

부식피해, 과연 어느 정도인가

글/김영호(정우금속공업(주) 전무이사, 기술사)

1. 序

전산업분야가 마찬가지로 생각되고 있을지도 모르지만 특히 설비분야에서 부식이란 듣기만 하여도 골이 아픈 말이다.

과거 많은 사고나 피해들의 원인이 부식이었으며, 방식에 대하여 조금만 배려 했었다더라도 사고의 피해를 훨씬 줄일 수 있었거나, 미연에 방지될 수 있었다는 사실을 이해하고 있는 사람은 많지 않은 것 같다.

사고의 피해를 복구하는데만 급급한 나머지 정확한 원인분석과 사후대책 마련에는 미흡했던 관계로 유형이 같은 사고가 재발하는 사례가 끊이지 않고 있다.

해사를 전처리 없이 사용하면 철제의 배관이나 구조물을 부식시킨다는 사실은 최근에 처음으로 발생한 사례가 아니며, 온수용 배관재로 사용한 아연 도강관은 탈아연 부식이 발생한다는 사실 또한 최근에 알려진 사실이 아닌 것이다.

어떠한 문제의 근본적 대책을 수립하기 위해서는 우선 그 문제에 대해 정확한 원인이 분석되어야 하며, 정확한 원인의 분석을 위해서는 이론에 대한 이해가 선행되어야만 하는 것이다.

부식에 관한 사례별 기본원리가 정연하게 밝혀져 있으며, 대책 또한 여러가지가 제시되어 있고 실제 적용되고 있다.

본란에서는 앞으로 사례 중심의 부식문제를 심도 있게 다루어 재발방지 대책으로 제시할 예정이다. 가급적 설비분야의 내용을 위주로 할 것이나 이해를 돕기 위해서는 전혀 무관한 분야에 대해서도 언급할 필요가 있을 것이다.

2. 부식비용은 어느정도인가

오래된 자료이긴 하나, 미국 NBS¹⁾의 1975년 연구보고서에 의하면 금속의 부식으로 인하여 발생하는 비용을 다음과 같이 수치화 하고 있다.

- 부식으로 발생하는 연평균 비용은 700억 달러 정도이다.
- 이 금액은 1975년 미국 GNP의 4.2%에 해당 하는 규모이다.
- 또 이 금액은 1975년 미국 에너지 소요량의 3.5%에 해당된다.

한편 보고서에는 현대의 유용한 부식방지기술을 잘 이용하면 700억달러 중 100억 달러 정도의 비용 절감이 가능하다고 주장한다. 이 100억 달러라는

주 1) National Bureau of Standard

금액은

- 연간 소요에너지 양을 15% 절감하는 효과이며
- 연간 사용하는 원광석(原鑛石) 2.1% 절감하는 효과라는 것이다.

국내에서는 미국과 같이, 사용되고 있는 모든 금속의 부식으로 인해 발생하는 비용을 조사한 바 없으므로, 미국의 통계치(비율)을 적용하여 추산해보자.

1989년 1인당 GNP를 4500달러(정부제시)로 계산하면 국민총생산규모가 1800억 달러이고, 이의 4.2%인 76억달러(약 5조원)가 연간의 부식비용으로 발생될 수 있다.

이를 뒷받침하는 국내의 부분적인 자료로는 배관재의 법적 내구년수와 관리통계치로 조사된 실제사용년수를 대비한 손실액 추정치이다.

즉 세법에서 급수, 급탕, 위생 등 설비시설의 내용년수를 정하고 있는데, 배관재의 경우는 법적기준이 14.3년 임에 비하여 실제 개체공사가 이루어진 것은 8.3년으로 6년의 수명 차이가 있고 이를 토대로 비용을 계산하면 1981년 기준 722억원이 연간 배관부분의 부식비용으로 발표된 바 있다.

이러한 금액은 당시의 평균면적에 해당하는 공동주택(아파트)을 연간 2,300호 건설비용에 해당된다.

부식은 일반적으로 생산과정과 소비과정에서 동시에 발생한다. 노출구조물, 선박, 지하매설물, 화학장치, 내연기관, 보일러, 항공기 및 기타 모든 공업분야에서 부식이 관계되지 않는 곳은 없다.

일본에서는 철 생산량의 약 10~20%가 부식으로 손실되고 있다고 계산하고 있는데, 일본의 철 생산량이 1억톤 규모이므로 그중 1천만톤 이상이 부식으로 손실된다는 결과이다.

사단법인 일본방청기술협회와 사단법인 방식기술

협회에서 간행된 “일본에 있어서 부식손실 조사보고서”에 의하면” 직접비만 연간 1조3백억엔에 달하는 부식비용이 발생한다고 보고되었다.

영국에서의 1969년 보고서에는 연간 약 13억 파운드(약 5조원)가 부식비용임을 보고한바 있다.

이상 몇개 국가의 자료를 이용하면 전세계적으로는 연간 약 50조원 이상의 부식비용이 발생하고 있다고 추정할 수 있다.

3. 왜 부식이 일어나는가

부식(Corrosion)이란 어떠한 형체와 중량을 가진 물질이 시간이 경과함에 따라 중량이 감소되면서 변형되어 가다가 결국에는 그 형체를 잃어버리는 현상이다.

고분에서 출토된 유물중에서 어떤 금속제품은 형체를 알아볼 수 없을 정도로 남아 있는 부분이 극히 적고, 어떤 금속제품은 수백년 수천년이 지났음에도 완전한—그대로 사용할 수 있는—형태로 보존되고 있는 등의 예로 쉽게 이해될 수 있다.

여기서, 어떤 물질은 부식이 잘되고 어떤 물질은 부식이 덜 되거나 전혀 부식되지 않는 것이 있음을 알 수 있다.

사실상 부식은 금속이나 비금속에 공통적으로 발생하는 현상이나, 비금속 물질은 공업의 용도로 사용되는 부분이 미미하므로 부식하면 우선 금속을 생각하게 되는 것이며, 따라서 부식문제는 공업용의 대부분인 금속재료에 국한하여 다루어 질 뿐이다.

4. 금속이란 무엇인가

부식의 본질을 이해하기 위하여 우선 금속이 무엇인가를 살펴보자.

주 2) 보고의 개요는 방식기술지 26, 401(1977)에 게재되었다.

금속이란 다음의 5가지 특성을 갖추고 있다.

- 고체상태에서 결정구조를 갖는다.
- 전기의 양도체이다.
- 열의 양도체이다.
- 고유의 광택을 갖는다.
- 전성(展性) 및 연성(延性)이 좋다.

그러나 물질 중에는 그렇지 않은 것도 있기 때문에 광학적으로 이상 5가지 특성의 일부만 갖추고 있는 물질을 반금속 또는 준금속이라 부르고, 이상 5가지 특성을 전혀 갖추지 못한 물질은 비금속이라고 분류하여 부르는 것이다.

현재까지 물질을 구성하는 원소는 <표1>과 같이 103종이 있다.

<표 1> 원소의 종류

구 분	금 속	준금속	비금속	계
자연원소	68	7	17	92
인공원소	11	—	—	11
계	79	7	17	103

표에서 자연원소란 금·은·동·철과 같이 자연에 존재하는 원소를 말하며, 인공원소란 사람이 공학을 이용하여 만들어낸 원소인데 주기율표에서 원자번호가 93번 이상인 것이 인공원소로, 우라늄, 토륨, 프루토늄 등이 잘 알고 있는 인공 원소의 예이다.

다시 앞으로 돌아가, 금속이란 여러가지 물질이 섞여져 있는 광석에서 특정 원소만을 분리해 내어 이것을 어떤 형태의 덩어리로 만들어 놓은 것이다. 이러한 과정을 정련이라고 한다.

부식이란 말을 다시 과학적으로 표현하면 “정련을 통하여 만들어진 금속이 원래의 형태인 광석 즉 화합물로 되돌아 가려는 성질, 다시말하면 자연으로 되돌아 가려는 현상”이라고 할 수 있다.

광석이란 여러가지 물질의 혼합체(化合物)로서 금속의 본래 형태이다. 그래서 사람이 세상을 떠나면 흙에 묻혀 자연으로 돌아가는 원리와 똑같이, 금속도 기회만 있으면—공학적으로 조건만 갖추어진다면—항상 원래대로의 화합물로 되돌아 가려는 성질을 가지고 있다. 이러한 성질을 재반응(React)하려는 성질이라고 한다.

앞으로 많이 사용될 내용을 위하여 화합물에 대한 것도 같이 짚어보자.

· 산화물(Oxide): 어떤 금속원소와 산소가 결합된 물질

· 황화물(Sulfide, Sulfite, Sulfate): 어떤 금속원소와 S, SO₃, SO₄ 등과 결합된 물질

· 탄산염(Carbonate): 어떤 금속원소가 CO₃와 결합된 물질

끝으로 부식의 본질을 파헤치기 위하여 또 한가지 이해하고 넘어가야 한다.

흔히 이온(Ion), 이온화경향, 이온화계열등으로 많이 표현되는 “이온”이란 용어이다.

이온이란 희랍어의 “가다”, “간다”는 뜻의 말로 패러디(Faraday)가 맨처음 사용한 것인데, + 또는 - 전기를 띤 원자 또는 원자단이다. (깊은 내용은 화학분야 서적 참조)

그런데 대부분의 금속이 금속덩어리 자체로서 보다는 이온(+이온 또는 -이온)으로서의 형태가 안정적이다. 따라서 화합물로 되돌아 가려는 성질과 마찬가지로 금속은 기회만 있으면—조건만 갖추어진다면—이온화 하려는 경향이 있다. 그러므로 부식의 또다른 과학적 표현으로 “금속이 이온화 하는 경향”이라는 말을 쓰게된다.

이상은 후술할 부식발생의 조건과 부식방지 대책을 설명하기 위하여 필요한 내용이다.