

漁船의 腐蝕과 防蝕 (1)

技術部 梁 學 允

1. 序 言

漁船의 船質은 木材에서 부터 鐵鋼 또는 FRP (Fiber glass Reinforced Plastics), 알미늄, 세멘트까지 實用化되고 있다. 어느 船質이던 船體外板 Propeller 등에 金屬材料를 使用하면 腐蝕이라는 宿命적인 缺點이 있게 마련이다.

이 腐蝕을 防止하기 爲하여 船體外板에 塗裝을 하나 塗裝膜에는 핀홀(Pin Hole) 또는 바르지 못한 部分이나 베겨진 部分이 있으면 그 部分에 腐蝕이 集中되어 孔食이라는 것이 생기게 된다. 또한 塗裝膜은 장기간 흐르면 防鏽力이 없어져 塗裝만으로도 腐蝕을 完全히 防止할 수 없는 것이다. 이의 塗裝缺點을 補充하기 爲하여 防蝕用亞鉛陽極板이나 알미늄陽極板을 붙인다. 極小數이긴하나 一部는 自動制御付外部電源防蝕裝置를 裝備한 漁船도 있다. 이것들의 防蝕法은 一般電氣防蝕이라고 稱한다.

이 電氣防蝕은 塗裝과 併用함에 따라 더 좋은 相乘效果를 얻을 수 있는 利點이 있다. 또한 電氣防蝕은 水中, 流速에 있는 鐵鋼構造物 其他의 金屬에 對해서도 新設, 既設의 如何를 不問하고 容易하게 經濟的으로 腐蝕을 防止할 수 있게 된다.

漁船等은 操業日程에 따라 할수 없이 上架를 延期하지 않을 수 없는 境遇에 또는 操業途中에

防蝕用亞鉛陽極板 또는 알미늄陽極板이 消耗한 境遇는 潛水夫에 依해 이들 陽極板을 바꾸어 붙이는 境遇가 있을 것이다. 이와같이 船體의 腐蝕, 防蝕이 한층 重要課題로 되기 때문에 金屬의 腐蝕原因과 電氣防蝕의 原理 및 應用에 對해서는 다음과 같이 記述하고자 한다.

2. 金屬의 腐蝕

一般的으로 漁船의 金屬部材가 腐蝕하는 境遇 그 表面이 물에 接觸됨으로 일어나는 것으로 이 腐蝕을 濕蝕이라 稱한다.

濕蝕外에 乾蝕이 있으나 漁船에서는 전혀 問題가 되지 않으므로 省略키로 하나 이 濕蝕을 大別하면 表-1과 같다. 濕蝕을 上記와 같이 大別했으나 사람에 따라 틀리나 어떤 境遇고 基本的으로는 電氣化學的腐蝕인 것이다.

漁船에 發生하는 腐蝕은

船 體; 全面腐蝕 또는 局部腐蝕 應力腐蝕. 푸로펠러; 潰蝕(Cavitation erosion), 局部腐蝕 Shaft(軸); 局部腐蝕, 隙間腐蝕, 接觸作用腐蝕 등이 一般的으로 보이는 狀態이다. 또한 進水後의 鐵裝中에 생기는 腐蝕은 主로 電氣熔接에 의해 일어나는 電蝕이나 이것도 電氣化學的腐蝕이다.

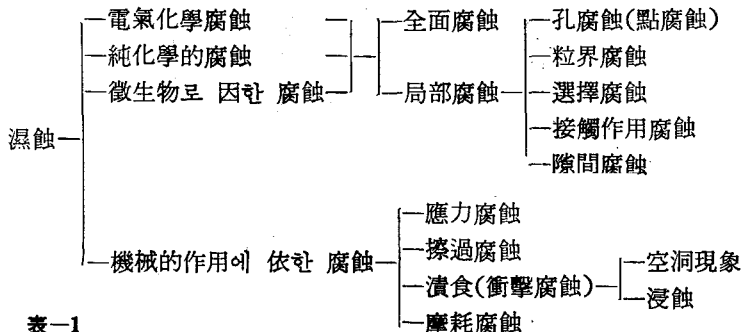


表-1

3. 腐蝕의 原因

3-1 同一金屬의 腐蝕

水中이나 溶液中에서 일어나는 金屬腐蝕의 原因에는 天然의 海水나 土壤은 鹽類가 溶解되어 있고 電導性이 좋은 電解質로 되어 있으나 金屬이 電解質에 接觸 할때 그 金屬과 電解質의 界面에 電位差가 생기게 된다. 이 電位差는 金屬의 種類, 組成, 組織, 結晶의 方向, 應力, 表面의 狀態, 附着皮膜의 狀態, 溫度等 金屬側의 諸因子와 電解質의 種類, 이온의 濃度, 溶存Gas의 濃度, 電解質比抵抗, 液溫, 流速等 電解質의 諸因子에 따라 左右되어 얼핏 同質로 보이는 同一金屬體라해도 그 表面이 電解質에 接하면 이들의 諸因子의 差異에 의해 金屬表面에 無數한 電位가 틀리는 Unbalance 한 狀態로 된다.

이것이 局部電池라 稱하는 것으로 電位가 下位部分(陽極)에서 電位가 上位部分(陰極)으로 電子가 移動해 그 結果 電子를 잃어버린 陽極部의 金屬은 陽이온으로 되어 電解質中으로 溶出된다.

이것이 腐蝕의 第一段階의 電氣化學的 反應인 것이다.

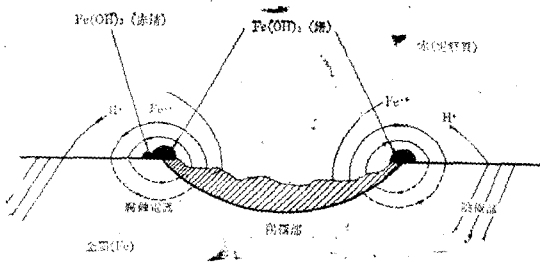


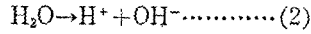
圖-1 局部電池腐蝕

鐵의 境遇 模型의 圖示하면 圖-1과 같이 된다. 腐蝕의 根源은 金屬表面에 생기는 局部的 腐蝕電池에 의한 것이기 때문에 陽極部와 陰陽極部의 電位差를 없애 電氣化學的 反應을 일으키지 않게 하면 腐蝕은 完全防止 될수 있다는 것이 確實하다.

陽極과 陰極에서 일어나는 反應을 化學式으로

表示하면 局部電池의 陽極部로 된 鐵은 $H_2O \rightarrow F^{++} + 2e^- \dots \dots \dots (1)$

(1)式과 같이 鐵이온電子(e)로 分離되어 鐵이온은 水中으로 流出된다.



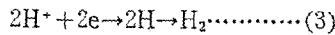
물이 水素이온과 水酸이온으로 分離되어 있는 狀態를 나타낸다.

水中에 流出된 鐵이온은 水素이온과 結合해서 水酸化第一鐵 $Fe(OH)_2$ 로 된다. 이때 水中의 水酸이온은 消費되어 水素가 남기 때문에 陽極近方의 물은 pH(水素이온濃度)가 높게된다. 즉 酸性으로 된다.

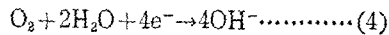
이 水酸化第一鐵은 純粹한 것은 白色으로 空氣에 의한 酸化가 始作될때까지는 綠色이나 綠色이 붙은 黑色을 나타낸다.

水中에는 一般으로 酸素가 녹아 들어가 있기 때문에 이 酸素와 水酸化第一鐵이 反應하여 水酸化第二鐵(붉은녹) $Fe(OH)_3$ 으로 變한다.

이 水酸化 第二鐵이 通常 “녹”의 構成物質이다. 一方 陰極으로된 部分에서는 물의 pH가 酸性의 境遇는



(3)式의 反應에 따라 陰極面에서 水中의 水素이온이 鐵에서 移動하여온 電子와 放電해서 水素 Gas를 만들며 水中에 酸素가 있으면 水素와 酸素가 結合해서 물을 만들기 때문에 水酸 Gas의 發生은 전혀 없기 때문에 分極이 적어 腐蝕이 繼續한다. 中性 또는 알칼리性 물에서는 酸素가 없을 때의 反應은 (3)式이나, 물에 酸素가 녹아 있으면



(4)式에 따라 酸素가 還元해서 水素이온이 생겨 陰極근방의 물은 알칼리性으로 된다. 酸素와 같이 陰極面에서 水素發生을 줄이는 分極을 적게 하는 物質을 復極劑라 하고 腐蝕을 維持하기에 必要한 要素이다. 이와같이 局部電池腐蝕 外에 異種金屬이 接觸腐蝕, 應力腐蝕, Cavitation erosion, 電蝕 등이 있으나 이것들의 腐蝕도 本質的으로는 電氣化學的 腐蝕이 關係해 있다고 보아도 無妨하다.

3-2 異種金屬接觸腐蝕

鐵鋼船의 船尾周圍에 對 防蝕用亞鉛 陽極板을

船體中央部보다 많이 붙이는가? 船尾周圍는 鐵鋼이며 Propeller는 銅合金製로 이와같이 틀리는 金屬이 電氣的으로 接觸해서 海水中에 있으면 鋼製의 船尾周圍가 腐蝕해 銅合金의 Propeller가 防蝕되는 結果가 된다.

鐵은 銅보다 電位가 더 마이너스 이기 때문에 鐵과 銅은 水中에 浸漬하면 鐵中の 電子는 플러스電位인 銅에 끌려서 移動해 電流가 흐른다. 電流의 方向은 電子의 移動方向의 反對이다.

鐵은 이온으로 되어 海水中으로 溶出한다. 이 鐵이 海水中에 溶出해 腐蝕해 들어감을 防止하기 爲하여 防蝕用 亞鉛陽極板이 船尾周圍에 많이 붙게되는 理由인 것이다.

쉽게 마이너스 電位의 金屬을 下位金屬(電位가 낮다)이라하고 이온化되기 쉬운 傾向을 갖고 있다. 즉 腐蝕하기 쉽고 플러스 電位의 金屬을 上位金屬(電位가 높다)이라 하고 이온化되지 않는, 다시 말해서 腐蝕되지 않는 傾向이 있다.

이 電位는 腐蝕의 難易傾向을 表示하는 것으로 이러한 電位列을 Galvanic Series라고 稱한다.

海水中에 있어 常用金屬의 自然電位를 表-2

表-2 海水中에 있어 金屬의 自然電位

金 屬	電位(V)	金 屬	電位(V)
마그네슘	-1.6	水 素	-0.24
亞 鉛	-1.07	黃 銅(7:3)	-0.20
알 미 늄	-0.78	銅	-0.17
鋅, 鑄 鐵	-0.45~-0.65	靑 銅	-0.14
鉛	-0.50	銀	-0.05
錫	-0.46	金	+0.18
닛 켈	-0.24	白 金	+0.33

表-3 海水中 鐵鋼의 異種金屬接觸腐蝕量

	同一金屬	異 種 金 屬 接 觸		
	鐵 鋼	鐵 鋼	鐵 18:8 스테인레스	鐵-닛켈
腐 蝕 量 (mg/dm ² /day)	60	141	139	117
侵 食 度 (mm/year)	0.281	0.661	0.653	0.550

註) 流速 0.5ft/sec, 水温 50°F, 期間 16~19日間 面積 0.2dm².

에 나타낸다.

海水中에서 鐵鋼과 異種金屬이 接觸한 境遇에 腐蝕量의 一例를 表-3에 表示함.

3-3 應力腐蝕

船體外板의 彎曲部等이나 Rivet 頭部에는 應力에 依하여 생기는 것으로 여겨지는 腐蝕이 發生하였으나 最近에는 材質을 Bending 加工 및 Rivet를 하지않고 溶接工作法等의 技術向上으로 漁船에서는 全혀 應力에 依하여 생긴다고 볼 수 있는 腐蝕이 보이지 않게되었다.

彎曲部나 Rivet로 구부러져 熱等的 殘留應力이 남는 部分이나 배의 動搖等으로 低 Cycle의 反復等이 걸리는 部分이 있으면 結晶, 組織에 비틀림이 생겨 表面被膜이 破壞되어 恒常 鐵의 新生面이 露出되어 局部電池의 陽極으로 되어 腐蝕이 促進된다고 生覺된다.

어느 程度以上の 腐蝕作用이 생기면 局部에 금이가는 現象을 應力腐蝕에 依한 金이라고 하고 이境遇 金間部分 以外에는 전혀 腐蝕이 보이지 않는 것이 普通이다.

이러한 腐蝕의 例는 stainless 銅製나 高力銅合金製의 Valve 또는 Pump材에 종종 볼수 있다.

3-4 隙間(間隔)腐蝕

船底에 Bolt Nut 또는 溶接棒같은 것이 떨어져 있는 때가 있다. 이것들을 주어보면 腐蝕의 痕迹을 본 經驗이 있을 것이다. 이 原因은 鐵鋼板과 同材質 또는 他材質과 接해서 조그마한 間隔에 海水가 들어가면 海水中의 溶存酸素때문에 鐵이온이 溶出되어 溶存酸素濃度는 低下하는 것으로 海水中에서 酸素의 供給이 늦어진다. 한편으로 間隔入口 가까이는 海水中에서 充分히 酸素가 供給되기 때문에 間隔의 內部와 外部에서 酸素濃度電池가 생겨 間隔內部에 鐵의 腐蝕이 進行됨과 同時에 鐵의 水酸化物이 形成하여 海水의 pH를 적게(酸性)한다. 當量을 維持하기 爲하여 外部에서 塩素이온(Cl)이 끌려와 間隔內部에서 不働態被膜의 修複을 放棄하기 때문에 漸漸 腐蝕이 進行되는 것으로 生覺된다.

3-5 孔蝕

Engin room의 Bilge 받이 船底에 局部的으로 凹狀으로 깊게 腐蝕하는 境遇가 있다. 境遇

에 따라서는 鐵鋼板을 貫通하는 境遇가 있다. 이런 것들의 腐蝕을 孔蝕이라고 한다.

孔蝕의 特長은 腐蝕한 局部는 內部를 向해서 進行하지만 其外의 部分은 全面均一하게 腐蝕하던가 전혀 腐蝕이 보이지 않는 境遇도 있다. 孔蝕의 原因으로 말하면 金屬表面에 Energy의 差에 따라 局部電池腐蝕이 생겨 陽極部가 連續한 境遇는 全面腐蝕이 溝狀의 腐蝕, 陽極部가 不連續의 境遇에는 孔蝕이 發生한다고 하고 있다.

3-6 潰食

Propeller 先端部附近에 多孔質의 凸凹이 集中하여 파먹은 것처럼 보이는 것이 있다. Propeller가 回轉하여 海水가 高速으로 Propeller 表面에 흘러가면 流速이 커서 水壓이 적은 部分에서 蒸氣壓의 關係로 氣泡가 생긴다.

即 Cavitation(空胴現象)이 發生한다. 거기에서 部分的으로 流速이 적고 水壓이 큰 곳에서 이 氣泡가 壓縮되어 結局에는 氣泡가 破壞된다.

이때 Propeller 表面에 流速의 差, 溶存酸素濃度差에 依하여 Energy의 差가 생기는 것으로 局部電池가 構成되어 陽極部에서 腐蝕한다. 이의 腐蝕은 Erosion이라고 稱하다. 氣泡의 破壞때에 物理的侵蝕作用과 合하여서 局部的 腐蝕을 促進시킨다.

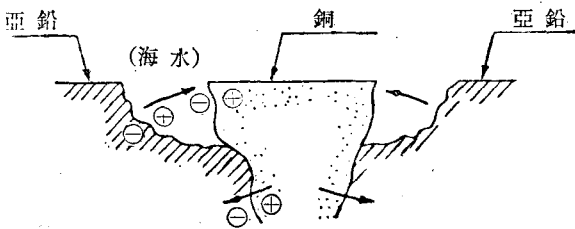


圖-2 脫亞鉛現象

脫亞鉛現象은 黃銅等 銅과 亞鉛이 主成分으로 되는 合金材로 表面의 亞鉛分만이 溶出하는 現象으로 가벼운 Cavitation, Erosion과 닮은 腐蝕狀態로 되는 것이 있는데 전혀 機構가 틀리는 腐蝕現象이다.

3-7 電蝕

造船所의 岸壁등에서 溶接工事を 할 境遇에 圖-3과 같이 溶接機의 Earth를 海水에 設置하면 溶接時 電流가 漏泄電流로 되어 船體에서 Earth로 흐른다.

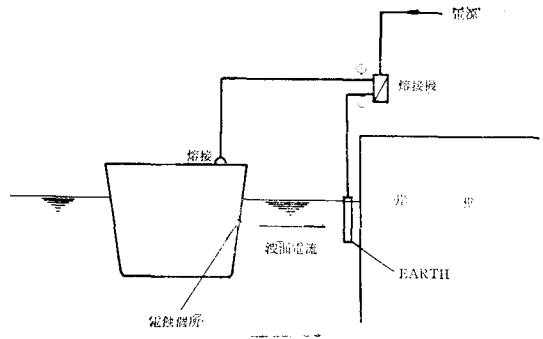


圖-3 溶接工事的 電蝕回路

이의 漏泄電流의 流出部船體에 腐蝕이 생긴다. 이러한 人工的 漏泄電流에 依해 생기는 腐蝕을 電蝕이라고 한다.

溶接機가 交流인 境遇는 腐蝕이 적다고 하나 鎳等이 있으면 整流作用에 依해 一部 交流電流가 直流電流로 變한다고 하며 直流電流가 1A, 1年間 流出했을 때의 鐵의 消耗量은 約 9kg程度 된다고 하니 船內 漏泄電流를 隨時 電檢하여야 할 것이다.

다음 號에 防蝕法에 對하여 記述코져 한다.