

# 국부부식의 종류와 발생원인

글/김영호 <정우금속(주) 전무이사, 기술사>

## 목 차

1. 전식(電蝕)
2. 극간부식과 점식
3. 입계부식, 선택부식, 응력부식
4. 접촉부식

### 4. 접촉부식(接觸腐蝕 · Galvanic Corrosion)

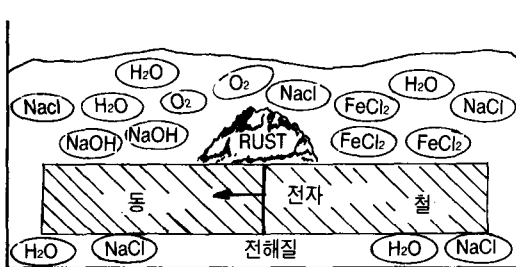
#### (1) 발생원인

· 동판과 강관을 연결하면, 전기(前記)한 바 있는 배터리의 기본원리가 그대로 적용된다. 즉 동에 대한 철은 동에 대한 아연의 경우와 동일하다. 그러므로 아연처럼 철은 동에 연결되어 있지 않은 경우보다 동에 연결되어 있을 때 훨씬 빨리 부식된다.

접촉부식이란 이와 같이 재질이 다른 금속이 연결되어 있을때 각각의 전극전위차(電極電位差 · Electrode potential)에 의하여 한쪽 금속은 양극이 되고, 다른쪽 금속은 음극이 되어 전지(Galvanic Cell)가 형성되므로써 양극이 되는 금속이 부식되는 현상이다.

그림 8은 전해질(여기서는 소금물)에 철과 동을 연결하여 두었을 때 접촉부식이 일어나는 과정을 보여준다.

<그림 8> 접촉부식의 과정



흔히 사용되는 금속재료중에서 어떤 금속을 같이 사용하면 한쪽 금속은 급격히 부식된다. <표 2>와 같은 조합은 부식을 문제삼지 않는 용도를 제외하고는 실무적으로 피해야 할 것이며 꼭 써야하는 경우에는 절연이음쇠를 사용하는 등 부식방지조치를 취하여야 한다.

<표 2> 심하게 부식되는 금속재료별 조합

양극금속 (접촉시 빨리 부식된다)	음극금속 (부식하지 않는다)
알루미늄	철
알루미늄	동 및 동합금
알루미늄	스테인리스강
철	동 및 동합금
철	스테인리스강
아연	철
아연	동

자료) 문헌 1. p.5.

#### (2) 상대적인 면적과 인접효과

철(양극)을 동(음극)에 연결함에 있어서 동이 철의 면적의 1/100 이하이면 철에서의 부식 발생이 거의 없다. 만약 철에 대한 동의 상대적 면적을 1:1에서 100:1까지 증가시킨다고 하면 어느 비율에서 철의 부식이 급격히 증가할 것이다.

그러므로 동판 조립에 사용된 철제 볼트는 매우

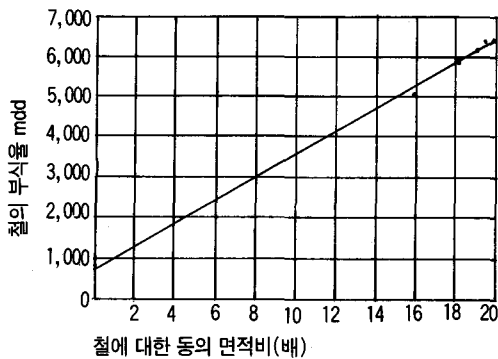
빨리 부식되며, 반면 철판 조립에 동계 볼트를 사용한 경우에는 부식 문제가 심각하지 않다는 것을 쉽게 이해할 수 있다.

즉 접촉부식은 접촉하는 두금속의 면적에 밀접한 관계가 있으며 이를 상대적인 면적효과라고 한다.

음극면적 대 양극면적의 비율 증가에 대한 영향은 그림 9와 같다. 그림 9는 동과 철을 연결하여 3%의 NaCl 수용액 중에 담그었을 때 양극(철)의 부식율을 보여주는 것으로 철의 면적 0.047dm<sup>2</sup>에 대하여 동 면적을 0.024dm<sup>2</sup>에서 0.94dm<sup>2</sup>까지 증가시킨 경우이다. 즉 양극금속(철)에 대한 음극금속(동)의 면적을 증가시키면 양극금속의 부식율이 급격히 증가함을 보여준다. 그림에서 mdd는 mg/dm<sup>2</sup>·day이며 (mdd×1.44)÷밀도=Mpy가 된다.

인접효과란 두금속이 접촉해 있을 때, 접촉된 지점의 양극금속이 가장 심하게 부식되며 접촉부위에서 멀어질수록 부식이 적어진다는 것이다.

〈그림 9〉 동과 철 접촉면적 변화에 따른 부식정도



### (3) 접촉부식이 가속화되는 기준

활성이 큰 금속(more active metal)이 활성이 작은 금속(less active metal)에 연결될 때, 연결이 안된 경우보다 빨리 부식된다는 것은 전기(前記)한 내용으로 설명된다. 그러면 과연 어느 정도로 가속화되는 것인가가 의문이다. 다음의 7개 기준의 정도에 따라서 결정된다.

- ① 두 금속의 성분
- ② 금속의 표면처리 상태
- ③ 두 금속의 내·외부의 유량
- ④ 용액중에 용해되어 있는 산화물의 종류(산소, 철이온 등)
- ⑤ 보호막을 파괴시키려는 경향을 갖는 물질의 유무(염화물, 황화물, 취화물 등)
- ⑥ 보호막을 형성시키고, 보호하려는 경향을 갖는 물질의 유무(탄산염, 인산염 등)

〈표 3〉은 철에 대표적으로 많이 사용하는 금속 10종을 각기 접합하여 양극쪽 금속이 부식되는 정도를 측정하였다. 이 자료에서 금속과 금속간에는 어떤 금속에 대해서는 부식으로 부터 보호되고 어떤 금속에 대해서는 부식이 가속화 되는 사실 즉, 두 금속중 한가지는 귀(貴·Noble)한 금속이 되고 또 한가지는 비(卑·Ignoble)한 금속이 되는 상대성이 있다는 것을 알 수 있다.

〈표 3〉 1% NaCl 수용액 중 철과 주요 금속을 연결하였을 때 각 금속의 부식감량

철의 부식량(mg)	연결된 금속	연결된 금속의 부식량(mg)
183.1	동	0.0
181.1	니켈	0.2
171.1	주석	2.5
183.2	납	3.6
176.0	텅스텐	5.2
153.1	안티모니	13.8
9.8	알루미늄	105.9
0.4	카드뮴	307.9
0.4	아연	688.0
0.0	마그네슘	3104.3

주) 금속별 부식율이 각기 다르므로 시험편의 면적과 시험시간이 다름.

따라서 단위 면적에 대한 부식율이나 부식감량으로는 환산할 수 없음.

자료) 문헌 1. p.6. Table 1.



〈표 5〉 물속에서의 금속 재료별 접촉부식 계열

most active (부식이 잘된다)	Muntz metal
Magnesium	Managanes bronze
Magnesium alloys	Naval brass
Zinc	Nickel (active)
Galvanized steel or galvanized wrought iron	Inconel (active)
Aluminum 52SH	Yellow brass
Aluminum 4S	Admiralty brass
Aluminum 3S	Aluminum bronze
Aluminum 2S	Red brass
Aluminum 53S-t	Copper
Alclad	Silicon bronze
Cadmium	Ambrac
Aluminum A17S-T	70-30 copper nickel
Aluminum 17S-T	Comp. G-bronze
Aluminum 24S-T	Comp. M-bronze
Mild steel	Nickel (passive)
Wrought iron	Inconel (passive)
Cast iron	Monel
Ni-Resist	18-8 stainless steel type 304 (passive)
13% chromium stainless steel type 410 (active)	18-8-3 stainless steel type 316 (passive)
50-50 lead tin solder	Hastelloy C (passive)
18-8 stainless steel type 304 (active)	Silver
18-18-3 stainless steel type 316 (active)	Graphite
Lead	Gold
Tin	Platinum
	most noble (부식이 않된다)

자료) 1) 문헌 1. p 7, Table 3.

2) 문헌 3. p 18-6.

보호피막의 존재 유무를 고려한 금속재료별 실질적인 접촉부식계열(Galvanic Series)은 〈표 5〉와 같으며, 이것은 내식성의 순서 즉 금속의 Nobility 순으로 배열되어 있음을 알 수 있다. 표에서와 같이 마그네슘은 가장 양극이며 부식되기 쉽고 백금은 가장 귀(Noble)하여 부식에 대한 저항이 크다.

#### (4) 주요 금속별 부식전류

1A의 전류는 연간 철 9Kg을 부식시킬 수 있고, 아연도 철제 탱크와 연결된 0.9m 길이의 동관 사이에서는 약 250 $\mu$ A의 전류가 발생한다<sup>34)</sup>는 측정결과는 실무적으로 여러 용도에 사용할 수 있는 자료이다.

주 3) 문헌 3. p.18-6.

4) 문헌 4.

〈표 6〉은 주요 금속재료별로 연간 0.0254mm (1MPY)의 두께가 부식되기 위하여 필요한 부식전류의 실험치이다.

〈표 6〉 주요금속의 부식전류

금 속	전류 (μA)
알루미늄	13.0
카드뮴	7.5
코로미늄	20.0
동	7.0
철	14.0
납	5.0
마그네슘	14.5
니켈	14.5
주석	6.0
아연	10.5

주) 시편의 면적 :  $1in^2(645.16mm^2)$

자료) 문헌 1. p.8.

〈표 7〉은 동(음극금속)에 다른 주요 금속(양극금

속) 0.01% NaCl 수용액 중에 두 금속을 담그었을 때 발생하는 접촉전류

음 극	금 속	접촉전류 (μA / in <sup>2</sup> )		
		초 기	10~20분후	6일후
Cu	Al	172	80	100
	Fe	320	56	36
	Sn	22	20	10
	Pb	30	20	18

자료) 문헌 1. p.8. Figure 4에 의거 계산

속)을 연결하였을 때 발생하는 부식전류를 측정할 결과이다.

이와 같이 전기는 금속을 부식시키며, 재질이 다른 금속을 접촉시키면 전기가 발생한다는 기본이론이 부식에 대한 기본이며, 측정치나 실험결과를 잘 응용하므로써 사용하는 금속재료의 수명계산이 가능하고, 또한 부식으로 인한 피해를 계산할 수 있으므로 대책을 수립할 수 있다는 결론에 도달된다. (다음 호에서는 부식조절법을 다루어 부식이론에 대한 설명을 마치고자 한다.)

### 참 고 문 헌

1. R.W.Staehle, Galvanic and Stray Current Corrosion ; Causes and Prevention.
2. John H.Fitzgerald III. P.E.Corrosion Control for Underground Structures. Plumbing Engineer 11/12, 1983.
3. ASPE DataBook, 1981-1982, Vol. II. Special Plumbing Systems Design.
4. Dr. Frank N.Speller, Corrosion Causes and Prevention.