

## 5. LES FORMES DE CORROSION DE L'ALUMINIUM

Ne sont citées ici que les formes de corrosion qu'on peut éventuellement rencontrer en milieu marin sur les alliages de corroyage des familles 1000, 3000, 5000, 6000, et les alliages de moulage au silicium (40000) ou au magnésium (50000).

Ce sont :

- la corrosion uniforme,
- la corrosion par piqûres,
- la corrosion transcristalline,
- la corrosion intercristalline,
- la corrosion feuilletante,
- la corrosion à la ligne d'eau,
- la corrosion caverneuse,
- la corrosion galvanique.

### 5.1 La corrosion uniforme

Ce type de corrosion se traduit par une diminution d'épaisseur régulière et uniforme de la surface du métal. La vitesse de dissolution peut varier de quelques microns par an, dans un milieu non agressif, à plusieurs microns par heure selon la nature de l'acide ou de la base en solution dans l'eau.

En milieu marin, que ce soit en immersion dans l'eau de mer ou sous l'effet de l'atmosphère marine, la corrosion uniforme est infime, de l'ordre du micromètre par an. Elle n'est pas mesurable.

Il en résulte que la durée de service d'un matériel en alliage d'aluminium adapté au milieu marin n'est pas limitée par ce type de corrosion.

### 5.2 La corrosion par piqûres

C'est une forme de corrosion très localisée commune à beaucoup de métaux (figure 124). Elle se traduit par la formation de cavités dans le métal, dont le diamètre et la profondeur varient selon un certain nombre de paramètres inhérents soit au métal (nature de l'alliage, conditions d'élaboration, etc.), soit au milieu : concentration en sels minéraux, etc.

L'aluminium est sensible à la corrosion par piqûres dans les milieux dont le pH est voisin de la neutralité, c'est-à-dire, en fait, tous les milieux naturels dont les eaux de surface, l'eau de mer, l'humidité de l'air.

Contrairement à d'autres métaux usuels, cette forme de corrosion attire l'attention parce que les piqûres de corrosion de l'aluminium sont toujours recouvertes de pustules blanches d'alumine hydratée gélatineuse  $Al(OH)_3$  très volumineuses. Le volume de la pustule est toujours plus important que celui de la cavité sous-jacente.

La corrosion par piqûres se développe sur des sites où le film d'oxyde naturel présente des défauts (amincissement, rupture locale, lacune), provoqués par diverses causes liées aux conditions de transformation, aux élé-

ments d'addition. L'expérience montre que les zones meulées, rayées lors des opérations de chaudronnage, de pliage, de soudage, sont des niches où les piqûres pourront se développer pendant les premières semaines d'immersion dans l'eau de mer.

Ce qui importe pour l'utilisateur, c'est de connaître la vitesse d'approfondissement des piqûres, dès lors qu'elles sont initiées. Contrairement à d'autres métaux, dont les produits de corrosion sont solubles, ce qui est le cas du zinc, l'alumine  $Al(OH)_3$ , est insoluble dans l'eau, si bien qu'une fois formée, elle reste accrochée à la surface du métal, dans les anfractuosités de la piqûre. Ce faisant, l'alumine hydratée freine considérablement les échanges entre l'eau de mer ou l'humidité de l'air et le métal.

La vitesse de corrosion par piqûres de l'aluminium et de ses alliages décroît donc très vite dans la plupart des milieux, y compris dans l'eau de mer. Des mesures de profondeur de piqûres faites à intervalles réguliers ont montré que la vitesse de piqûration « v » est liée au temps « t » par des relations du type  $v = Kt^{1/3}$ .

L'expérience pluridécennale de l'emploi de l'aluminium non protégé dans le bâtiment en bord de mer (toitures, bardages) et dans la construction navale confirme les

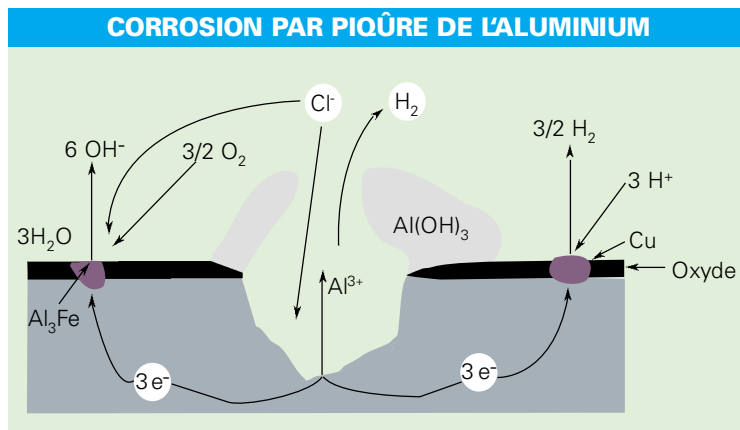


Figure 124

résultats obtenus en laboratoire ou en exposition naturelle, ou en station de corrosion, pendant une longue durée : la profondeur des piqûres une fois formées pendant les premiers mois de service n'évolue pratiquement plus ensuite.

Ce ralentissement de la vitesse de corrosion par piqûres explique que l'on puisse utiliser du matériel en aluminium dans certains milieux naturels (atmosphère rurale, atmosphère marine, eau de mer) sans aucune protection pendant des décennies. C'est aussi vrai en atmosphère marine (figure 125) qu'en immersion dans l'eau de mer (figure 126). Dans un cas comme dans l'autre, la profondeur des piqûres éventuelles dépasse rarement le millimètre après plusieurs années.

### 5.3 La corrosion trans-cristalline et la corrosion inter-cristalline

La corrosion à l'intérieur du métal, à l'échelle du grain, peut se propager de deux manières (figure 127) : ■ dans toutes les directions : la corrosion affecte indifféremment tous les constituants métallurgiques, il n'y a pas de corrosion sélective. C'est la corrosion transgranulaire ou corrosion transcristalline, ainsi appelée parce qu'elle progresse à l'intérieur des grains, ■ suivant des chemins préférentiels : la corrosion progresse le long des joints des grains. Contrairement à la corrosion transgranulaire, cette forme de corrosion consomme très peu de métal.

Elle n'est pas décelable à l'œil nu. Il faut faire un examen micrographique, généralement sous un grossissement de 50, pour la déceler. Quand elle pénètre en profondeur, elle réduit les caractéristiques mécaniques, en particulier l'allongement, et elle peut même provoquer des ruptures de pièces.

La corrosion intercristalline se propage à partir de piqûres. Il n'y pas de rapport entre la profondeur de pénétration de la corrosion intercristalline et le diamètre des piqûres de corrosion. En d'autres termes, la corrosion intercristalline peut se propager aussi en profondeur à partir de très petites piqûres superficielles.

La corrosion intercristalline est causée par la différence de potentiel électrochimique qui peut exister entre le grain lui-même et la zone des joints de grains où peuvent se produire des précipitations de composés intermétalliques, telle la phase  $Al_3Mg_2$  pour les alliages au magnésium. Le potentiel de dissolution de cet intermétallique est très électronégatif :  $-1\ 150$  mV ECS par rapport au grain :  $-750$  mV.

La corrosion intercristalline peut se développer si trois conditions sont simultanément réunies :

- présence d'un milieu aqueux corrosif,
- différence de potentiel d'au moins 100 mV entre les intermétalliques et la solution solide,
- précipitation continue dans les joints de grains des intermétalliques.

Compte tenu de la différence de potentiel de 400 mV entre la phase  $\beta Al_3Mg_2$  et le grain, les alliages aluminium-magnésium sont sensibles à cette forme de corrosion dans des conditions bien définies et bien connues, rappelées au paragraphe 10.2.

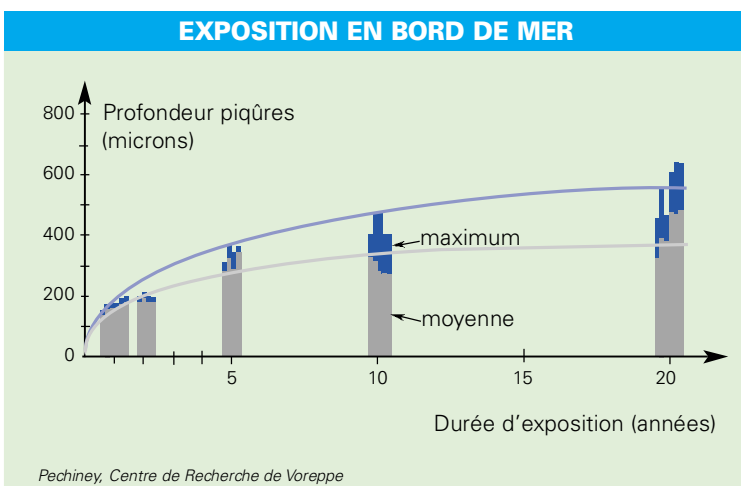


Figure 125

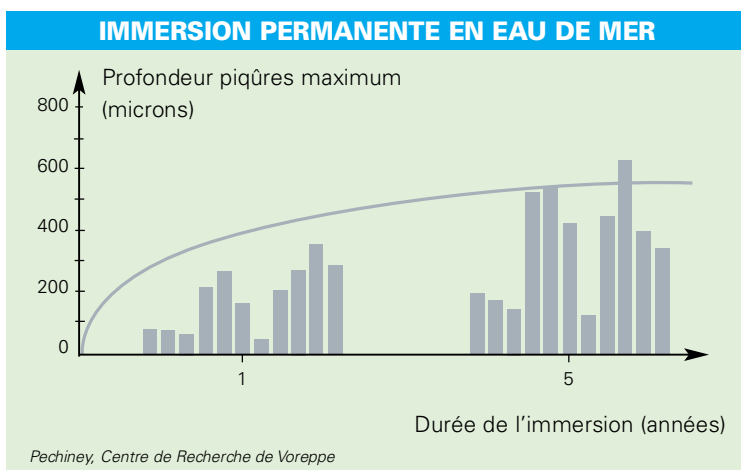


Figure 126