

Stainless Steel 의 腐蝕

글 / LG건설(주) 설비팀

1. 概要

Stainless Steel의 역사는 녹슬지 않는 鋼을 만
들고 싶다는 인간의 바람으로부터 출발하여 현재
의 18-8 Stainless Steel까지 발전하여 왔다.

오늘날 Stainless Steel이라고 불리는 것은
13 Cr강과 18Cr-8Ni강을 대표로 하고 있는데,
이것은 결정조직상에서 Ferrite Stainless
Steel 및 Austenite Stainless Steel 이라고 한
다. 그중 Ferrite系에서 경화시키는 것을 목적으
로 담금질(Quenching)에 의해 C(탄소)함량을
높게 한 것을 Martensite Stainless Steel 이라
고 한다.

일반적으로, 우리는 Stainless steel하면 부식
되지 않는 재료로 알고 있으나, 경우에 따라
Stainless steel 제품도 녹이 발생할 수 있고 또,
일반적인 철제품보다 더 쉽게 녹이 발생할 수도
있다.

이러한 Stainless steel 의 부식에 대하여 알
아보고 우리의 선입관을 고치는데 조금이나마
보탬을 주며, 그러한 녹발생을 사전에 예방할 수
있는 방법등을 알아보도록 한다.

2. Stainless Steel 의 種類

1) Stainless강의 종류는 크게 다음과 같이 분류한다.

1.1) Cr계 Stainless강

- ① Martensite계 Stainless강
- ② Ferrite계 Stainless강
- ③ 고순도 Ferrite계 Stainless강

1.2) Cr-Ni계 Stainless강

- ① Austenite계 Stainless강
- ② Austenite-Ferrite계 Stainless강
- ③ 석출경화계 Stainless강 (강력 Stainless강)

1.3) 특수내식강

이상과 같은 여러 종류의 Stainless강을 사용
하고 있지만, 일상생활과 건설현장에서 쉽게 접
하는 종류는 몇가지 되지 않는다.

Stainless강의 각 종류별로 특성을 간단히 알
아보도록 한다.

① Martensitic계 Stainless강 : Cr량을 12~
18 % 정도로 하고 탄소의 함량을 높여 고온의
Austenite조직에서 급냉함으로써 Martensite
조직을 얻는 Stainless강이며 13 Cr Stainless
강이 대표적이다. 이 강은 탄소의 함량이 낮은

Stainless Steel의 부식

일반적으로 우리는 Stainless steel하면 부식되지 않는 재료로 알고 있으나 경우에 따라서 Stainless steel 제품도 녹이 발생할 수 있고, 또 일반적인 철제품보다 더 쉽게 녹이 발생할 수도 있다.

본고는 이러한 Stainless steel의 부식에 대하여 알아보고 우리의 선입관을 고치는데 조금이나마 보탬을 주며, 그러한 녹발생을 사전에 예방할 수 있는 방법이다.

[목차]

- 1] 개요
- 2] Stainless steel
- 3] 녹발생 사례
- 4] 부식의 형태 및 원인
- 5] 부식의 방지
- 6] Stainless steel과 용접

편이 내식성면에서 좋으나 칼날종류와 같은 정도를 필요로 할 경우에는 燒入性を 좋게 하기 위하여 탄소의 함량을 높게 한다.

이 강은 탄소의 양과 열처리온도를 적당히 선택하면 우수한 기계적 성질이 얻어지고 Cr량도 높아 耐酸化性, 耐熱性이 있으므로 기계 구조용 강으로 용도가 넓다.

② Ferrite계 Stainless강 : Cr량을 12~18% 정도로 하고, 0.1% 이하의 탄소를 함유하며 Cr의 함량이 높기 때문에 가열을 해도 Ferrite와 탄화물의 상이 된다, 열처리에 의한 재질의 개선을 할 수 없기 때문에 기계적 성질은 떨어지거나 가열, 냉각 하여도 燒入이 되지 않으므로 용접성이 양호하고 Cr양이 높아 내식성이 좋다.

18 Cr강이 대표적인 강이다. 특히 鋼磁性을 갖

고있다.

③ 고순도 Ferrite계 Stainless강 : Ferrite계 Stainless강을 특수정련기술을 이용하여 성분중의 탄소, 질소의 함량을 조절하고 탄소, 질소에 대한 안정화 원소인 Ti, Nb를 첨가하여 성형성, 용접성, 내식성 및 인성을 개선한 것이 고순도 Ferrite Stainless 강이다. 고Cr에 Mo를 첨가하여 응력부식 균열이나 孔蝕 또는 隙間腐蝕에도 강하다.

④ Austenite계 Stainless강 : Cr (12~26%), Ni(6~12%)를 함유하는 Fe-Cr-Ni 합금으로 고용화 열처리상태에서 Austenite조직이 되고 우수한 인성, 연성, 내식성을 갖는다. 非磁性으로 가장 경제적인 조성은 18% Cr~8% Ni 이므로 이것이 대표적인 18-8 Stainless 강이다.

⑤ Austenite Ferrite계 Stainless강(2상 Stainless 강)

2 상(Dual Phase) Stainless강은 Cr(20~25%), Ni(4~8%)를 함유하고 여기에 Mo, Cu, N 등을 단독 또는 복합, 첨가한 것으로 Ferrite와 Austenite의 2 상 혼합, 복합 조직이다. 내해수성이 우수하고 Austenite계에 비해 값이 싸며 인성과 용접부의 내식성이 좋고 시공성도 좋다

⑥ 석출경화계 Stainless강

이것은 Stainless강에 석출경화성 원소-Al, Ti, Nb(Niobium), Cu, Be(Beryllium), P(Phosphorus)-를 첨가한 강으로 강도가 높고 Martensite계에 비하여 성형성, 용접성, 내식성이 우수하다. 또 경화 열처리 온도가 Martensite계의 燒入온도보다 낮으므로 열처리시의 변형이 적다.

⑦ 특수 내식강 : Austenite계 Stainless강은 광범위한 부식조건에 잘 견디기는 하나 황산, 염산 등의 비산화성 강산에 대한 내식성이나 염소이온의 존재하에서 발생하는 공식, 응력부식 균

〈표 1〉 STAINLESS STEEL 규격별 성분

K.S 規格	化學成分							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	기타
STS 301	≤ 0.15	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	6.0/8.0	16.0/18.0	
STS 304	≤ 0.08	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	8.0/10.5	18.0/20.0	
STS 304L	≤ 0.03	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	9.0/13.0	18.0/20.0	
STS 316	≤ 0.08	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	10.0/14.0	16.0/18.0	Mo:2.0/3.0
STS 316L	≤ 0.03	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.045	≤ 0.03	12.0/15.0	16.0/18.0	Mo:2.0/3.0
STS 410	≤ 0.15	≤ 1.0	≤ 0.10	≤ 0.040	≤ 0.03	(≤ 0.06)	11.5/13.5	
STS 430	≤ 0.12	≤ 0.75	≤ 0.10	≤ 0.040	≤ 0.03	(≤ 0.06)	16.0/18.0	
STS 604N1								
STS 304J1			* 이하 성분 표기 생략					
STS 305								
STS 321								
STR 409L								
STS 420J1								
STS 420J2								
STS 430J1L								
STS 434								
STS 436L								
STS 444								

열에 대한 저항성은 좋지 않기 때문에, Ni량을 증가시키고 Mo, Cu 등을 첨가하여 내식성을 향상시키기 위하여 개발된 강이다.

3. 녹 발생 事例

1) 當社의 사례

당사에서 시공한 H 현장에서 급수, 급탕, 냉, 난방배관을 사용한 STS 304배관의 용접부위에서 누수가 발생하여 현장조사 및 외부 용역기관에 조사를 의뢰하는 등 제반 조사를 실시한 후 누수부위에 대하여 보완공사를 실시하였다.

조사한 결과, 기계실의 냉, 온수 공급헤더 출구 배관 및 기계실핏트의 냉, 온수 배관, F.C.U 계통 전배관의 연결 용접부위마다 배관 하부에서 누수가 되고 있었다.

漏水의 원인은 용접부위 부근의 부식에 기인하는 것으로 조사 되었으며, 부식의 주요 원인은 용수속에 과다하게 포함된 염소성분으로 파악되었다.

2) 他社의 사례

외부로 드러난 사례는 아직 보고된 바 없지만 급수, 급탕배관을 STS 재질로 사용한 대구의 “A” 아파트, 왜관의 “B” 아파트, 부산의 “C” 아파트 등에서 전체 용접연결 부위중 일부가 누수된 것이 관련업체에 알려져 있다.

4. 腐蝕의 形態 및 原因

1) 全面 腐蝕 : 전면부식이란, 금속의 표면이 일정하게 녹으로 변해가며 금속의 두께가 어디나 같은 속도로 消耗되어 가는 경우를 말하는 것으로

로 부식을 발생 시키는 환경이 금속표면의 어디에서도 일정하고 또, 금속 자체의 성질도 전체가 일정하지 않으면 안되므로 엄밀하게는 일반적으로 발생하지 않는다.

2) 局部 腐蝕 : 국부부식이란, 부분적으로 구멍 모양 혹은 홈 모양의 부식에 의한 凹부가 생기고 기타부분의 부식은 비교적 경미한 경우를 말한다. 금속재료의 거의 모든 부식이 국부부식이라고 할 수 있다.

3) Stainless Steel 材料의 腐蝕形態

Stainless강의 부식의 형태도 크게 일반강과 다르지 않으나, 주로 孔蝕, 입계부식, 응력부식균열의 3가지로 집약된다.

3.1) 孔蝕 (Pitting)

孔蝕은 Stainless강의 표면에 不動態 (Passivity) 피막을 생성하는 재료에서 잘 발생 한다.

孔蝕은 이 不動態 피막을 국부적으로 파괴 또는 관통작용을 하는 Halogenion(염소, 불소, Beryllium 의 음이온)을 함유하는 수용액중에서 일어나는 일이 많고, 특히 염소 음이온은 孔蝕발생의 주요 원인이다. 즉, 피막의 결함부(非金屬 개재물)에 염소 음이온이 흡착되어 피막이 파괴되고 또, 금속이 용출되어 이것이 Anode(陽極)가 되고 주위의 피막(Cathode)과의 사이에 活性態 - 不動態 電池가 형성되어 Anode에서 Cathode로 부식전류가 흘러 孔蝕을 발생 시킨다.

孔蝕이 발생하기 위해서는 Halogen ion 과 산화제도 필요하다. 溶存酸素가 없으면 孔蝕은 잘 일어나지 않는다. 식염수 속에서도 脫氣할 경우 孔蝕은 발생하지 않는다.

구조상에서 隙間部와 외부표면 사이에 濃淡전지가 형성되고 염소 음이온 등에 의하여 不動態가 국부적으로 파괴되는 것을 특히 隙間腐蝕 이라고 한다.

※ 不動態 (Passivity) : 특수한 환경 아래에서 금속이 화

학적 반응을 하지않고 부식이 극히 느리게 일어나는 貴金屬 등이 부식환경에서도 부식되지 않는 상태를 부동태라고 한다.

※ 濃淡전지(Concentration Cell) : 서로 다른 농도의 용액에 담긴 동일 금속을 도선으로 연결할 경우, 전지반응이 발생한다. 이것을 濃淡전지라고 한다.

용액중 酸素의 농도차에 따라 산소가 희박한 부분이 陽極으로, 상대적으로 산소가 풍부한 부분이 陰極으로 작용하는 경우를 산소濃淡電池 라고하며 이러한 경우 양극부분이 부식이 된다.

3.2) 粒界腐蝕 (Intergranular Corrosion)

Austenite계 Stainless강을 600~750℃ 범위로 가열하면 탄화물 $[(Fe,Cr)_{23}C_6]$ 이 입계에 석출되고 탄화물부근은 Cr의 량이 12%이하로 떨어져 부동태가 되지 않게 된다. 이와같이 부식되기 쉬운상태가 되는 것을 銳敏화(Sensitize)라고 한다.

이러한 현상은 용접의 熱 영향부에서 주로 일어나므로 이것을 熔接劣化(Weld Decay) 라고도 한다.

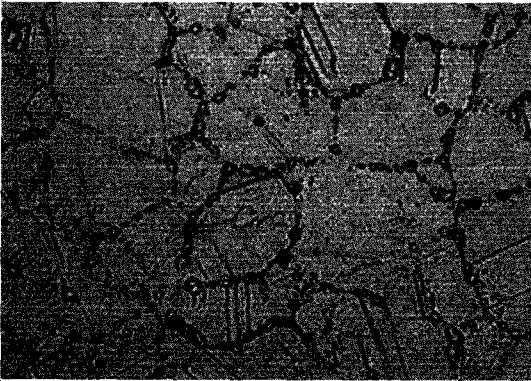
입계부근과는 달리 입내는 不動態로 남아 있으므로 여기서 活性態 - 不動態 전지가 형성되어 입계에 따라 부식이 진행되는 입계부식(Interganular Corrosion)을 일으킨다.

입계는 구조적 결합이므로 그 부분은 입내에 비해 내부에너지가 높은 부분이다

즉, 한 결정입계가 다른 결정보다 활성이 커서 쉽게 부식이 된다.

입계부식은 Cr 탄화물의 析出速度에 비해 입내에서의 Cr 의 擴散속도가 느린데 원인이 있으므로 800℃ 이상에서 가열하면 Cr의 확산속도가 빨라지므로 입계 부식은 발생하지 않게 된다.

또, 탄소의 함량도 입계부식의 큰 요소이다. 탄소의 함량이 저하함에 따라 입계 부식의 발생은 점점 감소한다. 耐粒界腐蝕을 목적으로 할 경우 Stainless 강의 탄소함량은 0.03 % 이하로 낮추어야 한다.



〈사진 1〉 結晶粒界線 상에 Cr-C가 생성된 조직

3.3) 應力腐蝕 龜裂 (Stress Corrosion Crack)

재료의 내,외부로 應力이 작용하고 있는 상태로 염화물 또는 알칼리 용액중에서 재료를 사용하면 국부적인 균열을 일으키고 나아가 파괴되는 경우가 있다. 이러한 현상을 응력부식 균열 (Stress Corrosion Crack)이라 한다. 응력이 작용하는 방향의 직각 방향으로 균열이 진행되며 특히 결정립내를 통하여 균열되는 특성이 있다.

응력부식 균열을 일으키는 환경은 고온의 염화물 용액(MgCl₂, CaCl₂, NaCl 등), 염소 음이온을 함유하는 온수나 수증기, 고온의 알칼리 수용액 등이며 溶存酸素는 응력부식 균열의 촉진 작용을 한다.

응력부식 균열은 주로 인장응력의 경우에만 발생하며 압축응력의 경우에는 잘 발생하지 않는다.

3.4) 電解腐蝕 (Galvanic Corrosion)

서로 다른 금속으로 구성된 재료에서 서로 다른 전위차나 전기화학적 전위차에 의해서 발생하는 부식이다. 두 금속은 電解極(Cell)을 갖게 되며 두 電極중 전기 화학적 전위차가 적은 부분의 금속부터 부식이 시작된다.

전해부식에는 아래와 같은 형태가 있다

- ① 異種金屬 電解腐蝕

- ② 전위차가 다른 금속간 接觸腐蝕
- ③ 熔온도차에 의한 電解腐蝕
- ④ 酸素집중에 의한 電解腐蝕—틈새부식
- ⑤ 침전 電解腐蝕
- ⑥ 渦流(有氣電流)에 의한 부식

3.5) 水素脆化 (Hydrogen Cracking)

수소이온이 강재에 침투하여 강재중의 탄소와 결합하여 Methane을 생성하고 이 때문에 강재는 脫炭현상을 일으킴과 동시에 Methane의 내부압력에 의해서 결정입계에 균열을 일으킨다. 고온과 고압하에서 발생하기 쉬우며 탄소함량이 많을수록 발생하기 쉽다.

그리고, 강재가 pH7이하의 酸性용액속에 있으면 수소를 발생시키며 부식된다. 이 경우, 그 수소의 일부가 강과 결합하여 Crack을 일으키는 것이 수소취화이다.

水素脆化를 방지하기 위하여는 용액을 pH 9 이상으로 유지하여야 한다.

3.6) 苛性脆化 (Caustic Embrittlement)

水素脆化를 방지하기 위하여 pH를 상승시킬 때 Na이온으로 인한 Crack이 발생할 수 있다. 이것을 苛性脆化라고 한다. 따라서 pH의 과도한 상승은 주의하여야 하며 사용 용액의 pH는 가능한 한 12.8 이상 되지 않도록 한다.

* pH (Potential of Hydrogen) 는 수용액 또는 어떤 용액의 산성도나 염기도를 나타내는 정량적인 척도로 용액 1 lit 당 수소이온 농도값을 0~14 의 숫자로 표기하여 나타낸다. 중성인 물의 수소 이온량이 1 lit 당 1/10,000, 000g 當量(10⁻⁷) 이고 pH 7에 해당한다. pH 7이상인 용액은 알칼리성이고 pH 7 이하인 용액을 산성으로 구분한다.

5. 腐蝕의 방지

금속의 부식을 근본적으로 없앨 수는 없다. 따라서 부식방지가 아닌 부식의 調節(Corrosion Control) 을 추구해 나가는 것이 바람직하다.

1) 금속재질의 변화

부식을 방지하는 일반적인 방법은 어떤 腐蝕

環境에 가장 적당한 금속 또는 합금을 선택하는 것이다. 이것이 부식을 방지 내지는 감소시키기 위한 가장 효과적인 방법이다.

금속의 내식성은 조성의 변화, 조직의 변화, 응력상태의 변화 등 3 가지에 의해 개선되어 질 수 있다.

1.1) 組性的 변화 (Composition)

이것은 합금원소를 첨가하거나, 精鍊을 실시함으로써 이루어진다.

내식성 증가를 위한 금속의 첨가는 다음 목적으로 행해진다.

① 不動態化(Passivation) 시킨다

Stainless강에 첨가한 Cr과 Ni은 不動態를 얻기 위한 것이다.

② 貴金屬을 첨가하여 자동적인 부동태화가 이루어 지도록 한다

③ 중화(Neutralization) 시킨다

Austenite계 Stainless강의 입계부식을 방지하기 위한 안정화제(Stabilizer) 로써 Ti, Ta, Nb, 등을 첨가하는것이 여기에 해당된다.

④ 부식 抑制劑(Corrosion Inhibitor)의 역할을 한다

황동에서 脫亞鉛부식(Dezincification)을 방지하기 위하여 As, Sb, Sn 등을 첨가하는 것이 여기에 해당된다.

⑤ 酸化物(Oxide)을 형성한다

고온재료에 Cr, Al, Si 등을 첨가하는 것이 여기에 속한다.

금속의 내식성을 증가시키기 위한 精鍊(Refining)은 금속내에 존재하면서 내식성을 약화시키는 불순물을 제거하는 과정을 포함한다.

1.2) 組織의 변화

조직의 변화는 주로 열처리에 의해서 이루어진다. 금속의 내식성을 증가시키기 위한 열처리는 금속간 화합물이나 탄화물 등을 분해시키기

위한 Annealing을 포함한다. Stainless강의 입계부식을 방지하기 위한 용체화열처리(Solution Heat Treatment)가 여기에 해당된다.

1.3) 應力狀態의 변화

응력상태의 변화는 열처리 또는 냉간가공에 의해서 이루어진다. 응력부식균열(Stress Corrosion Cracking) 또는 수소균열(Hydrogen Cracking)을 방지 또는 감소시키기 위한 인장응력의 제거는 응력제거 Annealing (Stress - Relief)에 의해서 행해진다.

Austenite계 Stainless강의 경우 810~930℃ 정도에서 Annealing을 실시한다.

한편, 금속의 표면층에 압축응력(Compressive Stress)을 생성시키는 것도 응력 부식균열 및 부식피로(Corrosion Fatigue)에 대한 저항력을 증가시키는 효과적인 방법이다. Shot Peening, Reeling 등과 같은 기계적인 방법도 인장응력을 줄이고 압축응력을 생성하는 한 방법이다.

1.4) 合金의 선택

사용할 용수에 가장 큰 내식성을 갖고 있는 금속을 선택하여 사용하는 것이 바람직하다. 즉, Stainless강은 질산(HNO₃)용액에 가장 큰 내식성을 갖고 있으며, Alkali 용액에는 Ni 합금이, 묽은 황산용액에는 Pb 합금이, 蒸溜水에는 Sn 합금 등 각 용액별로 사용 합금을 선정하여 사용하는 것이 좋다.

非酸化酸(Nonoxidizing Acid)과 같은 非酸化 환경에서는 Ni, Cu, Mo 합금이, 酸化酸(Oxidizing Acid) 과 같은 酸化 환경에서는 Cr을 포함하는 합금이 큰 내식성을 갖는다.

2) 腐蝕環境의 變化

금속물질을 균질화하여 양극과 음극이 생기지 않도록 금속을 열처리하거나 내부응력을 제거시킨다. 주위의 환경을 부식이 어려운 환경으로

만든다.

모든 금속은 부식반응이 필연적이나 귀금속의 경우와 같이 표면의 산화피막(녹)의 구조가 치밀하여 가장 완벽한 피막제 역할을 하는 것도 있다.

2.1) 腐蝕성분의 제거

부식을 감소시키기 위한 부식성분의 제거에는 아래와 같은 방법들이 있다

① 酸素제거

산소는 부식반응에 있어서 대단히 중요하다. 산소가 용해되어 있지 않은 상온의 물속에서는 부식 속도가 무시할 수 있을 정도로 느리다.

따라서 淡水나 海水속에서 강의 부식을 감소시키는 효과적인 방법은 溶解 酸素의 농도를 감소시키는 것이다.

일반적으로 용해산소를 제거하는 방법은 2 가지가 있다. 산소의 脫活性(Deactivation)과 증류에 의해 脫氣(Deaeration)시키는 것이다.

脫活性은 脫活性機(Deactivator)라고 불리는 기기를 이용하여 제거할 수 있으며 아황산나트륨이나 하이드라진(Hydrazine) 등과 같은 산소제거제(Oxygen Scavenger)를 사용하는 것으로 용해산소를 효과적으로 제거할 수 있다.

증류에 의한 脫氣는 물의 온도를 높이는 것과 압력을 낮추는 것으로 산소의 용해도를 감소시킬 수 있다.

② 기타 부식성분을 제거한다

용해산소의 제거 이외에도 중화에 의한 산의 제거, 염(Salt)의 제거 등도 부식을 감소시키는 좋은 방법이다. 또한 공기중의 수분을 제거하여 상대습도를 낮추는 방법이 있다. 공기중의 습기를 제거하는 방법으로는 냉동에 의한 방법과 吸着劑, 吸水劑를 사용하는 방법이 있다. 吸着劑로는 Silicagel, 활성Alumina 등이 있고, 吸水劑로는 CaCl₂, CaO, H₂SO₄ 등을 사용한다.

2.2) 腐蝕 抑制劑의 使用

腐蝕 抑制劑(Corrosion Inhibitor)란, 腐蝕 電解液에 첨가함으로써 양극반응이나 음극반응을 抑制하게 되고 그것으로 부식속도를 감소시키게 되는 물질을 말한다.

양극 억제제(Anodic Inhibitor)는 양극분극을 증가시켜 부식전위를 貴方向으로 증가시킨다. 반면 음극억제제(Cathodic Inhibitor)는 음극분극을 증가시켜 부식 전위를 활성방향으로 이동시킨다. 양극억제제와 음극억제제를 혼합한 경우에는 부식전위의 변화가 적으며 양극과 음극 분극의 상대적인 크기에 따라 달라진다.

① 陽極 抑制劑 (Anodic Inhibitor)

陽極 抑制劑는 양극표면으로 이동해가서 양극반응을 억제하게 되고 때로는 不動態化시키는 음이온으로써 물속의 용해된 산소와 작용하는 경우가 많다.

양극억제제로는 正磷酸염(Orthophosphate), 珪酸염(Silicate), 亞窒酸염(Nitrite), 크롬산염(Chromate), 安息香酸염(Benzonate) 등이 있다.

양극억제제는 대단히 효과적이거나 사용에 신중해야 한다.

② 陰極 抑制劑 (Cathodic Inhibitor)

음극억제제는 음극표면으로 이동해가서 화학적 또는 전기적으로 침전하여 음극표면을 電解液과 차단시키는 陽이온이다.

硬水(Hard water)속에 자연적으로 존재하는 Ca(HCO₃)₂나 인위적으로 더해지는 ZnSO₄ 등이 음극억제제이다. 이러한 물질들은 음극표면에 CaCO₃ 또는 Zn(OH)₂로 구성되는 擴散障壁層(Diffusion Barrier Layer)을 형성하여 부식속도를 크게 감소시키게 된다.

③ 混合 抑制劑 (Mixed Inhibitor)

磷酸염, 珪酸염이 溶解酸素 또는 칼슘염과 결합될 경우 좋은 효과를 나타내는 것처럼 두가지의 억제제를 혼합할 경우 그 효과가 훨씬 커지고

抑制劑의 濃度 부족으로 인한 孔蝕의 위험도 제거된다.

2.3) 吸着 抑制劑(Adsorption)의 사용

흡착 억제제는 금속의 전표면에 흡착되어 양극반응과 음극반응을 동시에 억제하기 때문에 흡착 억제제 또는 이중작용 유기 억제제 (Double Acting Organic Inhibitor)라고 하며 보통 N, S를 함유한 화합물이다.

2.4) 氣相 抑制劑(Vapor Phase Inhibitor)

용액속이 아닌 공기중의 재료에 대한 부식방지를 위하여 사용되는 것으로 VPI 또는 Volatile Corrosion Inhibitor라 부르며 주로 높은 증기압을 가진 指芳族 아민 및 亞奎酸염이 여기에 속한다.

3) 電位の 變化

물 또는 水溶液속에서의 금속의 부식은 전기 화학적 기구에 의해서 발생하기 때문에 마찬가지로 전기 화학적 방법에 의해서 방지 또는 감소될 수 있다.

부식의 방지를 위한 전기 화학적인 방법은 근본적으로 금속의 전극전위를 변화시킴으로써 용액에서의 용해를 방지 또는 줄이는 것이다.

이러한 방식은 陰極防蝕(Cathodic Protection)과 陽極防蝕(Anodic Protection)으로 나누어진다.

금속의 전위를 활성방향으로 이동시킴으로써 防蝕할 경우 陰極防蝕이라 하며 貴方向으로 증가시킴으로써 防蝕할 경우 陽極防蝕이라 한다.

이 두 방식중 음극방식이 더 많이 사용되나 사실은 양극방식이 더 중요하다.

3.1) 陰極防蝕 (Cathodic Protection)

음극방식에서는 부식되고 있는 금속(방식되어야 할 금속)이 전기 화학전지에서 음극으로써 쌍을 이루게 되고 그 결과 금속의 전위가 안정영역으로 감소하게 된다. 따라서 금속의 용해는 정지

또는 감소되고 전류의 흐름에 해당하는 속도로 水素發生 및 水素還元이 진행된다. 음극방식은 Galvanic Cathodic Protection과 Electrolytic Cathodic Protection으로 나누어진다.

① Galvanic Cathodic Protection

Galvanic 전지에서 부식금속이 음극이 되도록 하며 따라서 전위가 낮은 금속들(Mg, Zn, Al 등)을 양극으로 사용한다.

이들 금속들이 犧牲陽極(Sacrificial Anode)으로 작용하게 되고 따라서 상대금속의 부식을 방지 또는 감소시키게 된다.

아연도강관 등과 같이 대상금속에 피복시키는 방법과 양극판으로 하여 대상 금속과 쌍을 이루도록 하는 방법이 있다.

② 電解陰極防蝕(Electrolytic Cathodic Protection)

전해전지에서 부식금속이 음극이 되도록 하며 전원으로는 보통 교류를 整流器로 정류한 직류 전류를 사용한다.

음극방식의 전해방법으로는 외부전지의 전압에 의해서 전류를 조절하는 방법과 定電壓裝置에 의해서 음극전위를 조절하는 방법이 있다.

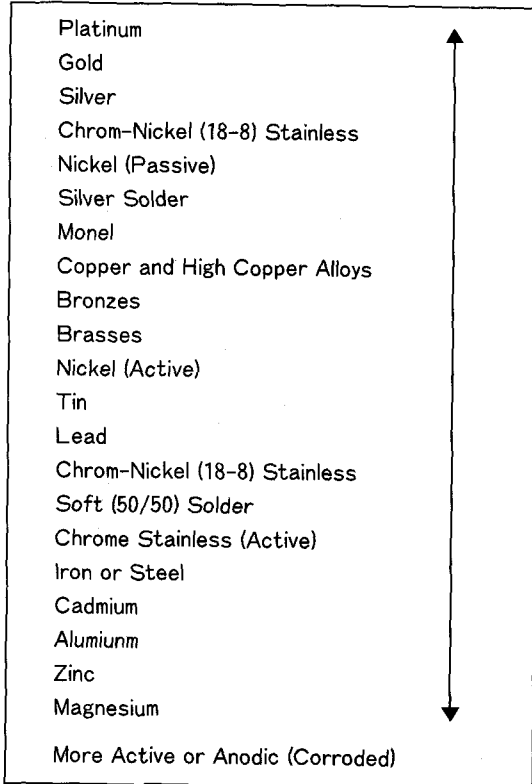
일반적으로 서로 다른 금속이나 합금이 電解物 용액속에서 전기적으로 연결되었을 경우 전류의 흐름은 Cathodic(Protected)금속으로부터 Anodic(Corroded) 금속으로 흐르며, 금속자체 내에서는 Anodic 금속에서 전해용액으로, 전해용액에서 Cathodic금속으로 흐르게 된다. 전해 전류의量は 두 금속간의 電位差에 따라 많은 변수가 있다.

따라서 상기표 상에서 인접한 금속끼리는 아주 적은 전류라도 서로 이동하게 되어 Cathodic 금속의 腐蝕度가 Anodic금속의 부식도에 비해 적어지게 된다.

※ 이온화 경향 : 모든 금속의 표면은 용액중

〈표 2〉 金屬의 電位傾向

Noble or Cathodic (Protected)



에서 이온화되어 전기 화학적으로 2重層이 생긴다. 즉 금속이 이온화함으로써 금속내부표면에는 電子(e-)가 표면층에 대치하여 마치 전기콘덴서와 같은 구조로 되며 그 두께는 10Å 정도이다. 금속마다 이온화하려는 성질은 각각 다르다.

4) 設計 (Design)

부식에 있어서 設計는 재료의 선택이상으로 중요하다.

부식방지를 위한 모든작업은 설계로부터 시작되어야 한다. 부적당하게 설계된 경우 塗裝 및 그의 다른 표면처리로써 부식을 효과적으로 방지하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 설계과정에서는 아래와 같은 절차를 고려하여야 한다.

4.1) 기본적인 필요조건의 설정

- ① 구조물이 어디에 사용될 것인가?
- ② 구조물의 수명은 얼마나 요구되는가?
- ③ 유지 및 수리하기는 쉬운가?
- ④ 정지 또는 운휴해도 별문제 없는가?
- ⑤ 구조물 사용환경의 부식성은 어떠한가?
- ⑥ 어떤 종류의 부식발생이 예상되는가?
- ⑦ 腐蝕疲勞(Corrosion Fatigue), 應力腐蝕龜裂의 위험성은 없는가?

4.2) 표면처리 및 기타 방식처리

- ① 구조물은 보장될 것인가?
- ② 구조물의 유지는 쉬우며 그것은 표면처리의 선택으로 가능한가?
- ③ 陰極防蝕 또는 腐蝕抑制劑를 피복대신 사용할 수 있는가?
- ④ 피복의 수명은 얼마로 예상하는가?

4.3) 設計의 법칙

부식은 금속표면을 손상시키기 때문에 이러한 두께의 감소를 설계시 감안하여 설계하여야 한다. 일반적으로 기기의 두께는 요구되는 수명기간중 부식되는 깊이의 2배로 한다.

그러나, 부식은 균일하게 발생하지 않기 때문에 압력, 무게, 응력 등의 기계적 조건을 고려하여 설계하여야 한다.

- ① 型을 단순화 한다
角진 부분이 많을수록 浸蝕부식 같은 부식의 위험성이 커진다.
- ② 배수 및 청소가 쉽도록 설계하여야 한다
- ③ 갈바닉 부식을 고려하여 설계하여야 한다
- ④ 접합에 주의하여 설계한다
- ⑤ 熱傳達장치 등에서 균일한 온도구배가 이루어지도록 설계한다
- ⑥ 不均質을 피하도록 설계한다.

5) 金屬表面의 被覆

5.1) 表面被覆을 위한 전처리

금속표면에 保護被覆을 하기위한 전처리로 油

指類, 염(Salt) 등과 같은 오물 그리고 Mill Scale, 녹 등과 같은 酸化물을 제거해야만 한다.

① 脫指(Degreasing)

필요하다. 油指流의 종류에 따라 탈지방법도 달라진다.

有氣脫指(Organic Degreasing), 알칼리脫指(Alkaline Degreasing), 에멀전 脫指(Emulsion Degreasing), 蒸氣脫指 등이 있다.

② 녹의 제거

Mill Scale이나 녹 등은 脫指에 의해 제거되기 어렵기때문에 다음과 같은 방법에 의해서 제거되며 아울러 표면손질도 행해진다.

기계적인 방법 : Hammering, Scrapping, Sand Blasting, Polishing

熱的 방법 : 火焰, 또는 誘導加熱

化學的인 방법 : 酸洗

5.2) 金屬被覆

대부분의 金屬被覆은 電氣鍍金 및 溶融鍍金으로 이루어진다.

전기도금은 陰極還元에 의해서 금속표면에 내식금속을 析出시키는 방법이다.

용융도금은 低融點의 금속을 용융하고 그 안에 피복할 금속을 浸積시켜서 표면에 합금층을 형성시켜 防蝕하는 방법이다.

또 化學鍍金과 溶射法(Metal Spraying), 金屬浸透法(metallic Cementizing) 氣相反應(Gas-Phase Reaction), Cladding 등이 있다.

① 金屬被覆의 例

Nickel 鍍金, 아연도금, Cadmium도금, Lead도금, Tin도금, Al도금

5.3) 非金屬被覆

非金屬은 본래 금속보다 좋은 내식성을 가지고 있다. 이 방법에는 2가지가 있는데 하나는 素地金屬과 관계가 없는 물질을 금속표면에 피복시키는 방법과 다른 하나는 금속표면에 부식생

성물을 생성시켜 피복하는 방법이다.

- ① 유리질 에나멜 (Vitreous Enamel) 피복
- ② 化性被覆 (Chemical Conversion Coating)
 - ※ 磷酸염 被膜(Phosphate Coating)
 - ※ 酸化物被膜(Oxide Coating)
 - ※ Chromate Coating

6) 有機被覆(Organic Coating)

6.1) 금속표면을 有機物質 특히 塗料(Paint)와 Lacquer등으로 피복하는 것으로 부식방지를 위한 가장 중요한 방법이며 최후의 방법이기도 하다.

6.2) 塗料의 성분

① 結合劑(Binder) : 顏料과 결합해서 피막을 형성하는 성분으로 素地金屬에 대한 흡착성도 부여한다.

② 顏料(Pigment) : 피복에 色과 不透明성을 부여해 준다. 塗料피막을 결합시키는 역할도 하며 硬度, 強度 같은 기계적성질을 부여하기도 한다.

③ 溶劑(Solvent) : Resin이나 아교처럼 Binder가 실온에서 고체인경우 사용되며 도료의 적응성에 중요할 뿐만아니라, 흡착성및 다른 성질에도 중요한 영향을 미친다.

④ 稀釋劑(Thinner or Diluent) : 稀釋劑는 塗料의 粘度를 감소시키기 위해 첨가 되어지는 揮發性 液體로 塗料피막에는 남아 남아 있지 않는다.

7) Stainless Steel의 腐蝕防止

Stainless Steel 부식의 거의 대부분이 孔蝕, 粒界腐蝕, 應力腐蝕龜裂이므로 주로 이 세가지 부식의 방지대책을 종합하면 다음과 같다.

7.1) 孔蝕防止대책

- ① 할로젠 이온의 高濃度를 피한다
- ② 용액을 유동시켜서 균일한 酸化性용액으로 하고 酸素濃濃電池의 형성을 피하거나 부식생성물을 제거한다.
- ③ 용액의 酸化性を 증가 시키거나 반대로 공

기를 차단하여 산소를 없앤다.

- ④ 질산염, 크롬산염등의 不動態化劑를 첨가한다.
- ⑤ 재료중의 탄소의 량을 낮추거나 Ni, Cr, Mo, Si, N의 함량을 높인다.

※ Halogen Ion : 원소주기율표의 제 7족에 속하는 염소, 불소, 취소, 등의 ion을 말한다.

7.2) 粒界腐蝕 방지대책

- ① 탄소의 함량을 낮게한다(0.03 % 이하로)
 - KS 규격기호의 끝부분에 “L” 을 붙인 鋼種이 탄소의 함량을 낮춘 강종이다 - 304L 또는 316L 등.
- ② 1,000~1,150℃사이로 가열하여 탄화물을 고 용시킨후 급냉하는 고용화 열처리를 한다.
- ③ 탄소와의 친화력이 Cr보다 큰 Ti, Nb, 또는 Ta를 첨가해서 안정화시킨다.

- Stabilization.

7.3) 응력부식균열 방지대책

응력부식균열은 순금속의 경우 발생하기가 어려우므로 재료사용시 순금속을 사용하면 되나, 실제 사용되는 모든 재료가 합금재료이므로 곤란한 점이있다.

- ① 높은 Ni 함량의 재료를 사용한다.
- ② 외부응력이 없도록 설계하고 내부응력은 열처리(850~900℃로 가열한후 급냉)하여 제거한다 - Annealing.
- ③ 압축응력은 응력부식 균열방지에 도움을 주기때문에 인위적으로 압축응력을 갖게하는 Shot Peening 등을 시행한다.
- ④ 사용 환경중의 염화물 또는 Alkali를 제거하며, 腐蝕 抑制劑(Inhibitor)나 고온용 Silicon을 도포한다.
- ⑤ 陰極防蝕을 한다. 외부전류에 의한 방식도 가능하다.

6. Stainless Steel과 용접

구조물의 제작에서 용접이 차지하는 비중은

상당히 크다. 용접 과정중 재료는 용해에 의해서 鑄造조직이 되고 熔解部에 인접한 부분은 열영향을 받거나 급냉에 의한 응력이 잔류하는 등의 변화를 받는다. 이것들이 재료의 내식성에 미치는 영향은 종류에 따라 따라 다르지만 개략적으로 기술하면 다음과 같다.

1) 용접방법의 영향

용접은 그 방법에 따라서 용접속도, 용접자재 등이 다르고 가열, 냉각의 속도가 틀리므로 완료된 용접이음매(Bead)의 성질은 다르다. 또 용접봉의 재질 및 피복도 영향을 미치고 또 不活性 Gas를 사용할 때에는 그 종류와 사용법에도 문제가 있다.

예를들면, 18-8 Stainless강의 용접에 CO2 Shield Gas를 사용하여 용접하면 Alumin Shield Gas를 사용할 때 보다 용접금속속의 탄소 성분이 2배 가까이 높아진다.

2) 용접이음 형상의 영향

용접에 의해서 2개의 부재를 접합하면 형태상에서 부식의 염려가 생긴다. 그 주요한 것은 隙間부식이다. 2 장의 판을 맞붙이는 데에는 겹치기용접과 맞대기용접 등이 있는데 맞대기용접이 바람직하다. 또 不連續용접은 隙間부식의 원인이 되므로 連續 용접을 해야만 한다. 점용접이나 Seam 용접은 내식성의 면에서 바람직하지 못하다.

3) 용접 시공

스텐강의 용접부위의 공식은 殘留Scale에 의해서 일어나는데, Scale 제거를 위하여 산세척을 시행할 경우 적당한 不動態化 처리를 하지 않으면 오히려 공식을 일으키기 쉽게된다.

4) 용접금속

용접봉은 모재와 동일성분의 것을 사용하는것이 방식의 점에서 바람직하지만 용접성의 요구에서 다른 재료를 사용하지 않으면 안되는 경우가 있기때문에 용접 부식의 문제가 일어난다. 異



〈사진 2〉 용접부의 조직사진 400배율 현미경



〈사진 3〉 STS 304 STAINLESS PIPE 의 현미경 조직 사진 400배율

材熔接은 接觸腐蝕의 문제뿐만이 아니고 모재와의 사이에서 性分擴散의 문제도 일어나므로 가급적 피하는 것이 좋다.

5) 열 영향

용접이음면의 양쪽에는 다른 影響을 받은 부분이 連續的으로 존재하고 있다.

이 부분은 모재와도 또 용접금속과도 다르다. 용접을 위한 豫熱, 後熱, 등에 의해서 Annealing 등의 영향을 받고 이것들은 결과적으로 부식에 영향을 미친다.

18~8 스테인레스강의 용접부위의 이웃한 영향부에서 생기는 Martensite와 Ferrite의 境界가 부식에 脆弱해 지는것이 熔接劣化의 일종이다.

이러한 입계부식을 막기위해 안정화강(STS 321, 347) 이 사용되며, 또 냉각속도를 올리는것도 입계부식을 방지하는 하나의 방법이다.

6) 殘留應力

용접에 의해서 잔류하는 응력은 의외로 커서 降伏應力 정도로 되는 일도 많으므로 응력을 해소는것도 부식방지를 위해서 중요한 요소이다.

7) 배관 용접시공

실 시공시 일반 전기용접보다 알곤용접으로 시행하고 배관 연결작업시는 간격을 최소화 하

여야 한다. 또 가능하면 용접봉의 재질은 모재보다 한단계 높은 재질의 용접봉을 사용한다.

8) 재료의 선정

재료의 선정시에 단순히 관경, 물량 만 가지고 선정할 것이 아니라 좀더 자세한 사양을 확인후 재료를 선정 하여야 한다, 예를들면 ERW(Electric Resistant Welded) Pipe의 경우 제조과정중 용접부위를 열처리 하지않은 Pipe는 용접이음매와 모재간의 전위차에 의하여 Galvanic 부식이 발생한다.

그러므로, ERW Pipe 구매시 제조과정에서 열처리된 제품을 구매하는것이 중요하다.

예를들면, ASTM A53 Gr.A 또는 API 5L Gr.A Pipe대신에 각각 Gr.B 제품을 구매한다

이 경우 Galvanic 부식에 의한 수명은 훨씬 긴 반면, 제조원가는 5% 정도 상승하는 것에 불과하므로 재료선정 과정에서 필히 사양을 확인 하여야 할 것이다.

참고문헌 : 손운택 著 金屬腐蝕學 남영문화사
임우조 外 腐蝕과 防蝕 원장출판사