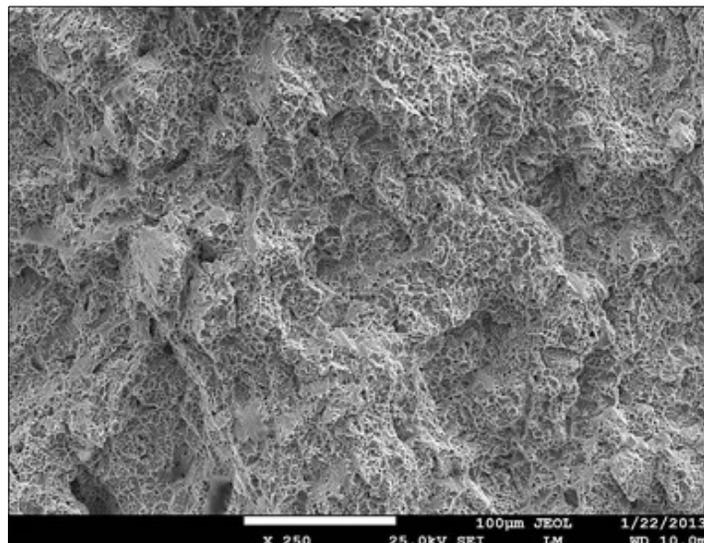


Fig. 1: surface de rupture ductile et fragile d'un laiton. La rupture du haut a été provoquée par une surcharge mécanique. La fragile rupture du bas est due à de la corrosion sous tensions

ANALYSE D'ENDOMMAGEMENTS

Détermination de la cause et conseils de réparation et de prévention

La détermination de la cause de l'endommagement nécessite de connaître les circonstances exactes dans lesquelles le matériau a été utilisé. La constatation sur place est bien souvent la première étape nécessaire.

Quand un dommage survient, il est également important de nettoyer l'élément le moins possible sans quoi des informations importantes peuvent être perdues. Il va de soi que la sécurité passe avant tout et que les éléments nuisibles doivent être éliminés. L'étape suivante dans l'examen de l'endommagement est un examen visuel du matériau reçu. Le recueil de la documentation est également important pour l'interprétation des résultats: certificats des matériaux, procédures de soudage, information sur l'application, analyses de l'eau, ... De plus, l'analyse de l'endommagement comprend bien souvent un examen métallographique, un examen de la surface de la rupture à l'aide du SEM, une analyse des éventuels produits

corrodés, des mesures de dureté et des analyses chimiques. En plus de la détermination de la cause du problème, des conseils sont également donnés pour résoudre le problème et le prévenir à l'avenir.

NOUVEAU SEM

L'IBS ainsi que l'UGent et Centexbel ont investi dans l'achat

QUAND UN DOMMAGE SURVIENT, IL EST ÉGALEMENT IMPORTANT DE NETTOYER L'ÉLÉMENT LE MOINS POSSIBLE

d'un nouveau microscope électronique. Avec notre nouveau microscope électronique à champ d'émission par balayage ou TFE-SEM, type JEOL JSM-7600F, nous atteignons une résolution d'image de 1,0 nm. L'imagerie avec un SEM a pour avantages importants de forts agrandissements d'une part et une très bonne résolution de profondeur d'autre part. Avec les microscopes optiques traditionnels, la surface de l'échantillon doit être plane et la résolution maximale possible est limitée à 300 nm environ par la longueur d'onde de la lumière.

Nous réalisons également des analyses chimiques au moyen de l'analyse dispersive en énergie (EDX). Ceci permet de caractériser le matériau de base ou les produits corrodés. Cette



Fig. 2: essai d'immersion suivant ISO 3651-2 (solution cuivre-sulfate de cuivre)

PLUS D'INFOS?

Institut Belge de la Soudure ASBL

Technologiepark 935
B-9052 Zwijnaarde

Tél.: +32 (0)9/292.14.00
Fax: +32 (0)9/292.14.01

www.bil-ibs.be
corrosielabo@bil-ibs.be



analyse peut être tant qualitative (quels éléments sont présents) que semi-quantitative (en quelles proportions ces éléments sont-ils présents).

Applications

Exemples d'applications du SEM:

- Image de la surface de rupture: rupture ductile ou fragile (exemple à la **fig. 1**), lignes de fatigue.
- Image de défauts de soudage: fissuration à chaud?
- Examen produit corrodé: oxyde de fer ou sulfure de fer?, présence de Cl?

ESSAIS DE CORROSION NORMALISES

Des essais de corrosion normalisés sont nécessaires afin d'obtenir des résultats comparables. On renvoie bien souvent à un essai normalisé afin de déterminer le niveau de qualité d'un matériau ou produit donné. Par exemple, la norme EN 10216-5 sur les conditions

techniques de livraison de tubes sans soudures en acier inoxydable fait référence à l'essai de corrosion ISO 3651-2 pour la détermination de la résistance à la corrosion intercrystalline des aciers inoxydables (**fig. 2**).

En cas de doute sur la qualité d'un produit livré, cet essai peut être réalisé pour vérifier si les conditions de livraison ont été respectées.

Vous retrouverez une liste des essais que nous réalisons sur notre site <http://www.bil-ibs.be/fr/laboratoires-de-corrosion>.

ESSAI CLP

Une attention spécifique est donnée à l'essai pour la détermination de la corrosivité des substances et des mélanges dans le cadre de la nouvelle directive pour la classification, l'étiquetage et l'emballage de ces substances et mélanges, appelée règlement CLP. Cette directive exige que toutes les substances et tous les mélanges qui viennent ou sont sur le marché, soient classifiés suivant des règles déterminées. Une des classes de répartition d'une substance ou d'un mélange concerne la corrosivité d'une substance ou d'un mélange pour les métaux. Le pictogramme approprié qui doit être apposé sur l'emballage des substances ou mélanges corrosifs, est repris à la **figure 3**.

Une substance ou un mélange sont décrétés être corrosifs pour les métaux si la vitesse de corrosion sur des surfaces en acier ou aluminium dépasse 0,25 mm par an lors d'un test à 55 °C.

La **figure 4** montre l'installation d'essai utilisée pour déterminer la vitesse de corrosion. Durant l'essai, une plaquette est pendue dans le liquide, une autre en partie dans le liquide et dans l'atmosphère supérieure et une complètement dans l'atmosphère supérieure. La **figure 5** illustre le résultat d'un tel essai.

ESSAIS DE CORROSION SUR MESURE

Les essais normalisés ont parfois l'inconvénient d'avoir peu de rapport avec la pratique et de ce fait être trop sévères ou pas assez. Des essais de corrosion sur mesure peuvent alors être une solution. Nous regardons de quelle application il s'agit et de quelle façon appropriée

on peut accélérer le processus de corrosion sans rendre les conditions trop sévères. De plus, un essai normalisé est souvent axé sur le matériau de base et les grandes pièces ne peuvent pas être testées.

L'IBS a la possibilité d'examiner de grandes pièces. Des exemples de tels essais de corrosion

sur mesure sont les bains d'immersion pour des produits ayant des dimensions jusque 60 cm de long x 70 cm de haut x 90 cm de large (**fig. 6**). Les pièces sont immergées dans le bain durant la nuit et retirées du bain le jour pour sécher. Ce cycle est appliqué durant une longue période. Après la période d'essais, les pièces sont contrôlées par examen visuel et essais destructifs. □

L'IMAGERIE AVEC UN SEM A POUR AVANTAGES IMPORTANTS DE FORTS AGRANDISSEMENTS D'UNE PART ET UNE TRES BONNE RESOLUTION DE PROFONDEUR D'AUTRE PART



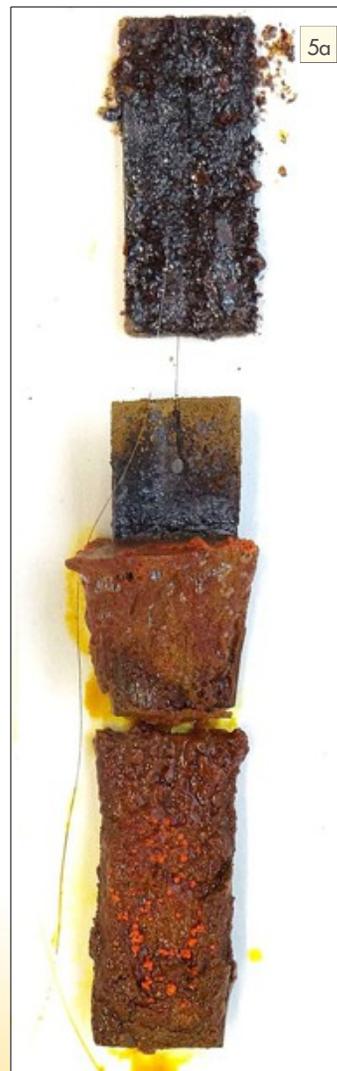
3



4



6



5a



5b

Fig. 3: pictogramme 'Corrosif pour les métaux'

Fig. 4: installation de l'essai CLP

Fig. 5: plaquettes après sept semaines d'essai

A gauche (a): après essai

A droite (b): mêmes plaquettes après nettoyage

Fig. 6: installation de l'essai par immersion



Fig. 7: tube d'une conduite de sprinkler scié longitudinalement avec de la corrosion du côté inférieur. L'orifice dans la partie inférieure est l'emplacement de la tête du sprinkler

ANALYSE D'ENDOMMAGEMENT: UN EXEMPLE

A titre d'exemple, on présente une installation défectueuse de sprinkler. L'installation est récente et est utilisée dans un entrepôt. Des fuites ont été constatées à différents endroits. Une partie de la conduite a été emportée au labo et sciée dans la longueur. L'intérieur du tube, dans la partie inférieure, était recouvert de rouille brune et noire (fig. 7 et 8). Une partie du tube présentant une fuite a été découpée et la rouille a été éliminée (fig. 9). On a ainsi obtenu plus d'informations sur la nature de la corrosion. Dans ce cas, il apparaît que la fuite se situait dans la soudure et que le tube avait également été attaqué à d'autres endroits. Une coupe métallographique montre que c'est la soudure qui a été attaquée préférentiellement (fig. 10 et 11). Cette attaque préférentielle de la soudure est due à la mauvaise qualité des tubes (entre autres recuit après soudage longitudinal des tubes inexistant ou incomplet). De ce fait, une concentration plus élevée en impuretés, p.ex. du soufre, est présente dans la soudure. Par conséquent, à certains endroits, la soudure est une anode par rapport au métal environnant et l'attaque est donc très locale. Mais en plus d'une attaque locale de la soudure, il y a également de la corrosion par piqûres dont la cause est microbiologique. Sous la rouille se trouvent des colonies de bactéries sulfureuses qui forment une agglomération de petits trous, typiques pour l'acier au carbone. Un sous-produit de cette corrosion microbiologique est la formation de sulfures de fer (FeS). La présence de soufre dans la rouille a été détectée avec l'EDX (fig. 12) et prouvée à l'aide d'un test olfactif. Pour ce faire, on dissout la rouille dans une solution HCl. La réaction du HCl avec le FeS libère du sulfure d'hydrogène (H₂S) avec une odeur typique d'œufs pourris. Sur la base de la partie de conduite examinée, on a seulement pu conclure que plus de fuites allaient encore se former. L'attaque préférentielle de la soudure ne peut pas être évitée, étant donné que ce problème provient des tubes utilisés. En principe, la corrosion microbiologique peut être stoppée par un nettoyage avec une substance bactéricide, mais dans ce cas-ci, cela ne fonctionnerait pas, étant donné que les bactéries se trouvent sous la rouille. Éliminer la rouille à l'aide d'une solution acide est également impossible, car ces tubes sont couverts d'une couche galvanisée qui serait attaquée par l'acide. Dans ce cas, le conseil a donc été de remplacer l'installation et lors de l'achat de l'installation du système, de tenir compte des recommandations de la norme NBN EN 12502-3 (acier à concentration en soufre limitée et recuit des soudures) d'une part et d'appliquer dès le début des méthodes bactéricides dans l'eau d'autre part.



Fig. 8: partie du tube avec la fuite

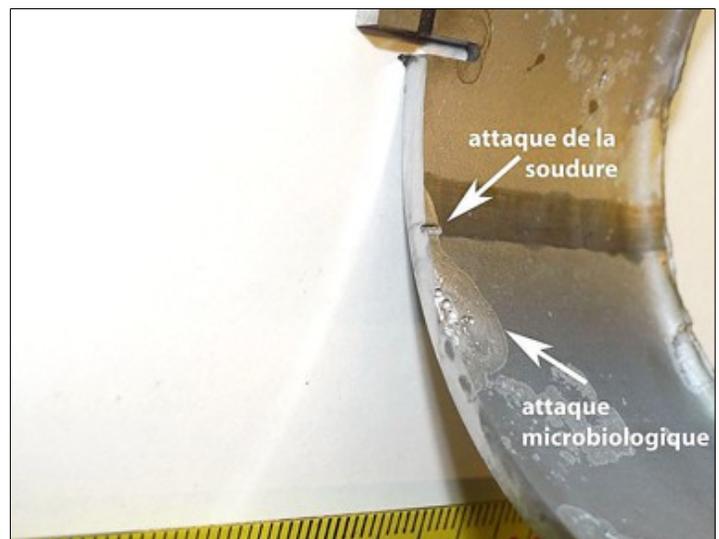


Fig. 9: vue latérale de la coupe du tube après élimination de la rouille. Au-dessus, l'attaque préférentielle de la soudure est indiquée. L'autre attaque est microbiologique

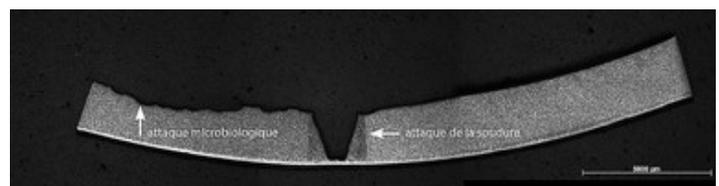


Fig. 10: coupe métallographique de ce tube. Au milieu, on voit bien l'attaque préférentielle de la soudure. A gauche, on distingue également une attaque plus locale

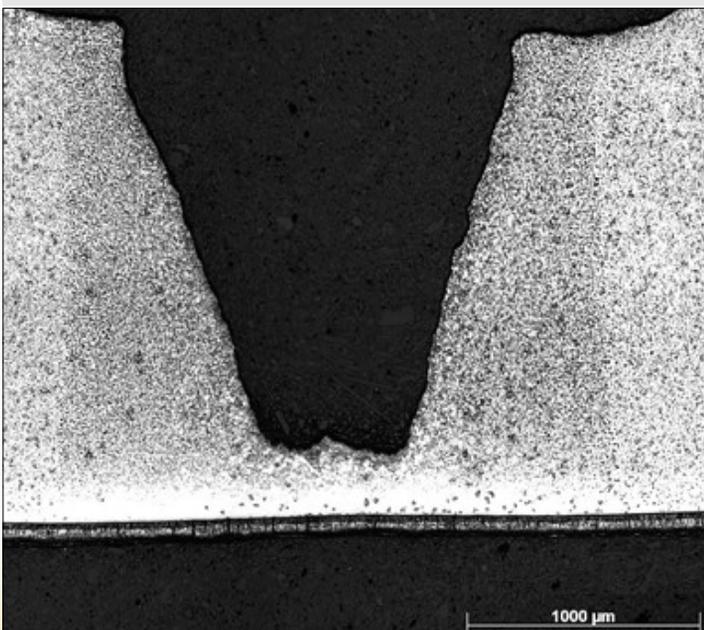


Fig. 11: détail de la coupe. On voit bien l'attaque préférentielle au milieu de la soudure

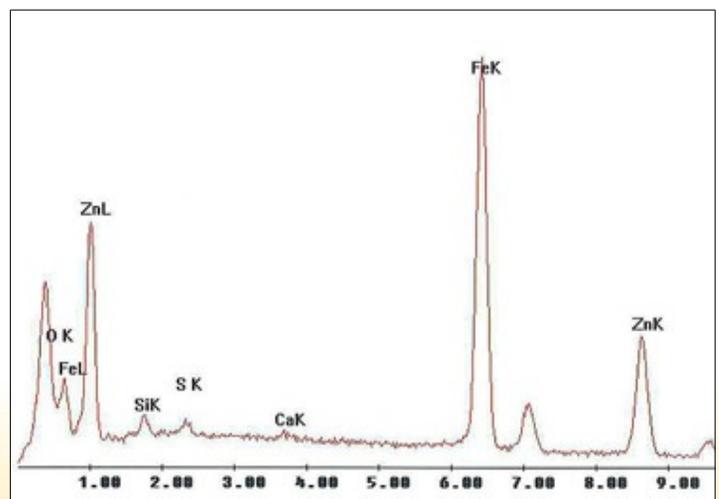


Fig. 12: spectre EDX du produit corrodé. On note la présence de soufre