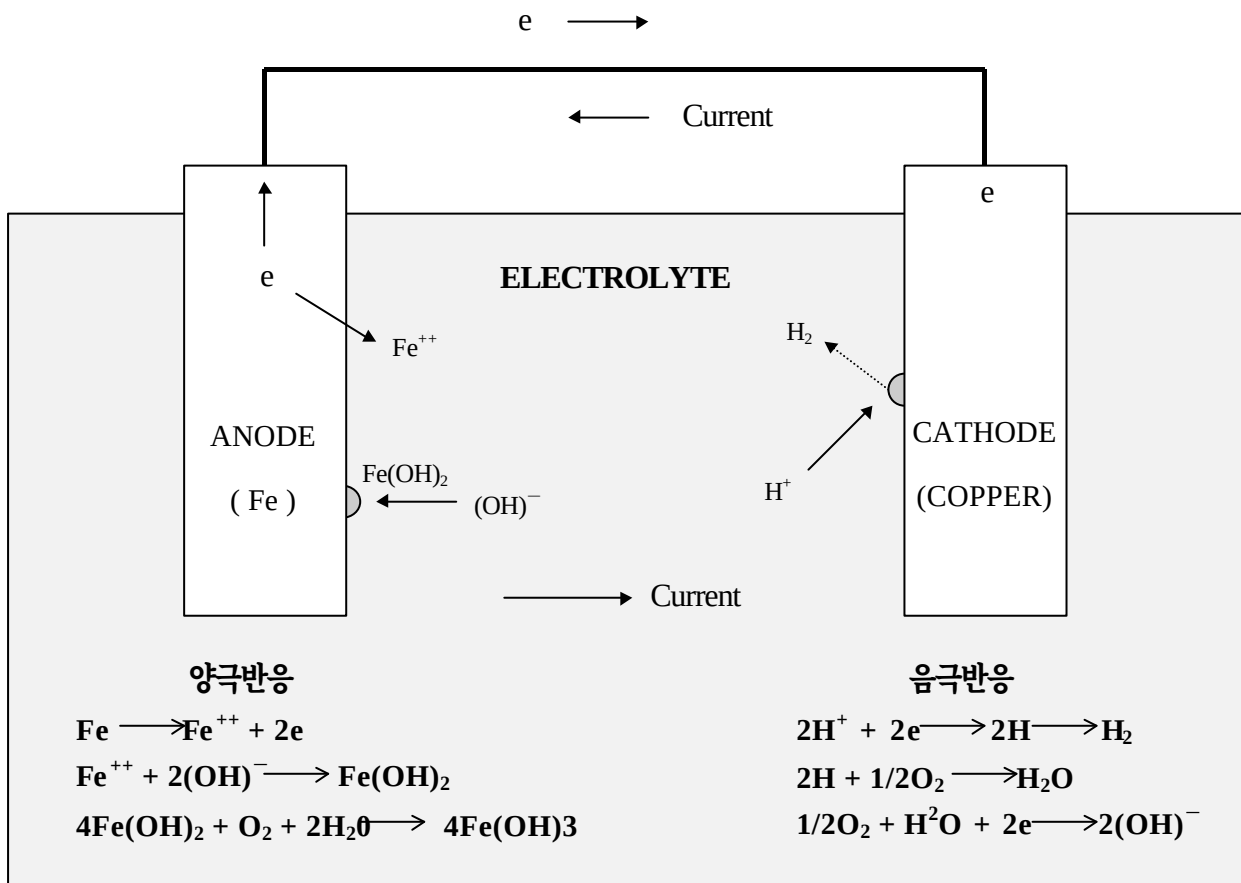


1. 금속 부식의 원리

부식이란 금속이 주위 환경과의 화학적 및 전기 화학적 반응에 의해 파괴되는 것이다. 에너지의 관점에서 금속은 에너지를 방출하며 더욱 안정된 물질로 되돌아가려는 성질을 가진다. 용광로에 조강 1톤을 생산하기 위해서는 약 7×10^6 Kcal의 에너지가 소요되며 철은 에너지를 흡수한 상태이기 때문에 산화철보다 불안정하다.

땅속, 바닷속, 또는 습기찬 공기 중에서 금속 부식의 첫단계는 금속이 전해질 속에서 이온화 되어 전자를 잃고 양이온이 되어 전해질로 들어간다. 이것은 양이온 물질의 이동이므로 금속으로부터 전해질 쪽으로 전류의 흐름을 의미한다. 이러한 형태의 부식을 습식 (또는 전식) 이라 하며 자연상태에서 금속의 거의 모든 부식이 습식이며, 따라서 이러한 형태의 부식을 자연부식이라 한다.

2. 전기 방식의 원리

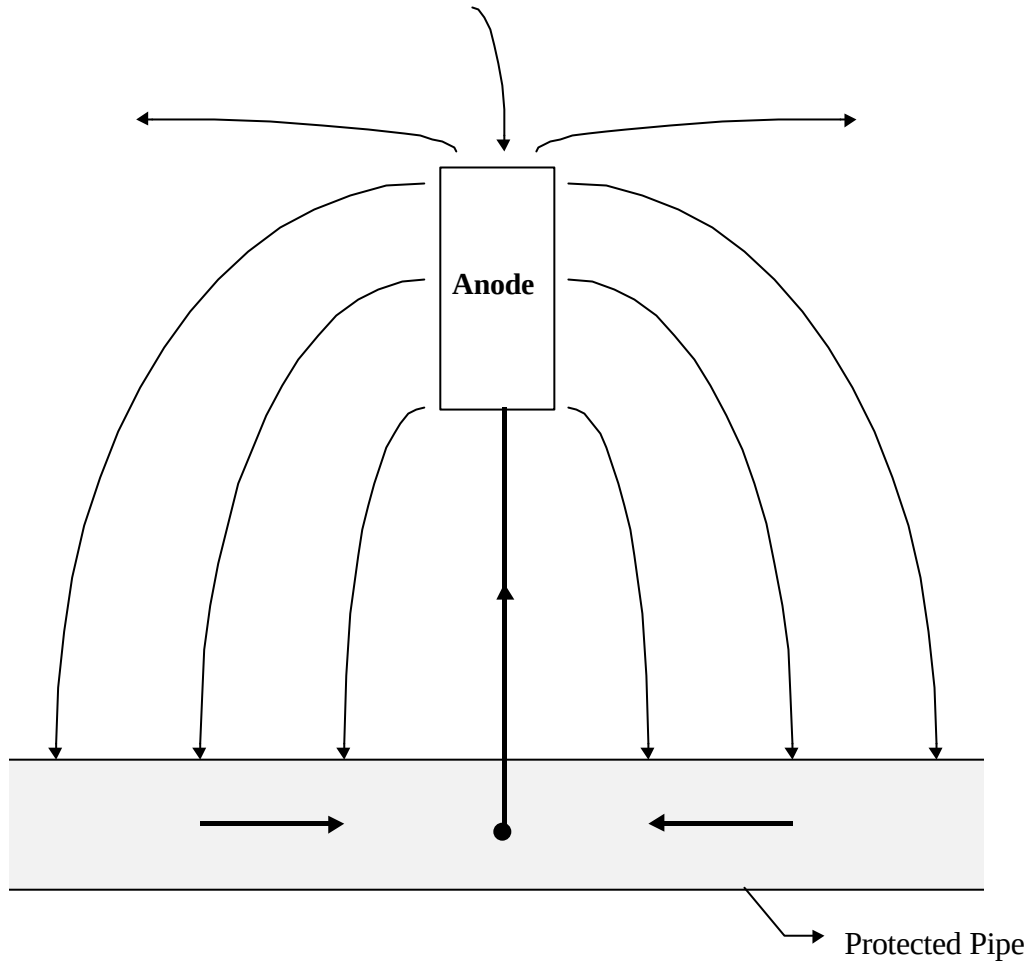


다른 종류의 금속들이 서로 전기적으로 연결되어 전해질 속에 있을때 상대적으로 비금속인 금속(Less Noble Metal)은 부식되고 상대적 귀금속인 금속은 부식으로부터 보호된다. (방식된다)

철은 동보다 비금속이어서 철이온은 전해질로 들어가고 철의 전자는 연결부를 통하여 동으로 간다. 철이온은 전해질속에 해리되어 있는 수산이온들과 결합하여 수산화제 1 철이 되고 다시 산소와 결합하여 적갈색의 쇠녹인 수산화제 2 철이 된다. 연결부를 통해 Cathode 로 흘러 들어간 전자는 음극 표면에서 수소이온과 결합하여 수소가 되고 다시 산소와 결합하여 물이 되거나 수소 및 물과 반응하여 수산화 이온을 생성시킨다.

3. 희생 양극식(Sacrificial Anode System) 전기방식

이종금속 부식원리를 이용하여 피방식 금속보다 상대적으로 전위가 높은 금속(Anode)을 전기적으로 연결함으로써 피방식 금속을 음극으로 만들고(Cathodic Protection) 두 금속 간에 전위차에 의한 방식전류를 얻어 부식으로 부터 보호한다.



Anode 의 재질로는 Magnesium (-1.75V), Zinc(-1.1V), Al(-1.05V) 등이 사용되는데, Mg 의 경우 약 0.8V, Zn or Al 의 경우 약 0.25V 의 방식전위를 갖는다.

ANODE 비교

	양 극 종 류		
	Mg	Zn	Al
양극개로전위 (V)	1.55 ~ 1.75	1.1	1.10
유 효 전 위 (V)	0.8	0.25	0.25
이론전기발생량 (AH/g)	2.2	0.82	2.88
효 율 (%)	50	95	90
유효전기량 (AH/g)	1.1	0.78	2.59
소모율 (Kg/a-year)	7.96	11.23	3.38
사 용 장 소	토중	해수	해수

금속의 자연전위

METAL	VOLTS*	METAL	VOLTS*
Commercial pure magnesium	- 1.75	Cast Iron(not graphitized)	- 0.5
Magnesium alloy (6% Al, 3% Zn, 0.15%Mn)	- 1.6	Lead	- 0.5
Zinc	- 1.1	Mild steel in concrete	- 0.2
Aluminum alloy(5% Zinc)	- 1.05	Copper, brass, bronze	- 0.2
Commercially pure aluminum	- 0.8	High silicon cast iron	- 0.2
Mild steel(clean and shiny)	- 0.5 to - 0.8	Mill scale on steel	- 0.2
mild steel(rusted)	- 0.2 to -0.5	Carbon, graphite, coke	- 0.3

* 유산동기준전극으로 측정(Ref. : US Army-COE Manual EM1110-1-184)

소요전류밀도

Environment	mA / ft ²
Neutral soil or water (pH 7)	0.4 to 1.5
Well-aerated, neutral soil or water (pH 7)	2.0 to 3.0
Sea water	3.0 to 10.0
moving fresh water(Velocity above 5ft. per sec.)	9.0 to 25.0
Wet soils	1.0 to 6.0
Heated, in soil or moist concrete	3.0 to 25.0
highly acid soil	3.0 to 15.0
Anaerobic soil with active sulfate reducing bacteria initial requirement	6.0 to 42.0
Fresh water that is relatively still	1.0 to 6.0
Fresh water that is highly turbulent and contains much dissolved oxygen	5.0 to 15.0
Hot water	5.0 to 15.0
Mildly acid or alkaline solution in process tanks, depending on turbulence and temperature	1.0 to 25.0
brine tanks	8.0 to 10.0

Ref. : US Army-COE Manual EM1110-1-184

1) 장점 및 단점

장 점	단 점
별도의 전원공급이 불필요	양극 출력전류가 제한되므로 대용량에는 부적합
설계 및 설치가 용이	토양비저항이 높은 곳에서는 비경제적일 수 있음
유지보수가 거의 불필요	유효전위가 제한됨
간섭현상이 거의 없음	
전류 분포가 균일함	

2) Design Data

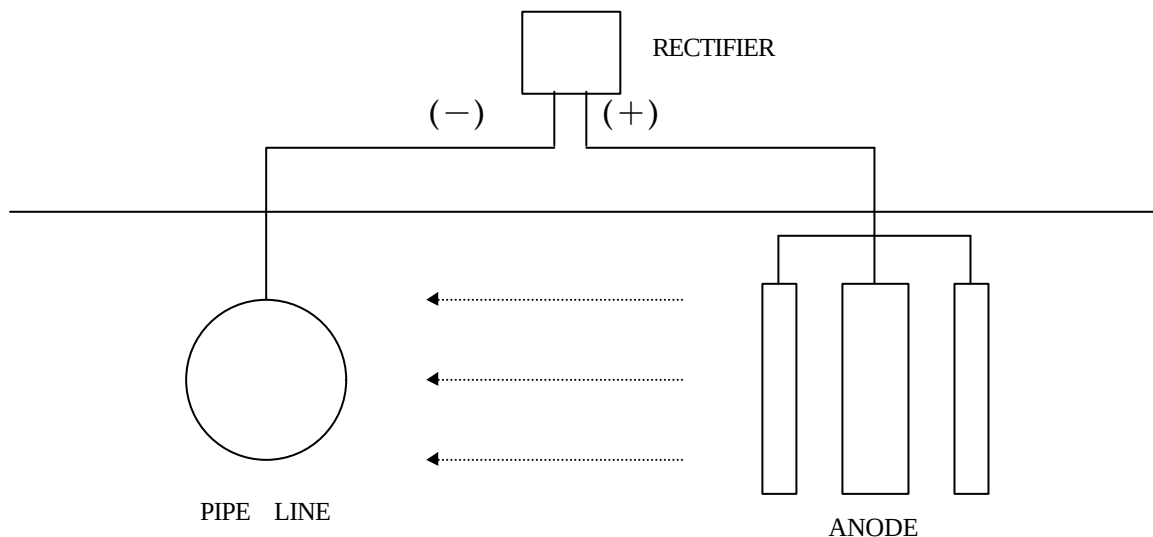
- 대상물의 재질 및 Size
- 토양 비저항(ohm-cm): ρ
- 전류밀도(mA/m^2)
- Coating Efficiency
- Anode 전위/ 재질/중량/ Consumption Rate(Lb/a-year)/

3) 설계방법

- 방식면적 $S = \pi \times D \times L$
- 방식소요전류 $I_R = S \times \text{전류밀도} \times (1 - e)$ 여기서 e : Coating Efficiency
- 최소소요중량 $W = \frac{8,760 \times Y \times I_R}{H \times \text{효율}(0.5)}$ 여기서 Y : 수명(20 - year)
 H : 발생전기량(1000Ah/Lb)
- 양극접지저항 $R_a = \frac{\rho}{(2\pi L)} \times [\ln(8L/D) - 1]$ 여기서 L : 양극백필길이(cm)
 D : 양극백필직경(cm)
- 양극발생전류 $i = \frac{\Delta E}{R_a}$ 여기서 E : 운전전위
 R_a : 양극백필직경(cm)
- 양극 수량 $N = W / w$ 여기서 w : ANODE 중량(Lb/EA)
 $N = I_R / i$ 수량은 큰 쪽을 선정

5. 강제전원식(IMPRESSED CURRENT SYSTEM)

이 방식은 외부에서 DC 전원을 연결하여 강제적으로 양극에서 음극으로 방식전류를 전해질을 통해 공급하는 방식이다.



Anode의 재질은 고규소철(H.S.C.I, High Silicon Cast Iron), Graphite Anodeflex, Pt-Ti, Pb-Ag 등이 있다. Anode의 설치 방법은 Shallow Bed 방식, Deep Well 방식, Distribution 방식 및 Line Anode 방식이 있다.

1) 장점 및 단점

장 점	단 점
대용량	설계가 복잡
전류/ 전압조절이 용이	타시설물의 간섭이 야기됨
방식소요전류의 대소에 관계없다	유지관리가 필요
내소모성 양극사용으로 수명을 길게할 수 있다.	설치비가 비싸다
토양 비저항 값의 크기에 관계없이 적용가능	전원공급이 필요함.
자동화 방식이 가능	과방식의 소지가 있음

2) Design Data

- 대상물의 재질 및 Size
- 토양 비저항(ohm-cm): ρ
- 전류밀도(mA/m^2)
- Coating Efficiency
- Anode 전위/ 재질/중량/ Consumption Rate(Lb/a-year)

3) 설계방법

- 방식면적 $S = \pi \times D \times L$
- 방식소요전류 $I_R = S \times \text{전류밀도} \times (1 - e)$ 여기서 e : Coating Efficiency
- 최소소요중량 $W = \frac{Y \times C \times I_R}{\text{효율}(0.5)}$ 여기서 Y : 수명(20 - year)
 C : 소모율(0.75Lb/A-year)
- 양극 수량 $N = W / w$ 여기서 w : ANODE 중량(Lb/EA)
- 양극접지저항 $R_a = \frac{\rho}{(2\pi L)} \times [\ln(8L/D) - 1]$ 여기서 L : 양극백필길이(cm)
 D : 양극백필직경(cm)
- 양극 Bed 저항 $R_b = R_a / N < 4 \text{ ohm}$ 여기서 N : 수량
- 전체 회로저항 $R_t = R_b + R_c + R_o$ 여기서 R_b : Cable 고유저항
 R_c : 기타저항(약 0.5ohm)
- 정류기 출력 $V = 1.5 \times I_r \times R_t < 60V$
 $I = 1.5 \times I_r$

6. 전기방식 선정시 고려사항

- 1) 전체 방식소요전류의 크기
- 2) 각 설치물로부터 요구되는 전류의 양과 Anode 설치 장소 및 보호대상과의 거리
- 3) 배관이 Coated 인지 Bare 인지, Coated 일 경우 Coating 종류 및 Coating Efficiency
- 4) 타 시설물의 존재 여부