

## 금속재료의 부식과 수명예측

김 면 섭  
 한양대학교

### Corrosion and Evaluation of Metals

Myun Sup Kim

Dept. of Chem. Eng., Hanyang Univ.

#### 1. 부식의 가능성

금속이 환경물질과 화학적으로 반응하여 파괴되어 가는 부식은 보통은 표면에서 시작되어 단순히 두께를 감소시키면서 진행될 뿐만 아니라 선택적으로 결정입계를 따라서 깊이 침입하는 경우가 있어 결국은 재료를 내부구조적으로 파괴로 이끈다. 수소취약, 응력부식균열, 탈아연작용, 공식, 흑연화 또는 입계부식등이 생길때에는 부근의 재질의 기계적 성질에 큰 변화를 가져온다. 따라서 수명예측이란 그렇게 쉬운 것은 아니다.

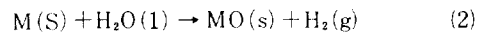
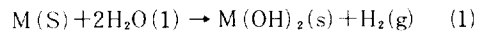
금속원자의 원자가전자는 자유전자로 원자 내에서 강하게 결합되어 있지 않으므로 화학반응이 용의하게 떨어진다. 산소, 황, 염소와 같이 전자가 차있지 않은 전자각을 가진 비금속원소에 접하면 금속은 그들과 화합물을 쉽게 만든다. 이와같이 생성된 금속화합물의 자유에너지는 금속보다 작으므로 재련된 금속은 자연 상태로 돌아가려는 경향이 있다. 따라서 부식은 자발적이다. 금속화합물의 생성자유에너지로부터 부식의 가능성을 예측할 수 있다.

표. 1에 건식부식에 의하여 금속에서 그의 금속염으로 될 때의 표준생성엔탈피 변화를 표시하였다. 부로 큰값일수록 화학적 친화력이 크고 염은 안정하다. 그러나 반응속도는 이 값으로 알수 없다. 표에서 금은 부식되지 않음을 알 수 있다.

표. 1 표준생성 Gibbs 자유에너지 (kcal/mol)

산 화 물	염 화 물	황 화 물
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 377	AlCl <sub>3</sub> - 152	Al <sub>2</sub> S <sub>3</sub> - 118
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 250	CrCl <sub>3</sub> - 118	
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> - 242		FeS <sub>2</sub> - 40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 177		
FeO - 58		FeS - 23
NiO - 52	NiCl <sub>2</sub> - 62	NiS - 24
Cu <sub>2</sub> O - 35	CuCl - 28	CuS - 12
CuO - 14		Cu <sub>2</sub> S - 21
Ag <sub>2</sub> O - 3	AgCl - 26	Ag <sub>2</sub> S - 10
Au <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + 31		

금속이 용액중에서 수소 발생형 부식을 일으킬 때 즉



에서는 부식되어가는 경향은 일반적으로 기전력서열에 의하여 정해진다. 표. 2에 표준전극전위를 표시하였다. 수소보다 정의 값을 가진 금속은 수소발생 추진력이 없어 부식되지 않는다.

금속이 용액중에서 산소발생형 부식을 일으킬 때 즉

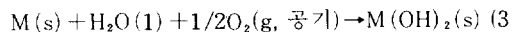
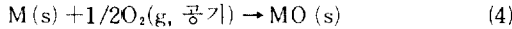


표. 2 표준전극전위 (V)

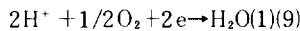
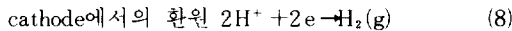
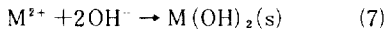
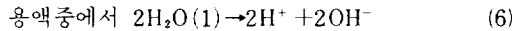
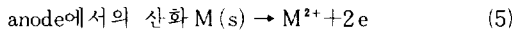
전극반응 (산성용액) E°	전극반응 (산성용액) E°
Au <sup>+</sup> + e → Au 1.68	Ni <sup>2+</sup> + 2e → Ni -0.25
Ag <sup>+</sup> + e → Ag 0.85	Fe <sup>2+</sup> + 2e → Fe -0.44
Cu <sup>2+</sup> + 2e → Cu 0.34	Cr <sup>3+</sup> + 3e → Cr -0.71
2H <sup>+</sup> + 2e → H <sub>2</sub> 0.00	Al <sup>3+</sup> + 3e → Al -1.66



에서의 표준자유에너지의 감소를 표.3에 표시하였다. 이 값은 자연반응에 의하여 도달할 때까지의 일에 해당한다.

전해질 중에서 전기전도의 역할을 하는 이온이 있어서 전자의 이동을 수반하는 산화와 환원반응이 일어나면 이 반응은 전기화학적이라 할 수 있다.

따라서 (1) 식은 다음 (5), (6), (7), (8) 식들을 합한것에 해당한다.



(3) 식은 (5), (6), (7), (9) 식들을 합한 것에 해당한다.

철중에 함유되어 있는 탄소나 이온화 경향이 적은 합금성분의 응집부, 부식생성물, 용액중에서 용해되어 있는 산소농도가 진한부분 등은 철보다 이온화 경향이 작아 cathodic하다. 자체의 표면에 이 전지가 구성되면 anode에 해당하는 지점에 본질적인 화학부식에 전지 부식이 추가되게 된다.

전해질용액중에서 이중금속이 접촉하든가 또는 전기적으로 연결되어 있을 때에는 국부적으로 부식을 일으킨다. 내식성이 작은 금속 편이 본래의 부식속도보다 커지며 반대로 부식성이 작은 금속 편

이 본질적인 부식속도보다 작아진다. 표.2에서 전극전위의 차가 많은 짝일수록 작은 전극전위 쪽의 금속의 부식이 더 많아진다.

금속재료의 부식은 표면에 존재하는 결함에서 시작한다. 결함이 없는 면이면 열운동이 큰 표면원자의 집합점으로부터 전면에 넓혀진다. 부식속도가 클 때에도 처음에는 전면균일하게 진행된다. 모재에 비하여 anode로 될 수 있는 이종의 상이 점재타든가 결함이 있으면 이 부분에서 부식이 시작되서 차차 홈이나 구멍을 만들어 깊어진다. 일반적으로 표면에 활성을 주는 결함에는 불순물, 원자격자의 불연속부, 흡착원자 등이 있어 적은 에너지로도 활성화되기 쉬운 부분에서 부식이 시작된다. 이때 재료와 용액사이에는 볼트단위의 전압이 생기며 부식속도에 따라서 전류가 흐른다.

비금속물질 예를 들면 plastics나 ceramics의 경우에는 환경약품과 직접화합하든가, 용해되는가, 팽윤하여 열화되든가 한다. 이런 경우는 금속과 달라 전기화학적인 작용은 수반하지 않는다. 또한 물이나 산소에 대하여는 거의 비활성이며 절연성이 좋고 산이나 기타 부식성물질에 강하다. 그리하여 이것들은 피복재로서 방벽의 역할을 할 수 있다.

lining, coating등의 피복재는 충분한 내식성을 가지고 있으므로 모재로서는 대개 가격이 싼 탄소강이 거의 사용되고 있다. 따라서 부식환경물질이 침입하여 들어날 표면결함이 대부분의 경우에 부식의 시점이 된다. 표면피복의 신뢰성에는 재질 뿐만 아니라 피복가공의 난이도가 중대한 요소가 되어 있다.

## 2. 부식의 율속인자

부식환경에 대한 재료의 저항 또는 부식반응의 율속인자에는 용액의 pH, 온도, 용존물, 산화제, 억제제, 보호피막, 유속, 재료의 균질성등이 있다.

표. 3 0.21atm 산소분압 수용액중에서의 표준 Gibbs 자유에너지 변화

반응	ΔG°	반응	ΔG°
Ag + 1/4O <sub>2</sub> → 1/2Ag <sub>2</sub> O	-1	Fe + H <sub>2</sub> O + 1/2O <sub>2</sub> → Fe(OH) <sub>2</sub>	-59
Cu + 1/2O <sub>2</sub> → CuO	-37	Fe + 2/3O <sub>2</sub> → 1/3Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-80
Cu + H <sub>2</sub> O + 1/2O <sub>2</sub> → Cu(OH) <sub>2</sub>	-28	Al + 3/2H <sub>2</sub> O + 3/4O <sub>2</sub> → Al(OH) <sub>3</sub>	-181

## 2. 1 pH

수용액중에서의 부식은 대개 pH에 많은 영향을 받는다. 산성용액은 중성이나 알칼리성용액에서보다 부식성이 크다. 철은 pH 4.5를 경계로하여 산성쪽에서는 부식이 빠르고 알칼리쪽에서는 부식이 느리다. Al, Zn, Pb는 산성에서보다 오히려 강알칼리에서 저항이 작다. 금속은 유리산과 접하는 한 항상 침식이 일어나고 있다고 생각하면 틀림이 없다. 금속자체 뿐만 아니라 표면의 보호피막을 제거할 위험이 있다. Al은 pH5-8 사이에서는 완전한 보호피막이 형성되나 그 전후에서는 불안정하다. 그러나 pH1의 질산이나 pH13의 암모니아에 견디는 것은 pH이외의 인자가 지배적으로 작용하기 때문이다.

해수와 같은 농도의 묽은 식염수는 stainless강에 공식을 일으키나 만약 NaOH를 첨가하여 pH를 낮게하면 공식이 예방된다.

물의 온도가 증가하면 물의 해리가 더 진행되어 중성이던 pH가 60℃에서는 6.4로 작아져 부식은 이 변화에 따라서 진행된다. 이와 같은 낮은 pH에서는 수소이온의 활성이 커지는 것과 부식속도의 증가와 일치하고 있다. 알칼리성쪽에서는 수산이온의 활성이 증가되므로 부동화되어 부식되기 어려워진다.

## 2. 2 산화제

산화제는 거의 모든 금속을 부식한다. 가장 보통 산화제는 공기 중의 산소이다. 대기 또는 산소를 함유하지 않는한 저농도의 황산에는 구리가 부식되지 않는다. 중성용액에 미치는 산소의 영향은 보통 대단히 크다. 철의 물에 의한 부식은 산소의 보급에 의하여 진행된다. 산성용액에서는 산소의 영향이 크나 알칼리성용액에서는 그 정도가 비교적 적다. 그러나 표면에 산화물피막을 만들든가 산소를 흡착하여 전위를 부쪽으로하면 부동태화되어 부식이 억제된다. Al, Mg, Ti, stainless강등에서 이 작용을 볼 수 있다.

공기 이외의 산화제로는 질산, 크롬산등이 있다.

## 2. 3 피막

부식된 금속표면에는 부식생성물의 피막이 생긴다. 그 이후는 피막의 용해도가 작고 보호방벽의

역할을 하므로 부식이 억제될 수 있다. 그러나 생성된 피막의 용해도가 온도가 상승되고 농도가 커짐에 따라 커질 경우에는 주의할 필요가 있다. 진한 황산에서의 강, 진한 질산에서의 납 또는 알루미늄 등의 내식성은 저농도의 산에 비하여 피막이 안정하기 때문이라 생각된다. 염산중에서의 납은 25℃에서는 거의 비활성이나 100℃로되면 보호막이 무력하게 된다. 칼슘과 마그네슘의 황산 또는 탄산염이 온도 상승에 따라 용해도가 감소하기 때문에 금속면에 보호막을 만든다. Stainless의 부동태막은 10Å 정도인데 이와 같이 눈에 보이지 않을 정도의 얇은 막이라도 두꺼운 scale에서 보다 훨씬 안정하고 치밀한 것이 보통이다. 효과가 충분한 보호막의 두께는 대단히 얇어도 된다. 투과성막은 아무 소용이 없다. 부식생성물은 원래 금속에 비하여 열역학적으로 안정하고 전위는 더 부의 값을 가진다. 전지에서는 cathode의 역할을 한다.

고온산화에서도 피막의 성질만 좋으면 부식은 스스로 억제된다.

보호피막이 부식생성물에 관계가 없고 용액에서 오는 것이 있다. 예를 들면 가열된 용액에서 석출되는 불용성 염류scale 또는 농황산에 의한 sulfonation반응에 사용되는 유지의 막이 방지효과를 나타내는 경우가 있다. 본질적으로는 부식되는 금속도 이와같은 이유로 내식성이 되는 경우도 있다.

## 2. 4 온도

보통 화학반응은 10℃ 온도가 올라가면 반응속도가 배 정도 커진다. 그러나 부식의 경우에는 부식속도가 증가하는 경우도 있으나 어떤 온도 이상에서는 감소하는 경우도 있어 이 경우에는 도중의 어떤 온도에서 최대값을 나타낸다. 예를 들면 공기로 폭기되고 있는 염수용액에서 철의 부식속도는 80℃부근에서 최고가 된다. 그리고 산소화산이 율속단계로 되어 공기 압력에 따라 직선적으로 부식이 증가한다.

용액중에서의 산소의 방출이 반드시 유익하지는 않은 예는 stainless강에 대한 얇은 황산에서와 같은 비산화성산의 경우에서 볼 수 있다. 일반적으로 온도가 높아지면 수소이온의 활성이 커져서 불의 pH는 작아져 부식은 증가한다. 이중금속이 같은 용

액중에서 전지를 이룰 때의 전위차도 온도에 따라 달라진다. 보호피막은 온도의 상승에 따라서 용해되기 쉬워진다. 예를 들면 상온의 염산중에서 안정한 염화납이 표면에 형성되어 있으나 100°C로 되면 쉽게 용해 제거된다. 정상 끓는 점 이상으로 용해의 온도가 상승되어 압력이 올라가면 급히 부식율이 증가한다. 율속단계가 화산에서 열운동으로 옮겨졌기 때문이다. 고유속에서 부식에 미치는 온도의 영향은 정지상태에 비하여 훨씬 크다.

2.5 유속

금속표면에 도달하는 부식제의 양은 유속에 따라서 증가하므로 반응속도는 커진다. 유속이 커지면 격막이 얇아져 확산이 쉬워진다. 공기로 포화된 해수가 강관을 흐를 때의 부식은 유속의 증가에 따라서 증가한다.

유속이 장소에 따라서 국부적인 차가 있으면 산소나 금속이온의 농담전지가 생기기 쉬워진다. 외류나 장애물이 있으면 국부부식이 발생한다. 고유속에서는 깨어진 피막부분이 anode로 된다. 일반적으로 정지액중의 부식속도는 고속시보다 작다. Ni, Fe, Pb, Cu와 같은 금속에서는 유속의 장소에 따르는 국부적인 차가 적은 관내 흐름에서는 정지액중에서는 고속에서 보다 부식속도가 적으나 stainless강등 일부 비금속에 가까운 재료는 정지액중에서는 공식을 일으키기 쉬워진다. 오히려 유속이 큰 상태에서 산화보호막이 산소의 보급을 잘 받을 수 있으므로 좋다.

2.6 기타

환경용액이 비균질인 경우에는 농담전지를 만든다. 온도차, 유속차 충격등은 비균질의 요소이다. 금속자체에도 분리상이나 표면의 손상과 같은 비균 일부가 있으면 부식전지의 조합을 만든다. 석유 중의 brine, 윤활유 중의 수분, 금속피복면의 pin hole, 손상부, 파열부 등은 국부부식의 원인이 된다.

환경에 억제제가 포함되어 있으면 금속면에 흡착 보호가 되어 있어 방벽의 역할을 한다. 철 표면의 scale을 제거할 때의 산세척작업에서 필요이상의 금속의 소모를 피하기 위하여 유기억제제를 소량 첨가하여 효과를 보고 있다. 냉동 brine에 첨가하는 크롬산염, boiler 금속 중에 주입하는 인산염의 예도 이것에 속한다. 환경물질은 사실상 혼합체의 경우가 많아 그의 성분이 어떤것은 억제제로도 되고 때에 따라서는 촉진제로도 된다.

3. 부식의 평가와 수명

금속재료의 표면의 손실 중량과 침식깊이, 그리고 취약성 등에 대한 일반적인 판단을 내리기 위하여 내식도를 정량적으로 나타내려는 노력이 오래전부터 제안되어 있다. 동시에 재료열화의 한계를 대체적으로 알기 위하여서도 이들 경험적 평가는 중요하지만 그 값을 과신하여서는 안된다. 오는 개개의 경우에 따라서 경제적인 입장에서 평가하여야 한다. 금속에 대한 평가방법에는 여러가지가 있으나 표.4의 방법이 잘 사용된다.

표.4 내식성의 평가

방 법	등 급	질 량손 실 (g/m <sup>2</sup> day)	침 식 깊 이 (mm/yr)	강 도저 하 (kg/mm <sup>2</sup> ·yr)	신 장율저 하 (%)
Uhlig 법	A 급	0 - 1	0-0.125	-	-
	B 급	1 -10	0.125 -1.25	-	-
	C 급	>10	>1.25	-	-
Rausch 법	우	0 -0.5	<0.05	0	0 - 5
	양	0.5-1	0.05-0.1	5	5 -10
	가	1 - 5	0.1-0.5	5 -10	10-20
	불가	>10	>10	>20	>50

표.4 중에서 질량손실은 균일부식시 부식생성물을 제거하여 칭량한 값으로부터 구한 값이고 침식깊이는 국부부식의 최대깊이를 측정된 것으로 공식이나 국부부식의 척도가 되며 강도 저하는 피로부식이나 선택적부식등에 의한 실질부의 열화를 관정하는 방법이며 신장율저하율은 취약성을 평가하는 방법이다.

화학장치 설계에서는 응력과 부식속도에 주의하여 이들이 독립적인가 또는 공존하는가를 미리 알아 볼 필요가 있다. 내식재를 사용하여 부식속도를 영으로 할 수 있으나 그것이 표면의 보호피막에 의존하는 것이라면 부식촉진의 원인이 생기지 않을지 또는 구조적으로 부식이 많이 일어날 부분이 없는지를 고려하여야 한다.

실제로 현장에서 생기는 부식현상은 실험실적으로 쉽게 재현하기 어렵다. 그러므로 부식 data로부터 적당한 재료를 미리 선정할 때에는 그 곳에서 어떤 조건이 있을 것이라는 생각을 가지고 재고할 필요가 있다. 부식을 촉진하는 인자는 단순하게 작용하는 것이 아니고 몇대로 구속되지 않는 방향으로 진행한다. 대개 부식율은 그 시험편에 대해 확실하리라는 평균값이므로 가능하면 상세한 부분이 필요하다.

### 3. 1 실험에 의한 부식의 평가

부식성 환경에 대한 재료를 선택할 때는 미리 실험에 의하여 확증을 얻지 않으면 안된다. 부식거동을 충분히 알고 있지 않은 환경에 처음으로 어떤 재료를 사용할때 또는 다소의 자료가 있다 할지라도 온도, 농도, 기간, 유속등의 영향을 반드시 시험 해보는 것이 현명하다고 할 수 있다. 일반적으로 실험의 목적과 범위는 다음과 같다.

- (1) 부식작용의 기초 기구의 연구
- (2) 부식방지 연구
- (3) 각종 환경에서의 신재료의 효능
- (4) 어떤 정해진 환경에서 가장 적합한 재료의 선택
- (5) 현장의 장치의 손상 원인 연구
- (6) 부식환경과 그의 처리 방법
- (7) 재료의 관리 유지
- (8) 부식생성물이 재료와 환경에 미치는 영향

실험에 임하기 전에 또는 실험의 결과를 응용하

려할 때에는 환경의 특성이 실제와 같은지 또는 유사한지를 면밀히 고찰하여야 한다. 기초적 실험을 행할 때를 제외하고는 환경은 가능한 한 실제와 같지 않으면 안된다. 또 재료의 재질과 환경자체 및 시험조건이 재현가능해야 한다.

현장 또는 실험실의 어디에서도 환경조건을 잘 조사하여야 한다. 온도, 조성, 부식액량, 침적면적, 시험기간, 폭기 또는 산화제, 환원제, 불순물, 유동의 정도 등의 기록이 필요하다.

간격부식, 이종금속의 접촉에 의한 전지작용, 응력부식, 피로부식 등에 대한 특별한 실험을 행하여 각각의 원인요소가 환경에 따라 어떤 결과를 금속에 주는가를 조사하는 경우도 있다.

### 3. 2 부식속도의 평가

부식속도는 질량손실, 침식깊이, 기계적 강도저하, 전기적 성질 변화, 산소소비량, 수소발생량 등으로 알 수 있다.

질량손실은  $\text{mg}/\text{dm}^2 \cdot \text{day}(\text{mdd})$ ,  $\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{day}(=0.1 \text{ mdd})$  등의 단위로 표시하고 침식깊이는  $\text{mm}/\text{yr}(=0.0365/\text{밀도mdd})$ ,  $\text{mil}/\text{yr}$ 로 표시한다.

공식이 다수 존재할 때에는 그 중 가장 깊은 pit 10개의 평균깊이와 최대깊이를 기입한다.

기계적 강도로 부식의 정도를 측정할 때에는 인장, 굽힘, 충격 등의 실험에 의한다.

### 3. 3 전기적 측정

선, 띠 또는 소경관 등의 시편을 사용하여 부식에 의한 질량감소로 인한 전기 저항 증가의 측정에 의한 방법이 편리하게 사용된다. 감소가 커서  $2.5 \mu$ 의 치수 변화를 알 수 있다. 이 방법은 process 자체의 부식성, 방식첨가제의 효과 등의 측정에 이용되나 균일부식의 경우에만 사용될 수 있다.

또 한가지 비파괴부식측정의 방법으로는 와전류이용법으로 coil에 교류를 통하여 감생된 자장 중에 금속을 놓으면 와전류가 생긴다. 이 와전류에 의하여 생긴 자장은 역으로 처음 coil의 자장에 영향을 주어 coil의 impedance를 변화시킨다. 이 변화를 측정하여 금속의 두께 혹은 입계부식의 정도를 측정한다.

전지 작용에 의한 부식경향, 부동태의 증가와 수실의 시간에 따르는 변화등을 추적하려면 전위의

측정이 편리하다. 전위측정은 cathode와 anode 의 분극곡선을 얻는 데에도 사용된다. 분극곡선은 금속의 내식성, 입계부식, 열처리에 의한 효과등을 신속히 알려 준다.

### 3.4 장치의 두께 측정에 의한 수명예측

실제 장치의 두께를 측정하는 목적은 수명년수의 예측을 위하여서이다. 장기적인 연속운전에 대처할 좋은 내식성의 금속을 택하였다 하더라도 부식소모량에는 다소의 차는 있다 하더라도 역시 수명은 있는 것이다. 따라서 이들 금속장치의 장기 연속 운전운전을 위하여 수명을 미리 충분히 예측하여 두지 않으면 안된다. 따라서 장치의 두께의 감소량 즉 부식의 진행도를 실측하는 것은 중요한 일이다. 이 측정에는 처음에 측정점(gauging point)를 정하고 이점을 정기적으로 측정할 필요가 있다. 이 측정법을 정점측정법이라 한다.

탐이나 조의 수명단계는 shell과 head의 두께에 있다고 할 수 있다. 이 shell이나 head의 두께가 부식에 의하여 줄어드는 것을 측정하는 정점측정법으로 측정기준편을 설치하는 GGF(corrosion gauge point)법에는 직접법과 간접법이 있다. 직접법은 용이하게 이동하지 않는 기준점을 정하고 이 점으로부터 측정하려는 부식판면까지의 거리를 측정하여 부식감소량을 직접 측정하는 방법이다. 간접법은 판재와 같은 재질의 시험편을 붙이고 이 시험편의 부식감소량을 측정하여 판의 두께를 간접적으로 측정하는 방법이다.

가열로 판의 파손은 공장의 화재의 원인이 될 수 있으므로 수명판정에 세심한 주의를 해야한다. 가열로 판의 두께는 내경과 외경을 측정하여 정하는 것이 보통이나 외부는 부식되지 않는다고 볼 수 있으므로 내경 측정만으로 정할 수 있다. 판 입구의 내경을 측정할 수도 있으나 판 전 길이의 최대내경이 측정되는 thru gauge에 의하여 판 두께를 구할 수 있다. 그러나 불꽃에 면한 부분의 부식이 크므로 여러실험으로 최소두께의 추정을 위한 산출표를 작성하여 사용할 수 있다.

공장의 검사에서 가장 신경이 쓰여지는 것은 복잡하게 설치되어 있는 pipeline의 검사이다. 초기에는 test hammer로 충격을 주어 생기는 ㅁ부의 정도에 따라 두께를 추정하였으나 수명판정의 필요성

으로 부터 정점측정법으로 바뀌었다. 이 방법으로는 PGH(permanent gauge hole)법과 inspection spool법이 있다. PGH법은 pipe의 부식이 가장 잘 되는 부분에 구멍을 뚫고 plug를 달아 이 구멍을 통하여 내경을 측정하는 방법이다.

inspection spool법은 배관의 일부를 절단하여 그 사이에 동일재료의 동일 두께의 flange를 달아 공장이 정지시에 이것을 떼어내어 두께를 측정하는 방법이다. 이 경우에는 두께 측정과 동시에 내부의 부식상태도 관찰할 수 있다. 또한 특히 erosion을 받는 배관의 구분 부분에 이 spool을 사용하면 교환이 용이하여 편리하다.

부식수명에 가까워진 재료의 정확한 두께 측정 또는 정기적으로 측정할 수 없는 구조의 두께 측정법의 대표적인 방법에 boring test가 있다. test hole의 크기는 9mm가 적당하며 두께 측정에는 특수한 micrometer를 사용한다.

사용중의 용기나 내용물을 용의하게 나룰 수 없는 경우에는 초음파 두께 측정기가 사용된다.

이와 같이 측정된 두께를 시간별로 도표를 그려 보면 부식이 일어나는가를 알 수 있어 수명판정보다 정확하게 할 수 있게 된다.

그러나 이것으로 정확한 수명판정이 되는 것이 아니고 이들 결과를 분석하여 부식의 형태, 성질, 진행정도 등의 연구가 필요하다.

### 3.5 장치용 방식재료

장치에 사용되는 방식재료에는 합성수지도료, Plastics등이 있다. 시험및 검사 방법은 다양하여 통일된 공통된 방법은 없으므로 각 경우에 따라 KS 시험법에 따라 시험하면 된다.

## 참 고 문 헌

1. 日本 化學工學協會：“化學工學便覽” 丸壽, 日本, 東京(1972).
2. 日本防蝕協會：“防蝕 防蝕技術” 日本, 東京.
3. H. H. Uhlig：“corrosion Hand Book”(1953).
4. F. L. Laque and H. R. Copson：“Corrosion Resistance of Metals,” (1963).
5. L. L. Sheir：Corrosion, 2 (1963).
6. F. A. Champion：“Corrosion Testing Procedures,” (1964).