**Chapitre1 : Généralités**

**Référence : Dr. Okba BELEHSSAN ; « Corrosion » ; support de cours univ.Biskra ; 2014**

**1. GENERALITE**

**1.1. Définition**

Selon le point de vue de l'ingénieur constructeur, la corrosion est une dégradation du matériau ou de ses propriétés, entraînée par une interaction physicochimique sous forme d'une réaction inter faciale irréversible du matériau avec son environnement.

La corrosion peut également être définie comme étant un processus de dégradation ou de détérioration des propriétés d'usage que peut subir un métal ou un alliage, sous l'effet des actions chimiques, électrochimiques ou biologiques. En générale, on a affaire au retour du métal à son état original de minerai.

**1.2. Classification de la corrosion**

La corrosion se développe selon deux processus:

* La corrosion sèche.
* La corrosion humide.

**1.2.1. La corrosion sèche**

La dégradation des matériaux existe lorsque ceux-ci sont en contact avec des gaz à des températures où toute trace d'humidité a disparu. Ce phénomène joue un rôle très important dans les appareils qui fonctionnent à haute température.

**1.2.2. La corrosion humide**

C'est la plus répondue, elle se manifeste dans le couple métal / fluide, exemple la dégradation du matériau organique et du béton.

**1.3. Les différents modes de corrosion**

Il existe plusieurs modes d'agressivité parmi lesquels on distingue:

* La corrosion chimique
* La corrosion électrochimique
* La corrosion biochimique (la bio corrosion)
* La corrosion en présence d'une sollicitation mécanique

**1.3.1. La corrosion chimique**

Elle se manifeste par une attaque directe du métal lorsqu'il est en contacte avec des solutions non électrolytiques ou avec des gaz secs. Au cours de cette corrosion l'oxydation du métal et la réduction de l'oxydant se produisent en un seul acte.

L'action de l'oxygène reste l'exemple typique de la corrosion chimique.

Exemple :

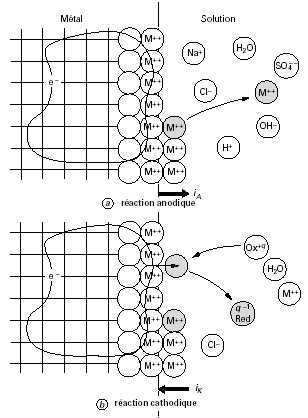
******

**1.3.2. La corrosion électrochimique**

Elle résulte des hétérogénéités de la structure métallique ou du milieu agressif. Elle se traduit par un transfert électrochimique entre un métal et une solution aqueuse à son contact (Figure 1.1.).

Ainsi, la corrosion électrochimique implique la réunion des conditions suivantes :

* existence d'une dissymétrie physique ou chimique dans le système métal/solution.
* Présence d'un milieu conducteur.
* Circulation d'un courant électrique.



**Figure 1.1.** Structure atomique et électrique de l’interfaceMétal – solution.

**1.3.3. La corrosion biochimique (la bio corrosion)**

La corrosion biochimique peut être définie comme un phénomène dans lequel les bactéries jouent un rôle primordial, soit en accélérant un processus déjà établi, soit en créant un terrain favorable à son établissement.

En effet on peut considérer que les bactéries ne jouent qu'un rôle d'accélérateur de la corrosion électrochimique en empêchant la polarisation de se produire par:

* Fixation de l'hydrogène cathodique (bactéries sulfato-réductrices).
* Transformation de sels ferreux en hydroxyde ferrique (ferro-bactéries).

**1.3.4. La corrosion en présence d'une sollicitation mécanique**

Ce type de corrosion englobe les usures faisant intervenir les contraintes comme caractéristiques mécaniques des matériaux. Elle a souvent lieu lorsque le matériau est en présence d'une sollicitation mécanique extérieure ou intérieure tels que les frottements, l'érosion, l'abrasion, les vibrations….etc.

**1.4. Différents types d’oxydes issus lors de la corrosion de l’acier**

Lors de la dégradation de l’acier, différents produits de corrosion (lépidocrocite, goethite, magnétite) sont susceptibles de se former. Les dépôts de produits de corrosion formés peuvent jouer un rôle actif de barrière plus ou moins efficace selon leur nature. Cependant, ces couches sont minces, pas toujours homogènes dans leur épaisseur, et leur nature change dès lors qu’elles sont extraites du milieu dans lequel elles se sont formées.

**1.5. Morphologie de la corrosion**

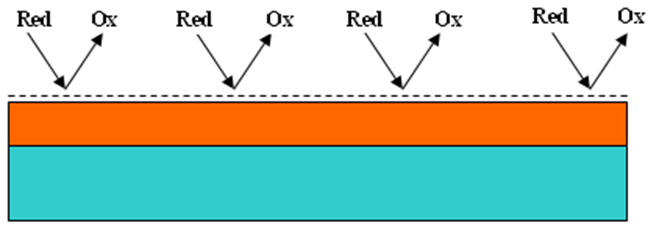
Selon la nature de l'attaque, la corrosion peut présenter des aspects très divers regroupés en deux grandes familles:

* la corrosion uniforme ou généralisée.
* La corrosion localisée.

**1.5.1. La corrosion uniforme ou généralisée**

C'est la forme la plus classique de corrosion, mais pas toujours la plus importante en termes économiques ou sécuritaires. La corrosion uniforme(Figure 1.2.) se caractérise par l'existence de plusieurs processus électrochimiques individuels qui se produisent uniformément sur toute la surface considérée. Elle se traduit en diminution d'épaisseur par unité de temps (ou en perte de poids par unité de surface, et par unité de temps) si les produits de corrosion sont solubles, ou par un dépôt uniforme s'ils ne le sont pas. La corrosion uniforme peut être réduite ou évitée par un choix convenable du matériau, la modification du milieu ou la protection cathodique.

Ce type de corrosion peut être détecté longtemps avant qu'un ennui vienne interrompre la vie de l'équipement ou de la structure.



**Figure 1.2.** Corrosion uniforme.

**1.5.2. La corrosion localisée**

La corrosion localisée est la forme la plus insidieuse. Elle survient sur une partie du métal qui représente un lieu spécifiquement anodique, clairement distingué, dont la surface est très faible devant le reste de la structure métallique qui constitue la zone cathodique (Figure 1.3.).

D:\book\8.TIF

**Figure 1.3.** Corrosion localisée.

On distingue plusieurs types de corrosion localisée que nous pouvons schématiser comme suit (Figure 1.4.):

**Macroscopique**

**Corrosion localisée**

**Microscopique**

Corrosion galvanique Corrosion inter cristalline

Corrosion érosion Corrosion sélective

Corrosion cavitation Corrosion sous contrainte

Corrosion par crevasse Corrosion fatigue

Corrosion par piqûre Fragilisation par hydrogène

Corrosion frottement

**Figure 1.4.** Les différents types de la corrosion localisée.

1. **Corrosion Galvanique**

La corrosion galvanique peut se définir simplement par l'effet résultant du contact de deux métaux (Figure 1.5.) ou alliages différents dans un environnement corrosif conducteur : on utilise aussi le terme de bimétallisme. Dans chaque solution, il est possible d'établir une série galvanique, c'est-à-dire un classement des différents métaux et alliages en fonction de ce potentiel mesuré. Lors d'un couplage entre deux métaux ou alliages différents, il va s'établir un courant électronique entre eux résultant du court-circuit formé. On observe généralement un accroissement de la corrosion de l'alliage le moins noble et diminution ou suppression de la corrosion de l'alliage le plus noble. La différence de potentiel indique le sens de la menace, mais pas son ampleur, ce n'est donc pas le seul facteur à prendre en compte. La conduction électrique du milieu, la température sont aussi des facteurs importants.

**D:\book\10.TIF**

**Figure 1.5.**Corrosion galvanique.

1. **Corrosion érosion/abrasion/cavitation**

Cette corrosion est produite par le mouvement relatif d'un fluide corrosif et d'une surface métallique. L'aspect mécanique du mouvement est important et les phénomènes de frottement et d'usure peuvent intervenir. On a apparition de sillons, vallées, surfaces ondulées, trous..., ayant un aspect directionnel caractérisé (queue de comète, sabot d'un cheval...). La plupart des métaux et alliages y sont sensibles, en particulier les métaux mous (cuivre, plomb...) ou ceux dont la résistance à la corrosion dépend de l'existence d'un film superficiel (aluminium, aciers inoxydables).

1. **Corrosion Caverneuse**

Cette forme d'attaque est généralement associée à la présence de petits volumes de solution stagnante dans des interstices, sous des dépôts et des joints, ou dans des cavernes ou crevasses, par exemple sous les écrous et têtes de rivets. C'est aussi le cas des joints en matériau souple, poreux ou fibreux (bois, plastique, caoutchouc, ciment, amiante, tissus, ...). La corrosion caverneuse se rencontre surtout sur les métaux et alliages dont la tenue dépend de la stabilité du film passif, car ces films sont instables en présence de concentrations élevées en Cl- et H+. Le mécanisme de base à l'origine de la corrosion caverneuse des alliages passivablesen milieux chlorurés aérés est une acidification progressive du milieu dans la caverne avec l'apparition de conditions locales du milieu très agressives qui détruisent la passivité. La réaction de dissolution dans la crevasse est alors favorisée et la réaction de réduction de l'oxygène se localise sur les surfaces proches de la crevasse.

1. **Corrosion par piqûres**

Cette forme de corrosion est particulièrement insidieuse. L'attaque se limite à des piqûres, très localisées et pouvant progresser très rapidement en profondeur, alors que le reste de la surface reste indemne. Les solutions les plus agressives contiennent des chlorures, bromures, hypochlorites. Les iodures et les fluorures sont beaucoup moins actifs. La présence de sulfures et d'H2S exacerbe les problèmes de corrosion par piqûres en abaissant systématiquement les critères de résistance. La présence d'un cation oxydant (Fe3+, Cu2+, Hg2+,…) permet la formation des piqûres même en absence d'oxygène. Les aciers inoxydables sont particulièrement sensibles à la corrosion par piqûres, mais d'autres métaux comme le fer passif, le chrome, le cobalt, l'aluminium, le cuivre... et leurs alliages y sont aussi sensibles.

1. **Corrosion frottement (tribocorrosion)**

La corrosion frottement concerne les dommages provoqués par la corrosion au niveau du contact de deux surfaces métalliques en mouvement relatif l'une par rapport à l'autre. Elle se produit essentiellement lorsque l'interface est soumise à des vibrations (mouvement relatif répété de deux surfaces en contact) et à des charges de compression. Ce mouvement relatif peut être très faible (petits débattements de l'ordre de quelques micromètres). En présence d'un mouvement de frottement continu en milieu corrosif, on utilise de préférence le vocable de tribocorrosion.

1. **Corrosion intergranulaire**

Dans certaines conditions, les joints de grains sont le siège d'une corrosion localisée très importante alors que le reste du matériau n'est pas attaqué (figure 1.6.). L'alliage se désagrège et perd toutes ses propriétés mécaniques. Ce type de corrosion peut être dû soit à la présence d'impuretés dans le joint, soit à l'enrichissement (ou l'appauvrissement) local en l'un des constituants. Par exemple, de petites quantités de fer dans l'aluminium (métal dans lequel la solubilité du fer est faible), vont ségréger au niveau des joints de grains et peuvent provoquer la corrosion intergranulaire (La corrosion feuilletante des alliages d'aluminium laminés se développe dans la plupart des cas de façon intergranulaire). Mais l'exemple le plus important est lié à la déchromisation aux joints de grains des aciers inoxydables.

**Figure 1.6.**Corrosion inter granulaire.

1. **Corrosion sélective**

Comme son nom l'indique, ce mode de corrosion se traduit par la dissolution sélective de l'un des éléments de l'alliage si celui-ci est homogène, ou de l'une des phases si l'alliage est polyphasé. La dézincification (dissolution sélective du zinc) dans un laiton (ex. 70% Cu -30% Zn) est l'exemple le plus connu. Autres vocables utilisés : dénickélisation pour les alliages Cu-Ni, désaluminisation pour les bronzes d'aluminium, graphitisation pour les fontes grises, etc.

1. **Corrosion sous contrainte mécanique (C.S.C.)**

Ce type de corrosion se définit comme un processus de développement de fissures, pouvant aller jusqu'à la rupture complète de la pièce sous l'action combinée d'une tension mécanique et d'un milieu corrosif. Ce sont les contraintes de tension, d'où le nom donné parfois à ce mode de corrosion, qui sont dangereuses ; les contraintes de compression exerçant au contraire une action protectrice. La corrosion sous contrainte mécanique (CSC) se produit la plupart du temps dans des milieux peu ou non agressifs à l'égard du métal ou de l'alliage en l'absence de toute contrainte (par exemple eau et vapeur à haute température pour les aciers inoxydables austénitiques). Cette forme de corrosion est de grande importance du point de vue pratique : elle constitue un risque permanent dans de nombreuses installations industrielles, tant sur le plan des incidences économiques que sur les aspects sécuritaires (personnel, fiabilité des équipements, respect de l'environnement).

1. **Corrosion fatigue**

La corrosion-fatigue se distingue de la CSC par le fait que les contraintes appliquées ne sont plus statiques, mais cycliques (efforts périodiques alternés). La teneur en oxygène du milieu, sa température, son acidité, sa composition ont une grande influence sur la sensibilité d'un matériau à ce mode de corrosion.Quoiqu'il n'y ait pas de relation directe entre la sensibilité à ce type de corrosion et les caractéristiques mécaniques du matériau, les alliages à haute résistance mécanique sont souvent les plus sensibles.

1. **Fragilisation par l'hydrogène**

La présence d'hydrogène dans un réseau métallique peut entraîner d'importantes détériorations du métal avec chute catastrophique de ses propriétés mécaniques. Ces atomes d'hydrogène ont pour origine:l'atmosphère environnante, les procédés d'électrolyse et la corrosion électrochimique. Une fois qu'il a pénétré dans le réseau, l'atome d'hydrogène peut provoquer plusieurs types de dégâts:

* Précipitation sous forme d'hydrures : c'est le cas du titane et d'autres métaux très réactifs vis-à-vis de l'hydrogène (Ta, Zr, V, ...).
* Recombinaison sous forme d'hydrogène moléculaire : lorsque le métal présente des défauts macroscopiques ou microscopiques, les atomes d'hydrogène peuvent s'y recombiner. On peut alors atteindre des pressions considérables qui conduisent à des cloques, des boursouflures, des cohésions en "marches d'escalier" ou même des éclatements (hydrogenblistering).
* Fragilisation (hydrogenembrittlement) : par interaction avec les dislocations du réseau, les atomes d'hydrogène entraînent une diminution importante de la capacité de déformation plastique du métal qui devient fragile. La rupture différée des aciers en est l'exemple le plus classique.

**1.6. Facteurs de corrosion**

La tenue à la corrosion d'un matériau est en fait conditionnée par le comportement du système métal / environnement. Vu la diversité des facteurs de la corrosion on peut les résumer dans le tableau 1.1.:

**Tableau 1.1.**Les différents facteurs de corrosion.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Facteurs liés au matériau | Facteurs liés à la surface | Facteurs liés au milieu |
| - Composition  -Structure cristallographique  - Taille du grain  - Texture (celle de la surface est  différente à celle de l'intérieur)  - Etat de déformation  - Contrainte résiduelle  - Gradient thermique  - Appauvrissement ou  enrichissement (précipité) aux joints des grains et/ou  dans les zones voisines | -Orientation des grains  -Film superficiel  -Composition de la surface  -Précipités et inclusion émergeant en surface  -Rugosité  -Ségrégation inter granulaire | - Composition  - Tenue en O2  - Différence d'aération  - pH du milieu  - Température  - Cycle thermique  - Gradient thermique  -Agitation et écoulement  - Contraintes appliquées statique et dynamique  - Bactéries  - Complexant  - Irradiation |