

열 교환기의 부식문제

배 순 훈*

공기조화 및 냉동에 쓰이는 열교환기의 설계 및 제작기술은 최근에 급격히 발전하여 선진국의 기술을 따라가는 정도가 되었다. 이제 한층 더 높은 차원에서 열교환기를 제작할 수 있게 하기 위하여 부식문제와 Scale에 대한 기술적인 문제에 대하여 연구할 필요가 있는 시기에 도달한 것 같다.

부식을 경제적으로 최소한으로 하기 위한 노력은 매우 오래전부터 계속되어 왔고 앞으로도 중요한 문제가 될 것이다. 우선 제일 먼저 부식을 감소하기 위하여는 적절한 재료가 선택되어야 하는데 재료선택은 설계조건과 운전조건에서 어떤 형태의 부식이 가장 중요한가를 예측하여야 한다. 응축기에서 부식문제가 가장 심각하여 이에 관한 실험과 경험이 많이 누적되어 설계자료로 도움이 되고 있다.

보통 응축기에서 판의 파손은 부식이나 결식(erosion)에 의하여 판의 재질이 점차로 소멸되는 것인데 이 현상에 대한 확실한 해석은 매우 복잡하고 유체의 화학적 성분, 속도, 온도에 따라 영향을 받고 판 재질과 성분에 따라서도 달라진다.

Electro-Chemical

대부분의 물이나 물이 섞인 용액에서 부식은 electro-chemical 性의 부식이다. 소금이나 가스가 용해된 전해질 용액에 금속이 잠겨 있을때 금속의 electro-potential에 의하여 전류가 유도되고 따라서 금속 용액이 녹아들어가게 된다. 양극에서 금속이 녹아들어가고 음극에서 수소가 발생하는 현상이 생긴다. 금속표면에 발생한 수소가 제거 안되면 편극 현상이 일어나고 electro-che-

mical 반응은 중지된다. 그러나 보통수소는 기포의 형태로 제거 되거나 산화제에 의한 화학반응에 의하여 제거된다.

순수한 금속을 사용하면 이런 부식을 방지할 수 있을것 같으나 실제로 용해된 소금이나 가스가 순수금속과 반응하여 복합물질을 형성한다. 두개의 서로다른 전해질 물질이 있으면 electro-chemical 반응은 일어나고 그 부식의 속도는 부식되어 금속 표면에 생성된 물질의 성질과 분포에 따라 결정된다.

Film Formation

응축기의 부식은 판 표면에 생성되는 얇은막에 의하여 크게 좌우된다. 새 판을 처음 사용하면 부식에 의하여 얇은막이 생성되는데 이 막은 그 이상의 부식을 방지하므로 연속적이고 파손이 안되면 판의 수명을 매우 길게한다. 그러므로 이 막을 파손하는 요소는 판의 부식을 촉진하는 결과를 가져온다. 최초로 막이 형성되는 것은 금속과 유체의 성질 그리고 온도와 속도같은 운전조건에 의하여 좌우된다.

Dezincification

15%이상의 아연(Zinc)이 섞인 구리합금으로 된 판에서 부식을 Dezincification 이라고 부르는데 Brass는 합금의 형태로 녹아들어가고 구리가 스폰지 같은 형태로 변화하는 현상을 말한다. 아연은 용액에 녹아 있거나 금속표면에 녹지않는 아연 복합물의 형태로 부착하게 된다. 부식된 표면에 다공성의 구리가 부착되어 있는 것을 보면 이러한 형태의 부식은 쉽게 팔별할 수 있다. 이 Dezincification 이 국부적으로 일어나 針狀 구멍

* 正會員, 한국과학원

을 만드는 수가 있는데 이것을 plug-type Dezincification 이라고 부른다. Dezincification 은 보통 산소 포함량이 적은 약 산성물에서 일어난다. 이런 종류의 부식은 물의 속도가 매우 적거나 어느부분에 물이 고여있을때 혹은, 온도가 높으면 빨리 일어난다.

Layer-type dezincification 는 산성 액체에서 발생하나 plug-type 은 알카리성, 중성 그리고 약 산성에서 발생할 수도 있다.

Brass 응축기관의 합금은 예를들면 Admiralty 나 Aluminum brass 등은 유황, 안치모니, 비소 등을 첨가하여 dezincification 을 방지한다. 만약에 이러한 합금에서도 dezincification 이 일어날 만큼 부식성이 강한 주위조건에서는 관의 합금의 종류를 변경하여야 한다.

Denickelification

Cupro-Nickel 합금에서 brass에서 dezincification 과 비슷하게 denickelification 이 가끔 일어나기도 하나 이런 부식은 매우 드물고 보통문제가 되지 않는다.

Galvanic Corrosion

두개의 다른 금속이 서로 접촉이 되어 전해용액속에 들어 있으면 전류가 발생하고 따라서 Galvanic Series 의 下位에 있는 금속은 용액에 녹아들어가게 된다. 이러한 부식은 galvanic Series 의 하위에 있는 금속의 면적이 다른 금속의 면적보다 좁을 때는 매우 심각한 문제이다. 이 부식은 전해용액이 없으면 진행되지 않는다. 따라서 공기나 절연매개체 내에서는 일어나지 않는다. 전류가 흐르는 것을 금속간의 절연으로 방지하면 역시 이런 부식을 방지할 수 있다.

Impingement Attack

관 입구에서 액체나 기체가 관의 벽면과 부딪쳐 보호막을 마모되게 하여 일어나는 부식을 impingement Attack 이라고 한다. 이 현상은

유체의 속도가 지나치게 빠를때 일어나나 난류에서나 공기 또는 기체가 액체에 녹아 있을 때 일어나기 쉽다. 이런부식을 당한 관은 액체나 기체가 관 벽에 마찰하는 현상을 반영하는 우물두툼한 표면을 갖게된다.

Stress Corrosion

stress corrosion 이라는 것은 표면에 crack 이 생성되는 것인데 인장응력이 금속에 작용하면서 부식이 일어날때 생기는 현상이다. 구리포함량이 85%이하인 구리합금에서 일어난다. 이것을 방지하기 위하여 응축기관은 아니링하거나 다른 방법으로 응력을 제거한다. 그러므로 열교환기를 조립할 때 특히 확관할때 관에 응력이 남지 않도록 주의해야 한다. 이런 부식은 세가지, 기본조건이 만족되면 일어난다.

- (1) 잔여 응력 또는 인장응력이 관에 작용되고 있어야 하고,
 - (2) 부식성이 있는 유체가 있어야 하고,
 - (3) 이런부식이 생기는 금속합금이어야 한다.
- 이중에 어느조건이라도 피할 수 있으면 이런 부식은 방지할 수 있다.

Corrosion Fatigue

응력형태의 부식에 있어서 또 하나의 다른 형태의 파괴로는 부식피로가 있다. 이것은 작동할 때 진동 또는 다른 주기적인 응력이 부식성이 강한 환경과 동시에 일어날 때 발생하는데 관벽을 약하게 하거나 응력집중의 원인이 된다.

PH의 영향

구리나 구리합금은 암모니아 복합물질에 부식을 당하므로 강철관이 더 적절한 선택이다. 일반적으로 용액의 PH는 부식율을 결정하는데 산성이나 염기성 부식은 관을 점차적으로 녹여들어가므로 파괴가 일어 날때까지 관벽이 얇아지는 결과를 초래한다.

Dissolved Gases

산소가 유체에 녹아 있으면 쉽게 연속적인 산화막을 형성하여 부식을 방지한다. 최초에 생긴 막은 매우 단단하여 금속 표면을 부식으로 부터 보호하나 산화막이 천천히 형성되거나 드문드문 형성되면 오히려 산화막은 부식을 촉진시키는 결과가 된다. 그래서 Cupro-nickel 과 Aluminum brass에서 마찬가지로 산화막이 급속히 형성되는 성질이 필요하다. 이산화 탄소가 유체에 섞여 있을 때는 탄산을 형성하여 금속산화물을 녹이고 따라서 화학적인 부식을 증가시킨다. 이산화 탄소는 대부분의 우물물과 유기물질이 섞인 물에는 존재한다.

유화수소는 특히 구리합금에 해롭다. 유화 수소는 유황 화합물폐수, 석유산업의 부산물로부터 생겨난다.

암모니아는 습기가 있으면 구리나 구리합금에 응력부식을 발생시킨다. 암모니아는 자연수, 정유제품, 냉동시스템에 존재한다.

속도에 의한 영향

유체의 속도는 대개 3.3ft/sec에서부터 10ft/sec 사이에 어떤 값을 택하나 7ft/sec 정도의 설

계가 많다. 난류가 심하게 일어나면 표면이 침식을 당하여 국부적인 부식 또는 Pitting 이 일어난다.

고체 입자의 영향

모래, 해양미생물, 진흙등이 물에 섞여 내려가면서 관벽을 마모시키고 표면의 산화막을 파괴하여 부식을 급속히 증가시킨다.

Concentration Cells

금속 표면에서 금속이온의 농도가 다르거나 녹아있는 산소의 함유량이 다르면 전류가 흐르게 되고 pit-type의 부식이 발생한다. 이것은 galvanic corrosion에서와 마찬가지로 전류가 금속과 용액에 흐르면서 발생하게 되는데 금속표면에 퇴적물 또는 Scale에 의하여 금속이온의 농도가 증가하면 이 퇴적물에서 떨어진 금속 표면에서 부식이 일어난다. 이와 반대의 부식은 산소의 함유량의 차이에서 발생하는데 퇴적물이나 Scale이 있는 표면은 산소와 접촉할 수 없으나 깨끗한 표면은 산소와 접촉하기 때문에 부식이 일어난다. 이런 경우에는 부식이 퇴적물 또는 Scale의 바로 아래 금속표면에서 일어난다.