

漁船의 腐蝕과 防蝕 (4)

技術部長 梁 學 允

1. 선체의 판의 腐蝕과 電氣防蝕의 經 濟 性

선체의 판의 腐蝕에 관한 조사자료는 그렇게 많지 않다. 日本造船研究協會가 調査한 內容을 例로 들면 船令 10년이상 25척, 10년이하 2척 계 28척의 TANK 船을 對象으로 조사한 결과에 의하면 最高腐蝕量은 3.15mm/10年(0.315mm/年), 最低 1.35mm/10年(0.135mm/年)으로 平均腐蝕量은 2.05mm/10年(0.205mm/年)이었다 한다.

이러한 腐蝕을 防止하기 위하여 防蝕塗裝과

電氣防蝕이 병용되고 있다. 이 併用效果에 의한 經濟성에 관하여 FRANCIS는 표 1과 같이, 美海軍 구축함의 船尾附近의 舵, 스트라트附近 또는 씨체스트의 腐蝕損失이 커서 1年間 1隻의 외판수리비가 \$25,315(約 15,189,000원)이나 소요된다고 하였으며 電氣防蝕을 시행하고있는 구축함은 陽極費를 差引하고 이익이 年間 1척에 \$19,635(約 11,781,000원), 節約率 77.5%에 달하고 있는 것은 놀라운 數字이다.

선체의 판에는 통상 도장을 하고 있으나 出渠後 약 1년간을 통하여 腐蝕 및 海洋生物의 부착등

표 1 美海軍 구축함 선체의 平均年間 유지비(\$) (10척의 平均)

	舵	스트라트	씨체스트	선체	계
電氣防蝕無	6,784	2,135	9,712	6,704	25,315
電氣防蝕有	1,338	874	2,760	708	5,680
差	5,446	2,261	6,952	5,996	19,635
節約率(%)	80	59	72	89.5	77.5

에 의하여 약 1.5KT의 速力損失이 있다고 한다.

2. 流電陽極에 의한 船體防蝕

漁船의 선체의 판을 防蝕할때에는 일반적으로 Propeller 주위의 船尾와 씨체스트에 亞鉛陽極板 또는 알미늄陽極板이 취부되어 있다. 이것은 鐵鋼製의 船體와 Propeller의 銅合金 혹은 Propeller軸의 스텐레스와 異種合金間의 電位差에 의하여 일어나는 腐蝕을 防止하기 위한 것이지만 陽極의 取付數量이 부족할때가 많다. 적정한 陽極수량을 취부하는 것은 각 선박 塗裝의 良否, 선박의 크기 速力 등에 의하여 다르다.

2-1. 陽極수량의 산출

陽極板의 취부수량은 다음식에 의하여 산출하고 있다.

$$N = \frac{A \times d_a + B \times d_b + C \times d_c}{I} \dots \dots \dots (1)$$

단, N : 陽極수량(개)

A : 선체침수면적(m²)

B : propeller 표면적(m²)

C : propeller축의 표면적(m²)

I : 陽極 1개의 발생전류(A/개)

d_a : 선체부의 방식전류밀도(A/m²)

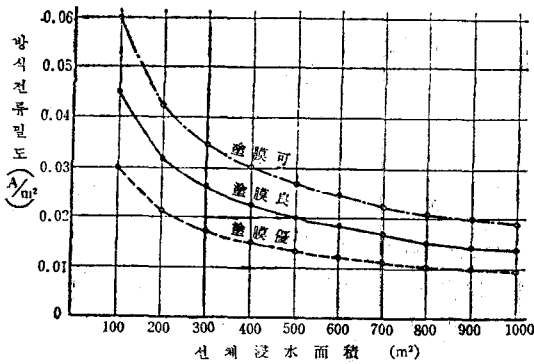
d_b : propeller의 방식전류밀도(A/m²)

d_c : propeller축의 방식전류밀도(A/m²)

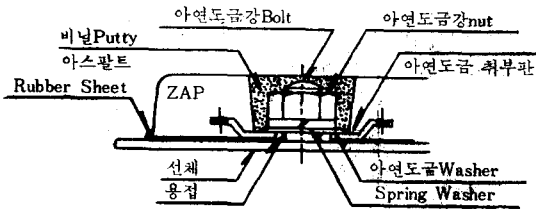
2-2. 防蝕電流密度에 관하여

d_a는 선체부의 塗裝鋼板에 대한 방식전류밀도로서 浸水面積 및 塗膜상태에 의하여 다르다 일반적으로는 도-1과 같다 d_b는 propeller의 銅合金을 防蝕할때의 방식전류밀도는 0.45A/m²~0.5A/m²이다.

d_c는 propeller축이 주강 또는 스텐레스강의 방식밀도는 0.1A/m²~0.12A/m²이다.

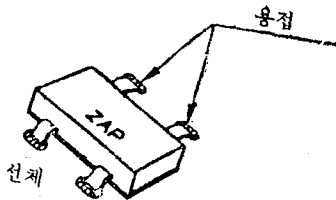


도 1. 船體部의 防蝕電流密度



도-2 Bolt식의 취부방법

도 2. 볼트식의 취부방법



도 3. 용접식의 취부방법

2-3. 陽極발생전류에 관하여

한편 陽極의 발생전류 I 는 陽極의 종류, 형상 및 電位差에 의하여 달라지지만 어선의 선체의 판을 防蝕할때에 사용되고 있는 亞鉛陽極板(ZAP)의 사양을 표-2 및 알미늄陽極板(ALAP)의 사양을 표-3에 표시 이표에 나타나 있는 발생전류를 이용하면 좋다.

陽極의 취부방식에는 사진 1, 2에서와 같이 용접식과 볼트식이 있다.

볼트식일때에는 도-2와 같이 볼트, 너트, 취부, 電氣의接觸을 좋게 할것.

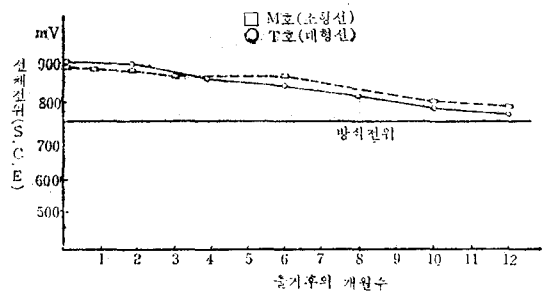
녹이슨 볼트, 너트를 사용하던가 취부면에 異物을 묻치지 말것 용접식은 도-3와 같이 직접선체에 용접하여 취부하므로 電氣의接觸은 확실하

표-2. 선체의관방식용 亞鉛陽極(ZAP)사양

형번호	규격	중량	발생전류	수명	취부방식	
S-1	20×75×150mm	1.48kg	0.25A	0.4년	용접식	
S-2	25×70×150	1.85	0.25	0.5		
S-3	20×100×200	3.0	0.32	0.6		
S-4	30×100×200	4.2	0.32	1.0		
S-6	20×150×300	6.5	0.48	1.0		
S-8	25×150×300	8.0	0.48	1.2		
S-9	30×150×300	9.5	0.48	1.4		
B-1	20×70×150	1.2	0.25	0.3		볼트식
B-2	25×70×150	1.46	0.25	0.4		
B-3	20×100×200	2.5	0.32	0.5		
B-4	30×100×200	3.6	0.32	0.8		
B-6	20×150×300	5.9	0.48	0.9		
B-8	25×150×300	7.3	0.48	1.0		
B-9	30×150×300	8.3	0.48	1.2		

표 3. 선체의관방식용 알미늄양극(ALAP)사양

형번호	규격	중량	발생전류	수명	취부방식	
AS-1	20×70×150mm	0.65kg	0.25A	0.4년	용접식	
AS-2	20×100×200	1.32	0.33	0.77		
AS-3	30×100×200	1.79	0.35	1.0		
AS-4	40×100×200	2.26	0.38	1.2		
AS-5	20×150×300	2.97	0.53	1.0		
AS-7	30×150×300	3.81	0.53	1.5		
AS-9	40×150×300	5.15	0.56	2.0		
AB-1	20×70×150	0.46	0.23	0.4		볼트식
AB-2	20×100×200	1.07	0.34	0.6		
AB-3	30×100×200	1.45	0.34	0.9		
AB-4	40×100×200	1.79	0.39	1.0		
AB-5	20×150×300	2.46	0.48	1.0		
AB-7	30×150×300	2.89	0.48	1.5		
AB-9	40×150×300	3.31	0.51	2.0		



도-4 선체 전위

다. 陽極表面에 도료가 묻지 않도록 주의하여야 하며 혹은 도료가 묻었을 때에는 신나로 완전히

제거할 필요가 있다.

2-4. 陽極數量的 算出例

어선의 船體浸水部가 하기의 경우에 있어서 陽極數量的 算出例를 표시(표 4참조) 亞鉛陽極板(ZAP)의 S-6형(20×150×300mm)를 사용한다고 하면

$$N = \frac{14.5A}{0.48A/\text{개}} = 30\text{개}$$

로 되어 양극수명은 1년이다.

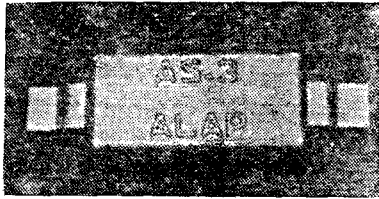


사진-1. 용접식의 ALAP

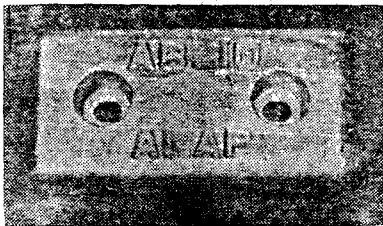


사진-2. 볼트식의 ALAP

표-4 陽極數量的 算出例

防蝕對象	材 質	浸水面積	塗膜狀態	所需電流密度	所要防蝕電流
船 體	銅	500m ²	良	0.02A/m ²	10.0A
Propeller	銅合金	8	—	0.5	4.0
Propeller軸	스텐레스	5	—	0.1	0.5

이 陽極數量的 산출식(1)은 塗膜의 정도만이 미지수이므로 누구나 용이하게 계산할수가 있다

陽極의 취부위치는 양극수량의 半數를 船體部 나머지半數를 propeller 주위의 船尾에 분산하여 취부한다.

propeller와 선체를 Brush로서 전기적으로 접속하여 항주중의 propeller를 防蝕할 때에는 30~50% 亞鉛양극수량을 증가시킨다.

알루미늄양극판의 경우에도 같은 방법으로 산출하면 된다.

상기의 산식을 이용하여 亞鉛陽極으로 防蝕하였을 때의 電位측정의 결과는 도-4에 표시한 것과

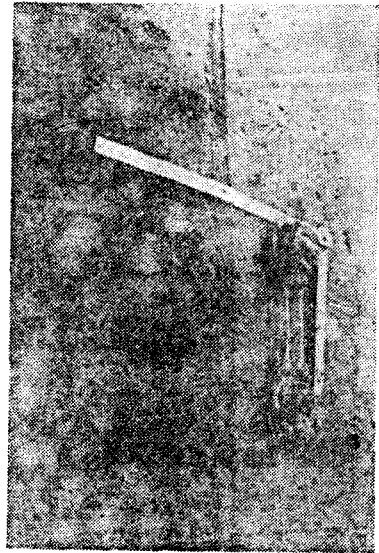


사진-3. 陽極소모후 방치되었을때의 선체의판 및 용접부의 부식상태

같이 上架직전까지 防蝕狀態를 유지하고 있다.

2-5. 陽極의 교체

亞鉛陽極板이나 알루미늄陽極板은 防蝕電流를 흘리면서 소모되므로 80%~90%정도 소모하면 새로운 양극으로 교체하도록 한다. 소모된 대로 방치하면 사진 3에서 보는바와 같이 양극의 취부판만이 남아 선체의판 및 용접부가 부식할 염려가 있으므로, 때때로 陽極의 소모상태를 점검할 필요가 있다.

3. 外部電源防蝕法

외부전원방식법은, 본선의 발전기로부터 교류전원을, 정류기를 사용하여 직류로 변환하여 防蝕電流를 흐르게하는 방법이다. 이 외부전원방식법이 채택된데 대한 이유로는,

① 流電陽極에서 선체의판을 완전방식하는데에는 상당한 수량의 陽極을 취부하지 않으면 안된다.

② 流電陽極에서는 1~2年마다 入渠하여 방식용亞鉛陽極板이나 알루미늄陽極板을 교환할 필요가 있다.

③ 가령 4년수명의 陽極을 취부한다고 하면 약 70~100mm 두께의 것을 취부하게되어 流水抵抗이 문제가 될때도 있다.

④ 선체의판의 塗膜이 ROPE나 漁網으로 손

상되어도 防蝕電流가 부족됨이 없이, 防蝕效果를 얻을 수 있다.

⑤ 특히 防蝕을 위한 발전기는 필요치 않고 본선의 발전기의 용량내에서 電力이 조달되는것

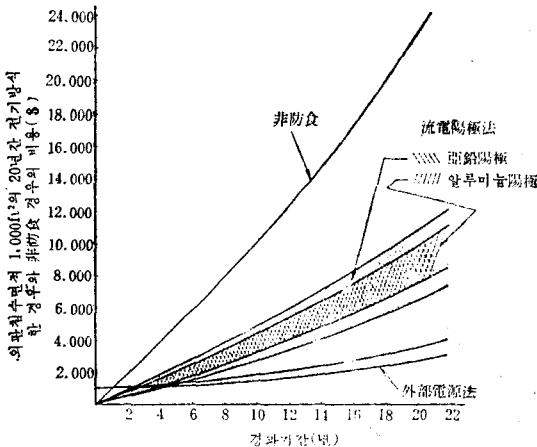
⑥ 자동제어장치와 직류전원장치를 組合시킴에 따라 선체의 전위를 거의 定電位로 유지할수 있다.

이상의 이유로서 外部電源法에 의한 방식이 이루어지도록 되었다.

3-1. 外部電源防式法の 경제성

外部電源防蝕裝置를 설비한 경우의 경제성에 관하여, 미국 해군의 Naval Ship Engineering Center가 구축함형 선박의 실태조사결과 日本船舶用機器開發協會의 第1分科會 보고서(별책) 1975년 3월 발행에 게재되어 있다. 이 자료에 의하면 電氣防蝕을한 경우와 防蝕하지 않는 경우 자경비의 비교를 도-5에 표시한다. 이 비용에는 2년마다 선박의 Dock비용에 대하여 계산에 산입되어 있지 않다.

外部電源防蝕裝置와 流電陽極法の 防蝕설비및 유지비의 비교를 도-6에 표시한다. 이 도-6은 自動制御付外部電源防蝕裝置의 최초의 설비를 1.0으로하여 비용을 상대적으로 비교하고 있다. 流電陽極의 경우에는 최초의 설비비는 대단히 낮으나 7~10년간의 사용후에는 外部電源防蝕裝置 쪽이 경비면에서 유리하게 된다고 말하고 있다.

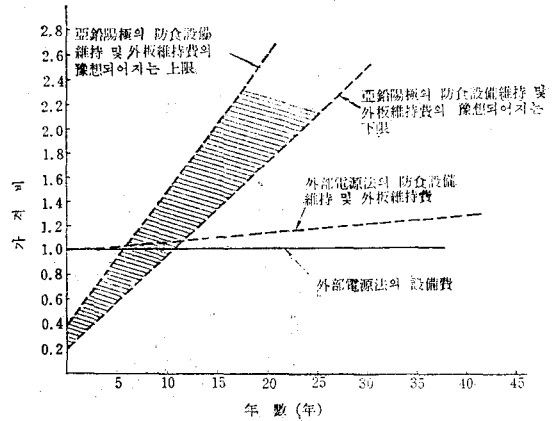


도-5. 電氣防蝕한때와 非防蝕의 경우 비용의 비교

3-2. 電源裝置

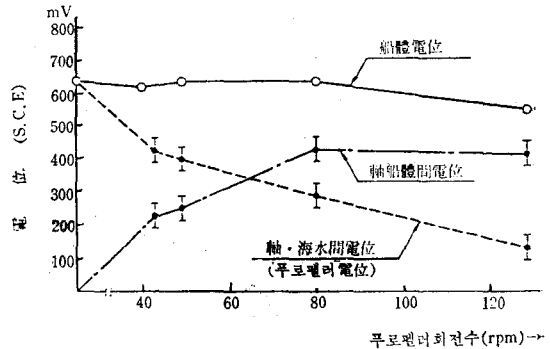
선체의 교류전원을 受電하여 防蝕에 필요한

低電壓의 직류를 공급하기 위한 장치로서, 항상 적정 防蝕狀態를 保持하기 위하여 自動制御回路



도-6. 外部電源法과 流電陽極法과의 電氣防食費用의 比較

를 가지고 감시조작에 필요한 配電盤을 설비한 屋內설치용 入力電源은 交流 440V, 또는 220V 3相 60Hz, 出力電壓은 直流 15V로 出力電流의 制御는 S.C.R방식에 의하여 이루어 진다. 照合電極으로 부더의 信號(船體電位)는 “사이리스타 增幅器로 증폭하여, 설정된 防蝕電位의 범위와 의 差를 더욱더 “사이리스타”回路에서 증폭하여 S.C.R制御에 의하여 防蝕電流가 적정치로 調整 된다.



도-7. 走航中의 電位變化

3-3. 船體短絡裝置

(A) 프로펠러 접지 장치

프로펠러도 선체와 동시에 防蝕하기 위하여 프로펠러 SHAFT와 船體間을 전기적으로 접속할 필요가 있다.

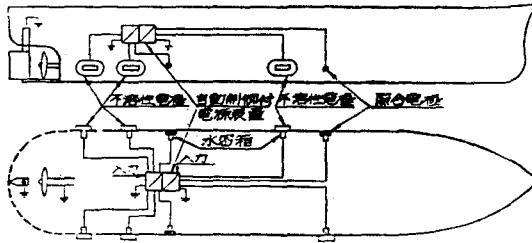
이 접지장치는 프로펠러 SHAFT에 SLIP RING를 감아 銅 혹은 銀합유의 메탈릭 부러쉬로 선체와 완전히 접속시킨다.

이 이유로서는 선미부근에 流電陽極을 취부하여, 더욱더 軸受가 OIL BATH SEAL 방식으로 여러척을 선체와 軸間에 대하여 측정한 결과의 대표적인 例를 도-7에 표시한다.

도-7로부터 정박중의 프로펠러 SHAFT, 선체간의 電位差는 0볼트로 導通狀態를 표시하여, 프로펠러의 회전이 증가함과 동시에 서서히 電位差가 생기고 있다.

이것은 프로펠러 샤프트, 船體間이 絶緣狀態가 되고 있다는 것을 표시하고 있다.

선미부근에 취부된 流電陽極부터 防蝕電流가 프로펠러에는 유효하게 流入해 있지 않게된다. 접지장치를 설비하고 있는 선박에서도 접지장치에 潤滑이나 OIL MIST등이 부착하면 導通狀態



도 8. HACCC의 배치

가 나쁘게 되므로 때때로 이 접지장치를 청소할 필요가 있다.

이 접지장치가 불안정하면 逆으로 프록은 프로펠러 로펠러샤프트에 電蝕을 일으킨 염려가 있다.

3-4. NACC(外部電源防蝕裝置)의 防蝕效果

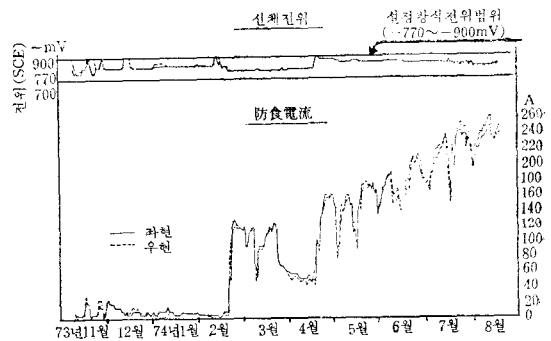
12만톤 탱카에 장비된 NACC(外部電源防蝕裝置)를 도-8에 표시한다. 不溶性電極은 선미부근에 100A형을 4개, 선체중앙부에 150A형을 2개, 계 6개, 照合電極은 선미부근에 2개 선체중앙부에 1개 계 3개를 배치하였다.

항해중 선체전류의 經時記錄 데이터를 도-9에 표시한다. 이 데이터는 자동제어회로의 防蝕設定 電位範圍이다. -770mV부터 -900mV(S.C.E)에 끊키지 않고 유지되고 있는것을 표시하고 있다.

특히 이 데이터에서 注目되는것은 1973년11월부터 1974년 2월 16일까지는 보통으로 운항되고 있었으나 1974년 2월 17일에 砂地에 坐礁되어

同 21日에 砂地로부터 예인하여 船底를 조사한 결과 船底塗膜은 剝離되어 있었으나 선체의판은 대부분 손상을 받지 않았음이 확인되어 23일에 운항을 재개한 결과 "NACC"의 防蝕電流가 자동적으로 증대하여 裸鋼板을 완전하게 防蝕하고 있음을 도-9에서도 볼수가 있다. 同船은 독크에 들어가는 일이 없이 그대로 9개월간 더 가동한 후 1974년 11월 독크에 넣었다.

독킹시에 船底를 조사한 결과 船底塗膜은 약 2500m²정도 손상이 확인되었으나 선체는 프로펠러와 함께 완전하게 防蝕되어 하등의 腐蝕은 찾아보지 못했다.



도 9. 防蝕電位와 防蝕電流(經時記錄)

만일 "NACC"가 장비되어 있지 않았다면 즉시 독킹 수리를 하여 運休中の 모든 경비손실은 막대했으리라 예상된다.

出渠後 약 9개월 경과되고 있으므로 防蝕電流는 出渠직후보다 얼마간 증가되고 있으나 선체전위는 완전하게 防蝕상태를 유지하고 있다.

본선의 防蝕電流密度를 산출하여 보면 初期는 0.5~1.0mA/m² 出力電壓은 2~3V이다. 坐礁후는 5mA/m²부터 서서히 증가하여 入渠직전에는 15~20mA/m² 정도가 되어 있다. 坐礁에 의한 塗膜損傷부분에 要한 防蝕密度를 추정하여 보면 선체塗膜의 양호한 부분의 防蝕電流密度를 1.0mA/m²으로하면 塗膜 손상부분의 약 2,500m²에는 100~130mA/m²정도의 防蝕電流密度를 要한 것으로 된다.

이 값은 일반적으로 裸鋼板을 防蝕하는데에 要하는 防蝕電流密度이다. 이러한 것으로 보아 "NACC"는 정상적으로 작동한 것이 증명된다.