

부식의 원인과 종류

藤井哲雄(Tetsuo Fujii)/構浜國立大學

본고는 日本의 建築設備와 配管工事 96년 10월호에 掲載된 內容을 金孝經(서울大 名譽教授) 博士가 翻譯한 것으로서 武斷으로 轉載하거나 複寫 使用할 수 없음을 알려드립니다. [편집자 註]

1. 머리말

「적수」라 함은 철관의 부식에 수반하여 부식 생성물인 녹이 물에 현탁해서 생기는 현상이며, 배후에 배관의 부식문제가 있음을 잊어서는 안 된다.

적수문제는 문자 그대로 빨간물(Red Water)로서, 일본 뿐만 아니라 세계적으로 공통된 문제이지만 구미제국에서는 일본만큼 심각하지는 않은 것 같다. 구미를 비롯해서 대륙에서는 경수가 많다는 것, 수도물은 반드시 마시는 것은 아닌 것, 배관재료로서는 급수계에는 동관과 수지관이 사용되고 있다는 것 등이 원인이 아닌가 생각된다.

일본의 수도물은 거의 전국적으로 전형적인 연수이며, 과거에는 급수배관에 아연도강관이 일반적으로 사용된 역사적 경과가 있다. 과거에는 아연도강관이 사용되어도 적수는 오늘날 같이 심하지는 않았다고도 말하며, 수질의 열화가 적수의 원인이라는 견해도 있다. 그러나 생활스타일의 근대화에 따라서 사용수량이 압도적으로 증대된 것이 큰 요인이 아닌가 생각된다.

근년에 적수문제는 염화비닐라이닝강관의 보급과 함께 변화되어 오고 있다. 급수배관에 수지라이닝강관이 사용되지 이미 오래이고, 오늘에 와서 겨우 문제점이 뚜렷해졌다고 보여진다. 수지라이닝

급수관이나 급탕관에서 적수가 나오는 것이 문제
시 된지 오래다. 적수와 합은 철관의 부식에 수반하여
부식생성물인 녹이 물에 현탁해서 생기는 현상이다.
최근 십수년간 적수의 발생을 방지하는 여러가지
기술이 개발되어 왔으나 아직까지 적수문제는 완전히
해소되지 않고 있는 실정이다.
본지는 대한설비공사협회가 최근 입수한 「적수의
발생원인과 종류 및 방지대책」에 대한 자료를 이번
8월호와 9월호, 10월호 3회에 걸쳐 소개할 예정이다.

8월호

- [1] 적수와 그 방지대책
- [2] 부식의 원인과 종류
- [3] 수질과 부식

9월호

- [4] 라이닝 강관의 방식
- [5] 배관부식의 조사방법
- [6] 시스템의 부식과 대책

강관의 관단부의 부식은 그 성격상 백가스관의 적수문제보다도 심각한 문제로 되어 있다. 이점에 관해서는 별항에서 논의하기로 한다.

본고에서는 적수문제로부터 부식문제로 거슬러 올라가 부식의 원인을 해명하고, 그 대책을 고려할 때의 각종 국부부식에 대해서 고찰한다.

2. 전면부식 [General Corrosion]

금속표면의 거의 전면에 걸쳐서 부식하는 경우를 말한다. 그중 관의 살이 균등하게 감소되는 형태를 균일부식이라고 한다. 산에 의한 강재의 부식은 부식생성물을 수반하지 않는 균일부식이다.

탄소강의 해수부식이나 대기부식은 두터운 녹을 이루는 전면부식이라고 할 수 있다. 실용적으로는 전면부식은 수명예지도 가능하며, 누수 등의 부식장해로서 문제는 적다, 그러나 적수장해로서의 문제는 남는다.

부식속도의 표시에는 균일부식으로 환산해서 표시하는 일이 많으며, mdd(mg/dm²·day) 혹은 mm/y 등의 단위로서 표시된다. 탄소강의 해수 중에서의 부식속도는 거의 25mdd이며, 침식도로 표시하면 0.12mm/y에 상당한다.

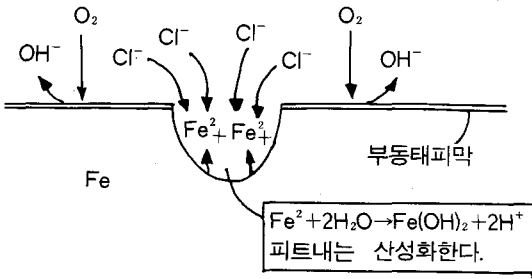
즉, 탄소강은 1년에 0.1mm 비율로 침식됨을

의미한다. 미국에서는 mpy(mils per year, 1 mil은 1/1000인치)의 단위가 널리 사용되며, 4.5mpy에 상당한다. 또 파라데이법칙에 따라서 부식감량과 통과전기량과의 관계를 결부시킬 수 있으므로 부식전류는 거의 10 μ A/cm²에 상당한다. 단위면적당 10 μ A 전류가 흐르고 있는 것과 등가이다. 이러한 표현은 평균의 부식속도이며, 통상 수중의 탄소강의 부식속도는 침지(浸漬) 초기에는 높고, 보호피막을 형성하고 시간이 경과함에 따라 차차 부식속도가 떨어져 정상상태에 도달한다. 따라서 단시간의 부식시험으로 구한 부식속도는 위에서 말한 저상치(低常置)보다 높은 값으로 되는 것에 주의하여야 한다.

3. 국부부식의 메커니즘

공식(孔食)이나 틈새부식의 발생기점은 무엇인가? 국부부식의 성장메커니즘은 상당히 명확하게 되어 있으나, 발생에 관해서는 불분명한 점이 많다. 그러나 발생까지의 잠재기간에 비하여 성장속도는 상당히 빠른 것으로 보여지고 있다.

스테인리스강의 공식에 있어서는 부동태피막의 결함부, 혹은 피막의 파괴가 기점으로 되는 것은 추측할 수 있다. 거기에 생기는 미크로한



[그림 1] 피트(PIT) 성장의 메커니즘

오목한 곳에서 금속의 용출이 계속하여 용출한 금속이온의 정전하(正電荷: Fe^{2+} , Cr^{3+} , Ni^{2+})를 없애려고 수중에 있는 대표적인 부전하(負電荷)의 Cl^- 이온이 오목한 곳으로 흘러 들어온다. [그림 1]은 그 모양을 모식적(模式的)으로 표시한 것이다.

그 결과 $FeCl_2$, $CrCl_3$, $NiCl_2$ 의 농축이 생기고, 다시금 가수분해하여 오목한 속은 산성화(pH 1.5~3 정도로 추측됨)되므로, 부동태피막의 수복은 더욱 어려워진다.

그렇게 되면 오목한 속은 애노드, 주위는 부동태피막에 의한 캐소드로 되어 고정화되고, 활성-부동태 전지작용으로 피트내의 애노드는 더욱더 용해가 진행하게 된다. 공식(孔食) 이외의 국부 부식도 거의 같은 모양으로 생각할 수 있다.

이와같이 국부부식의 발생은 표면피막의 성질, 염화물의 존재, 산화제로서의 용존산소가 관여해서 생긴다. 그중에도 표면피막은 부동태피막으로서 캐소드반응의 장을 제공하는 기능이 중요하다.

또 피트내는 가수분해로서 산성화하는 것도 피트의 성장을 촉진시키는 중요한 요인이다. 왜냐하면 피트의 산성화와 동시에 피트상에 표면피막이 수복되는 것을 곤란하게 하고, 애노드부로서 고정화되는 까닭이다.

이와같이 해서 산성화된 피트내와 주위의 부

동태화한 캐소드간의 전지작용으로 피트는 성장을 계속하게 된다. 급수관 내면에 생기는 「녹의혹」은 이와같은 메커니즘으로 진행된다.

4. 공식 [孔食: Pitting Corrosion]

4-1. 스테인리스강

평활한 면에 생기는 핀홀은 전형적인 공식이다. 이물이나 용접 등의 스케일의 틈새부에서 생기는 틈새부식과는 구별하기 어려울 때도 있다.

공식은 용존산소와 같은 산화제와 염소이온(Cl^-)이 공존하는 환경에서 부동태피막의 약한 점이 공격되어 용해가 진행하며, 부동태피막이 용이하게 수복되지 않으면 단기간에 관벽 등을 관통하게 된다. 재료면에서는 Cr농도가 높을수록 부동태피막은 튼튼하고 공식에 강하다. Mo를 함유하는 SUS 316계는 SUS 304보다도 공식에 강하다. 또 Cr와 Mo의 함유량에 따라 Cr+3 Mo를 공식지수라고 부르며, 이 값이 높을수록 내공식성(耐孔食性)이 있다.

환경조건으로서는 잔류염소, 용존산소 등의 산화제의 존재하에서는 염화물의 농도가 높을수록 공식감수성이 높다. 10ppm 정도의 Cl^- 이온을 함유하고 산소포화상태인 상온의 담수에서는 공식이 생기기 어렵다.

4-2. 동관의 공식

급탕용동관(인탈산소동H재), 급수용동관(구미에서는 연질동관), 냉온수계(축열조) 팬코일, 에어핸들링유닛의 동관(연질) 코일에서 공식이 생기는 일이 있다.

동관의 공식이 최초로 문제가 된 것은 1950년경 영국 등 구라파의 경수지대의 급수관에서 나타났다. 동관제조시에 연질동관내면에 잔존하는 탄소질피막이 원인이라고 하는 설과 수질에 기인한다는 설이 논의되었다.

그후 스웨덴에서 정수장에서의 수처리가 완숙여과로부터 급속여과방식으로 변경됨과 같은 시기에 동관에 공식발생이 보이게 되어 이것을 타

입2 공식이라고 이름을 붙였다.

일본에서는 동관의 사용이 고층건물의 건설이 시작됨과 동시에 도입되어 호텔, 병원 등의 대규모 중앙순환식의 급탕동관에 공식이 생기게 되어 타입2 공식으로 분류된다고 간주되었다.

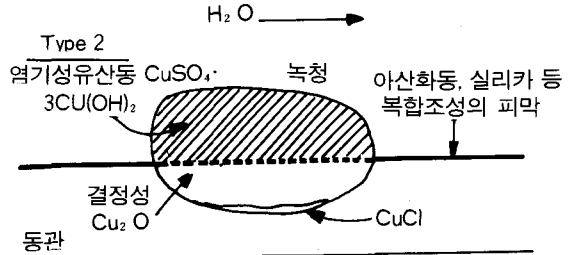
최초로 구미의 급수동관에서 문제로 된 타입1과는 형태와 원인이 다르다. 타입2 공식의 특징은 수질에 있어서 $[SO_4^{2-}]/[HCO_3^-] > 1$ (mg/l로 표시)일 때의 감수성이 높은 점이다. 스웨덴의 사례에 있어서도 유산반토를 사용하는 급속여과방식으로 교체한 후에 많이 발생하고 있는 것에도 대응하고 있다.

$[SO_4^{2-}]/[HCO_3^-]$ 는 맛트손비(比)로서 스웨덴의 부식연구자인 맛트손(E. Mattson)에 의하여 최초로 지적된 것이다. 일본의 급탕 동배관계에서 인정되는 공식사례의 대부분은 이 법칙을 만족시키는 경우가 많다. 동관의 공식이 지역에 따라서 생기는 경우와 생기지 않는 경우가 있는 것도 이와같은 수질조건에 의존하는 것으로 보여진다.

스웨덴의 사례는 급수계에서 pH가 약간 낮은 것에도 관계되고 있는데 대하여 일본에서는 주로 급탕계에 사례가 많다. 그러나 일본에서는 급수계에 동관이 사용되지 않으므로 그 사례가 적은 탓도 있을 것이다. 그외에 타입2 공식은 용성 실리카와 잔류염소 등의 수질요인도 관계하고 있는 것으로 생각된다.

또 축열식 개방냉온수계의 동코일에서 생기는 것은 그 피트형상이 타입1에 유사하다. 미생물의 관여가 의심되고 있으나, 이 피트의 발생조건 등 실태가 명확하지 않다.

이러한 동관에 생기는 공식(孔食)에 공통되는 특징은 동관의 전위를 모니터링하면, 그 어느 때의 공식의 경우도 경시적으로 귀방향(貴方向)으로 변화하는 것이다. 축열식 개방냉온수계의 동코일의 공식에서는 전위를 높이는 요인으로서 미생물의 관여가 지적되고 있다.



[그림 2] 동관에 생기는 피트 화면

동관에 생기는 타입2 피트의 형태, 생성물을 모식도로 표시하면 [그림 2]와 같다. 녹청의 불룩한 것의 밑에 피트가 생기고 있다.

공식(孔食) 발생의 메커니즘과 그 대책에 관해서는 명확하지 않은 점이 많은데, 필자는 다음과 같이 생각하고 있다.

동관내면에는 먼저 아산화동(Cu_2O)이나 산화동(CuO)의 산화막을 생성한다, 이산화막은 반드시 내식성인 것은 아니고, 특히 아산화동의 생성을 수반하면서 부식하는 사례는 흔히 볼 수 있다. 다음에 수중의 성분과 반응하여 염기성유산동, 또는 염기성탄산동 등의 염류피막을 생성한다.

그리고 실리카 등을 피막중에 끌어들여 특정한 피막조성이 되면 일종의 부동태화를 이루는 것이 된다. 이 과정에서 동물의 전위를 측정하고 있으면 상승하는 것이 보여질 것이다. 이러한 부동태화의 조건이 갖추어지면 스테인리스강일 때와 마찬가지로 산화제와 염소이온존재하에서 공식으로 발전한다.

$[SO_4^{2-}]/[HCO_3^-] > 1$ 로 규정되는 맛트손비는 공식성장 과정에서 어떻게 관여할 것인가. 피트 불룩부에 생기는 녹청의 화학조성은 염기성유산동임이 밝혀져 있다. 이 덮개는 물질이동을 제한하고, 피트내의 액성을 산성으로 유지하며 애노드로서의 활성을 유지하는 작용을 갖는 것이 아닌가 생각된다. 급탕동관에서는 유산이온농도가 높은 물은 주의할 필요가 있다.

동관에 공식이 생길 때와 생기지 않을 때가 있

는 것은 수질이나 용도에 따라서 전위의 상승을 일으키는 특정한 표면피막을 형성하는가 여하에 달려있다.

동관의 공식대책으로서의 구라파에서의 타입 1 공식에서는 동관내면의 탄소질피막의 제거에 노력하고 있다. 탄소질피막은 동관의 소둔과정에서 윤활유 등의 유기질이 연소된 잔류물이다.

그러나 일본에서의 타입 2 공식에 관해서는 급탕계에는 반경질(半硬質) 동관이 사용되는 일도 있고 해서 반드시 유효한 대책이라고는 생각되지 않는다. 상기한 바와 같이 어떠한 공식에도 공통되는 것은 전위가 경시적으로 상승한다는 것이다. 따라서 전위의 상승을 억제하는 수단이 있으면 유효한 대책이 될 것이다. 탈기, 휘탄산의 첨가 등의 방법은 전위의 상승을 억제한다는 것이 확인되었다. 후자는 가용성의 착체(錯體)를 형성하는 것으로서 부동태화를 저지하는 효과에 의한 것으로 생각된다. 맛트손비를 중탄산소다를 첨가해서 $[SO_4^{2-}]/[HCO_3^-] < 1$ 이 되게끔 하는 방법도 유효할 것이다. 그러나 이 방법에 관해서는 충분한 검증이 되어 있지 않다.

재료면에서는 동관내면에 석도금을 하는 것이 시행되고 있다. 장기간의 실적을 주시할 필요가 있다.

4-3. 탄소강과 아연도금강관의 공식

탄소강이나 아연도금강관에 공식이나 국부부식이 생길 때는 역시 그 전제로서 부동태화가 생긴다. 탄소강의 경우 담수에서는 통상 다공성의 녹을 생성하고 부동태화에는 이르지 않으나 유속이 빠를 때나, pH가 높고 알카리영역에서는 부동태화되며 용존산소와 염화물이 공존하면 활성-부동태전지를 형성하여 공식으로 발전한다. 급수배관내에 보여지는 「녹의 흑」은 활성-부동태전지에 의한 국부부식으로 생각된다. 녹의 흑 내부는 거의 애노드로서 철이온의 용출과 녹의 퇴적을 이루고 그 주위에서는 용존산소의 환원

반응이 생기고 있다. 아연도금강관의 경우도 아연층이 충분히 남아 있는데도 소지인 철의 부식으로 빨간 녹의 반점이나 공식이 생기는 일이 있다. 전위열로서 명백한 바와 같이 아연(표준전위: $-0.76V$)은 비(卑)금속이며, 철($-0.44V$)보다도 용해되기 쉽다. 아연은 희생양극으로서 강구조물의 전기방식에 사용되고 있다.

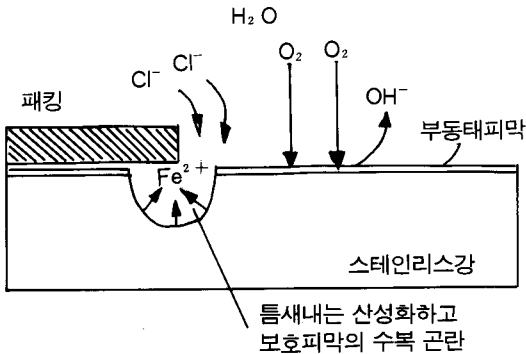
그러나 특정한 수질, 온도조건에서는 아연이 부동태화하여 아연의 전위는 철보다 높게 된다. 소위 「전위의 역전」을 이룬다.

아연에 생기는 부동태피막이 어떤 조성·구조를 갖는가는 명확하지 않으나 수온이 $60^\circ C$ 이상의 고온으로 되면 표면피막의 조성이 $ZnO(?)$ 로 변화하기 때문이라고 하는 설도 있다. 또 중탄산이온(HCO_3^-)은 전위의 역전을 촉진하는 방향으로 작용하여 Cl^- 이나, SO_4^{2-} 는 전위의 역전을 방해하는 효과가 있다고 한다, 그러나 기타의 구체적 조건은 확실하지 않다. 전위의 역전은 급수관에서도 생기는데 냉온수배관 등의 공조계에서 사례가 많은 것 같다.

5. 틈새부식 (Crevice Corrosion)

구조적인 틈새가 생기면(마이크로, 이물의 계면에 생기는 미세한 틈새도 불구하고) 반드시 틈새부식이 생긴다는 것은 아니다. 역시 부동태화가 먼저 생기는 현상으로서 일어나야 한다. 따라서 부동태화하고 있는 스테인리스강에 있어서 가장 일어나기 쉽다. 티탄도 강고한 산화막으로 덮인 부동태금속임으로 훨씬 부식성이 강한 환경이기는 하나 틈새부식이 일어난다는 것이 알려져 있다.

[그림 3]은 스테인리스강에서 틈새부식의 기구도를 표시한 것이다. 패킹 등의 하부에서 부동태피막이 불안정하게 되어 틈새 이외의 부분이 캐소드로 되어서 산소농담전지작용(酸素濃淡電池作用)에 의하여 진행된다. 스테인리스강을 사용할 때는 틈새구조로 되지 않도록 주의할 필요



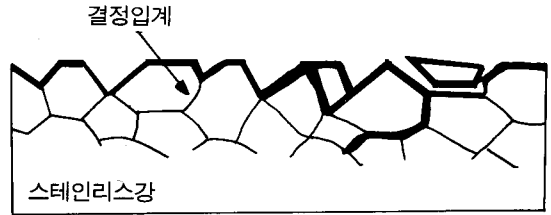
[그림 3] 틈새부식의 메커니즘

가 있다.

그러나 문제는 탄소강 같은 비부동태금속이 과연 틈새부식이 생길 것인가, 반드시 생긴다고는 말할 수 없다. 마이크로셀기구에 의하면 틈새내에서는 부식으로 산소가 소비되므로 그 부분의 침식이 진행된다고는 생각되지 않기 때문이다.

또 유수(流水)로서 탄소강이 부동태화하는 것을 전제로 생각하면 산소가 결핍되기 쉬운 부분은 아노드로서 작용함이 충분히 고려된다. 주위의 부동태화영역은 부동태가 완전할 정도로 캐소드로서 산소환원반응의 전류는 증대하고, 그것에 맞는 당량(當量)의 애노드전류는 틈새부로 흐른다. 이와같이 해서 탄소강이 부동태화하는 조건으로 또 틈새가 있을 때는 산소농도전지작용에 의하는 틈새내 부식이 생긴다. 탄소강에 생기는 틈새부식은 유속을 수반하면서 부동태화하는 조건에서 생기는 것으로 생각된다.

동이나 아연에 있어서도 같은 모양으로 생각할 수 있다. 부동태화하지 않으면 틈새가 있어도 틈새부식이 촉진되지 않는다. 동, 아연, 연 등의 금속에 있어서는 철계와는 부동태화의 조건이 약간 다르다. 이러한 비철금속은 산화물 뿐 아니라 탄산염, 유산염, 규산염 등의 염류피막에 의해서 부동태화하며 결합하는 염류는 수중의 성분에 의존하므로 소위 후천적인 부동태화라고 말



(현미경 사진의 모식도)

[그림 4] 스테인리스강의 입계부식

할 수 있다. 따라서 이와같은 부동태화의 조건이 갖추어지면 틈새부식도 일어날 수 있다고 생각할 수 있다.

6. 입계부식 [粒界腐食/Grain Boundary Corrosion]

미크로하게 볼 때 금속의 결정입계는 입내에 비해서 불순물이 편석(偏析)되어 있으며, 결정격자도 흩어져 있으므로 부식되기 쉬움을 상상할 수 있다. 그러나 실용적인 의미에서는 용접이나 열처리가 원인이 되어 금속조직이 변화하고 결정입계근방이 심하게 침식되어 심할 때는 결정입의 탈락을 이루면서 침식될 때가 문제로 된다.

[그림 4]는 입계부식을 현미경적으로 본 스테인리스강 단면의 모식도이다.

전형적인 입계부식은 SUS 304 스테인리스강(18Cr-8Ni)의 용접열 영향부에 생기는 것으로 용접선에 따라서 500~650℃ 부근으로 가열된 곳에 결정입계에 따라서 탄화크롬(Cr₂₃C₆)이 석출되므로, 그 극의 근방에서는 크롬농도가 저하되고(12% 이하) 부동태피막은 불안정하게 된다.

그 결과 입계의 Cr 결핍층에 따라서 침식된다. 이와같이 입계부식은 금속조직학적 요인이 크다. 열처리나 용접에 주의할 필요가 있으며, 재료의 선택에 따라서도 개선할 수 있다. 예로서 SUS 304L, SUS 321, SUS 347은 C량을 적게 하든가 (C<0.03%), C를 Ti, Nb 등으로 고정하든지 해

서 탄화물의 입계석출이 억제되어서 효과가 생긴다.

스테인리스강 이외에 알루미늄합금에서는 금속간 화합물의 석출경화를 이용해서 강도를 높이는 일이 많은데, 석출물의 경계 또는 석출물 자체가 용출해서 부식을 일으키는 일이 있다. 알루미늄은 비금속(卑金屬)의 하나이며 합금원소를 첨가해서 생기는 금속간 화합물은 모체보다 귀(貴)금속이 되기 쉽다.

7. 응력부식파열 [Stress Corrosion Cracking, SCC로 약기]

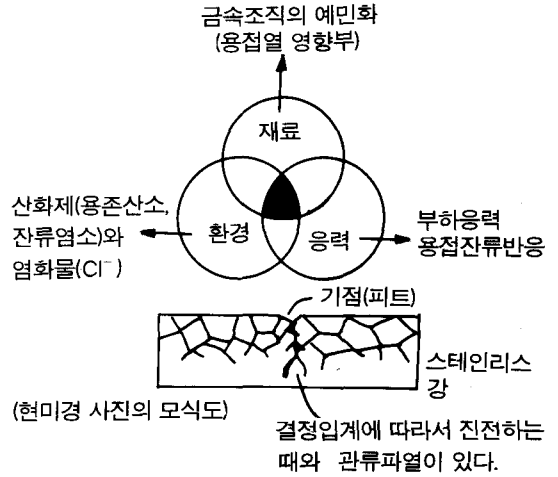
7-1. 스테인리스강의 SCC

인장응력하의 재료나, 잔류응력을 갖는 재료가 특정한 환경에서 금이 가면서 부식하는 현상을 말한다. 응력부식파열에는 용해반응이 지배적인 때(APC)와 파열이 선행되는 수소취성(HE)이 있다.

전자는 금가는 파열의 선단에서 활성용해가 유선해서 진행되는 타입이며, 후자는 고강도강에 있어서 부식반응의 결과 생성된 수소에 의하여 취성적으로 파괴하는 타입의 응력부식파열이다. 스테인리스강에 있어서는 전자의 응력부식파열이 중요하며, 특히 오스테나이트계 스테인리스강의 대표인 SUS 304강에 대해서는 가끔 이 문제에 부딪친다.

일반적으로 SCC는 재료, 환경, 강도의 3요소가 중첩되는 특정한 조건에서 생기며, 어떤 요건이 빠지면 생기지 않는다. 이 관계는 가끔 [그림 5]와 같이 표시된다.

재료측의 요인은 금속조직의 변화에 의존한다. SUS 304강에서는 입계부식향에서 기술한 바와 같이 용접시의 열영향으로 500~700℃의 온도영역에 가열되면 금속조직은 결정입계에 따라서 크롬탄화물의 석출을 수반하는 변화가 생긴다. 이와같은 조직의 변화를 예민화(Sensitization)



[그림 5] 응력부식파열 발생 조건과 파열전면

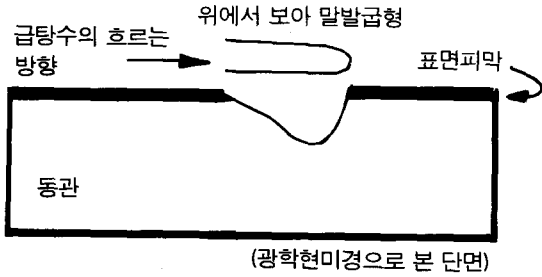
이라고 부른다. 최근 보급되고 있는 저탄소페라이트계 스테인리스강 SUS 444(19Cr-2Mo)는 예민화하지 않으므로 내(耐)SCC 재료로서 호평을 받고 있다.

탄화물생성경향을 억제하는 저(低)C의 SUS 304L이나 SUS 316L도 재료선정의 하나이다.

환경측의 조건은 산화제로서의 용존산소와 염화물농도이다. 이전에 빌딩급탕용 스테인리스강제 탱크에서 용접선에 따라서 금이 가고 파열되는 일이 빈발하여 문제로 되었었다. 그 대책으로서 용접선에 맞추어서 백금도금 티탄선을 둘러감아서 외부전원방식의 전기방식이 적용되었었다. 근년에 페라이트계 스테인리스강(SUS 444)이 사용되고 있다.

대기하에서도 SUS 304제 급탕탱크 외면의 보온재 밑에서 SCC가 생기는 일이 있어, 이때는 보온재에 함유되는 염화물의 농축이 관여되고 있다.

강도인자로서는 외부인장응력의 부하가 고려되나 가장 잊기 쉬운 것이 용접잔류응력이며, 의외로 크게 작용하고 있는 것이 원자력발전에서의 스테인리스강제 냉각수배관의 SCC 문제로서



[그림 6] 급탕동관에 생기는 에로존·코로존의 모식도

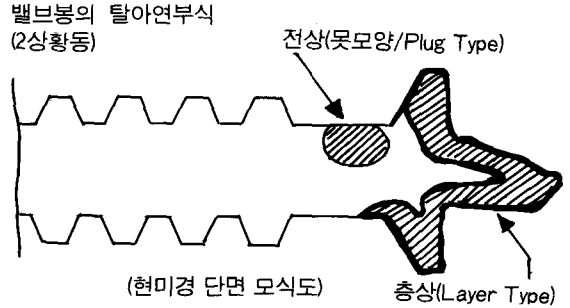
용접잔류응력의 중요성이 인식되게 되었다. 압축 응력이 남는 용접시의 냉각이나, 샷피닝 등의 표면처리가 SCC 방지의 유효한 대책으로 되어 있다.

7-2. 시계(時季) 파열 [Season Cracking]

황동에 생기는 응력부식파열을 말한다. 황동계 탄피가 몬슨기에 금이가고 파열이 생기는 것이 유래가 되어서 이름이 붙여졌다. 암모니아 뿐만 아니라 아민, 히드라진 등 질소화합물의 분해 생성물이 원인이 되어 입계파열을 일으키는 일이 있으나 암모니아가 실제로 검출되는 일은 적다. 용존산소 등 산화제의 존재는 불가결하며 암모니아의 가용성착체를 형성하여 부동태피막이 파괴되는 까닭이다. 이때도 표면피막의 안정성, 즉 pH의 역할이 중요하다. 응력요인으로는 굽힘이나 확관 등의 2차가공이 원인이 된다. 통상 300℃의 저온소둔으로 강도는 감해지나 잔류응력은 제거되고 응력부식파열은 피할 수 있다.

8. 에로존·코로존 [Erosion, Corrosion]

케식(濃食)이라고도 부른다. [그림 6]은 케식의 모식도를 표시한다. 침식은 말발굽형인 것이 특징이다. 고속하에서 기포의 발생과 압괴(壓壞)로 인하여 기계적으로 손상을 받는 현상은 캐비테이션·에로존이다. 에로존·코로존은 급탕동관의 엘보, 티 등의 곡관부에서 생기는 것이 전형적인 것이다. 일견해서 수류의 높은 전단응력



[그림 7] 밸브봉의 탈아연부식의 모식도

에 의하여 금속이 기계적으로 연루된 것으로 보이나 실제로는 표면피막이 수류(水流)로서 제거되어 맨살이 된 동표면은 급속히 부식이 진행되어서 화학적으로 침식되는 현상이다. 그 증거로 전기방식을 적용하면 케식은 정지된다, 유리탄산을 함유하고 낮은 pH인 물에서는 표면피막이 불안정하게 됨으로 케식에 대한 감수성은 높게 된다.

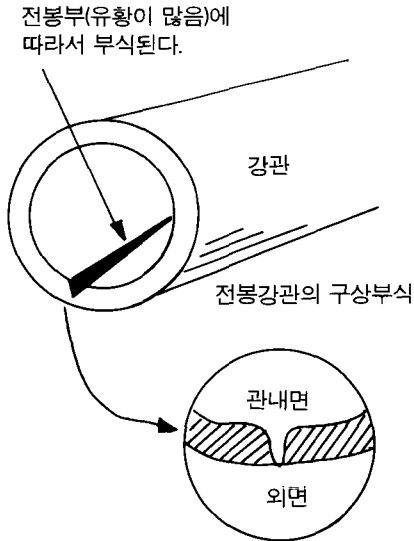
층상에 그 대책으로서는 유속을 1.3m/s 이하로 하는 것이 유일한 방법이라고도 말한다.

구미의 경수지대에서 1.3~1.7m/s 이하로 하고 있으므로 일본과 같은 연수지대에서는 보다 낮은 것이 필요할지도 모르겠다.

이상의 논의는 산소가 충분히 함유된 것을 전제로 하고 있다. 탈기를 적용하면 부식의 요인을 정지시키는 것이므로 높은 유속조건에서도 허용된다.

이외에 펌프케이싱과 임펠러의 손상, 슬러리수송에서의 손상, 샌드에로존 등이 있으며 표면피막을 제거하든지 보호피막의 생성이 곤란한 조건에서 국부침식이 생기는 일이다. 이런 것 중에는 에로피존에 속하는 것, 캐비테이션에 속하는 것, 마모와 부식이 동시에 일어나는 것 등이 포함되며 엄밀하게 구별하기 어려운 것이 있다.

9. 탈아연부식 [Dezincification]



[그림 8] 전봉강관의 구상부식 모식도

합금중의 특정 성분이 선택적으로 소실되는 국부부식을 탈성분부식이라고 한다. $\alpha + \beta$ 2상항동(60 Cu:40Zn)에 있어서 아연이 많은 β 상이 우선적으로 용출하고 강도를 열화시킨다.

밸브봉에 생기는 것이 전형적이며 탈아연부식이 생긴 황동표면은 황백색의 부식생성물을 제거하면 스폰지 상태에서 동의 적색을 나타낸다. 그 손상형태는 [그림 7]에 표시하는 바와 같이 층상(Layer Type)으로 침식될 때와 전상(Plug Type)일 때가 있다. 탈아연부식이 생기기 쉬운 환경조건이란 무엇인가 확실하지는 않으나 BC제품 게이트밸브 연결부의 손모나 결락을 이루고 밸브의 닫힘이 불가능하게 된 사례가 있다. 내탈아연성능을 높인 내탈아연항동재가 개발되어 있다.

10. 구상부식 [溝狀腐食 / Grooving]

[그림 8]과 같이 전봉강관의 용접접합부에 따라서 V자형으로 깊이 침식되는 사례가 잘 알려져 있다. 해수, 브라인 등에서의 침식도는 3~5mm y에도 도달한다, 담수를 취급하는 빌딩의 설비배

관에도 가끔 구상부식이 경험되고 있다.

모재부에 비해서 용접부의 부식속도가 높은 것은 용접시의 급열 급냉으로 용접부에 비금속개재물인 MnS가 편석되었음이고 해수나 공업용수의 냉각수배관에 가끔 경험되는데, 수질에 따라서 생길 때와 생기지 않을 때가 있으며 환경조건에 관해서는 아직 불명한 점이 있다. 또 불순물의 S농도를 저하시키든지 합금원소의 첨가로서 그 악영향을 억제한 내구식강관이 개발되어 있다. 단접강관은 구상부식에 대한 감수성이 낮다.

11. 매크로셀부식 [Macro-cell Corrosion]

국부전지부식(미크로셀)은 애노드와 캐소드가 온전하게 고르게 되어 있으나, 매크로셀부식에서는 애노드와 캐소드가 분리하여 부식전지를 형성하여 부식이 생기는 것을 말한다.

흙 속에 매설된 급수관이나 가스도관이 철근 콘크리트 건물을 관통할 때 배관이 철근과 접촉할 가능성이 있으며, 전체로서 큰 면적을 갖는 콘크리트 속의 철근은 유효한 캐소드로서 작용하고, 흙 속의 강관 엘보 등이 애노드로 되어 강관외면이 심하게 부식된다. 이것을 방지하기 위해서 절연파이프의 삽입, 혹은 슬리브를 사용해서 철근과의 금속적 접촉을 피하는 조치, 혹은 전기방식 등의 대책이 세워진다.

통기성이 다른 토양 속을 관통하는 배관에서는 산소농담전지기구에 의하여 통기성이 나쁜 부분이 애노드로 되어 부식된다.

매크로셀부식은 관외면이 토양이나 물 등의 환경에 접하여 있을 때 문제가 되며 건물내에서관이 접하여 있더라도 대기에 있으면 그 부분에서 부식은 문제가 안된다. 그러나 배관에 직류전류가 흐르는 일이 있으면 어디선가 전해질과 접하는 가능성이 높으므로 바람직하지 않다. 교류이면 부식상의 해는 없다.

12. 맺음말

본고에서는 적수대책과 직접관계는 없으나, 설비배관으로서 부식이 문제가 되는 각종 재료에 관해서도 주요한 부식장해에 대해서 해설하였다.

금일 급수배관재료의 주류를 점하고 있는 염화비닐라이닝강관의 배관시스템에 있어서 판단부의 국부부식문제가 아직 미해결로 있는 것, 급탕동배관의 공식대책이 명확하지 않다는 것 등은 다같이 적수대책으로서 출현한 재료인만큼

적수문제는 미해결이라고 말할 수 있다. 설비의 내구성을 확보하는 관점에서 이 문제의 해결에 노력할 필요가 있다.

筆者連絡先

井哲雄

構兵國立大學 客員教授

115 東京都北區 丘 2-25-15 (自宅)

TEL : 03-3909-6335 FAX : 03-3909-1614

조합소식

설비공사공제조합, 1997년도 자본금증자 안내

■조합원이 증자를 하면

첫째

증자한 금액의 90%까지 은행보다 훨씬 싼 이자로 용자가 즉시 가능하며, 각종 보증한도가 그만큼 확대됨에 따라 한도부족으로 인하여 비싼 수수료를 지급하고 일반 보증회사에서 보증서를 발급해야 하는 불편이 해소된다.

둘째

금년 6월부터 일정 한도 범위내에서 제3자 연대보증인제도가 시행됨에 따라 조합원 연대보증인 없이도 개인 또는 법인을 연대보증인으로 세워 거래할 수 있으므로 증자를 많이 할수록 각종 보증서 발급에 유리하다.

셋째

개정된 건설산업기본법에서는 도급한도액제도 대신 시공능력공시제도가 실시됨에 따라 조합출자가 이에 반영될 것이므로 설비공사공제조

합에 출자를 많이 할수록 그만큼 시공능력을 높이 평가받을 수 있다.

넷째

조합의 재무구조가 건실하게 되어 신기술개발, 전문인력양성, 기자재 공동구매사업 등 설비업계의 특성에 맞는 각종 지원사업을 추진할 수 있게 되어 조합원의 공동발전에 많은 기대를 할 수 있다.

증자내용

- [1] 증자계획좌수 : 40,000좌
- [2] 증자대상 : 전조합원
- [3] 1좌당 청약금액 : 845,000원(잠정금액) 단, 1997년 6월말 결산 및 12월말 결산후 정산계획
- [4] 청약기간 : 1997년 3월 17일~12월 31일
- [5] 출자증권 발행시기 : 청약당일 발행(출자증권 발행과 동시 모든 업무거래 허용)
- [6] 청약취급처 : 설비공사공제조합 거래지점
- [7] 기타 자세한 사항은 거래지점 또는 본부 업무(02-528-0587)로 문의