

산업설비에서의 펌프 응용



글/이정우
 <영풍정밀공업(주) 기술이사·기술연구소장>

2. 펌프의 재료와 방식(계속)

- 1) 부식과 방식
 - (1) 금속의 전위
 - ① 이온화 경향

금속이 환경속의 물질과 불필요한 화학적 또는 전기 화학적 반응을 일으켜 표면에서 변질하여 그 모양이 흐트러지거나 썩어서 소모하는 현상을 금속부식이라 한다. 금속이 유체와 접해있을 때에 생기는 부식은 금속이 접하는 유체와의 사이에 화학반응해서 금속화합물을 만드므로 활성이 큰 금속일수록 반응하기 쉽고 부식되기 쉽다.

유체속에서 불순물의 금속이 있을 때에는 두 종류의 금속간에 전지를 구성해서 저전위의 금속표면이 이온화되어 흘러나와 부식한다. 일반적으로 활성이 큰 금속일수록 전위가 낮고 활성이 작은 금속일수록 전위가 높다.

각종 금속원소의 전극단위와 활성(이온화경향)은 다음과 같다.

이온화 경향 소 ↔ 이온화 경향 대
 (고전위) (저전위)

Au, Pt, Ag, Cu, (H), Pb, Sn, Ni, Co, Cd,
 Fe, Cr, Zn, Mn, Al, Mg, Ca, Na, Ba, K

- ② 해수중에서의 금속전위

실지로 금속은 합금으로 사용되는 경우가 많다. 합금의 경우는 금속원소와는 달리 금속표면의 조치가 균일하다고 생각되므로 금속표면상에서 국부전지가 생겨 저전위의 부분이 부식된다.

합금 및 금속원소의 전극전위는 <표 1>과 같다.

<표 1> 금속의 고유단위

| | |
|---------------------|------------|
| 백 금 | +0.33V |
| 금 | +0.18 |
| 스테인레스(18Cr-8Ni-3Mo) | -0.04 |
| 은 | -0.06 |
| 스테인레스(18Cr-8Ni) | -0.08 |
| 모 넬(67Ni-30Cu) | -0.10 |
| 청 동 | -0.14 |
| 황 동(85015) | -0.15 |
| 동 | -0.17 |
| (표준수소전극) | -0.24 |
| 니 켈 | -0.24 |
| 황 동(60Cu-30Zn) | -0.27 |
| 주 석 | -0.46 |
| 납 | -0.50 |
| 동, 주철 | -0.45-0.65 |
| 듀랄루민 | -0.61 |
| 알루미늄 | -0.78 |
| 아 연 | -0.07 |
| 마그네슘 | -1.60 |

해수중, 포화감방기준

펌프의 구성재료가 받는 부식은 상기의 부식의에 유수에 따른 충격, 케비테이션, 유수속의 고품물에 의한 마모가 가해진다.

또한 유체가 해수인 경우는 해수의 성상이 장소, 때에 따라 다르고 부식의 상태는 여러가지이며 활성이 큰 합금이 항상 부식이 심하다고 할 수는 없다.

(2) 부식의 종류와 그 원인, 대책

| 부식의 종류 | 부식의 형태와 원인 | 대책 |
|--|---|---|
| 전면부식 (Uniform attack) | 전면에 균일하게 부식되며, 보통 볼 수 있는 철의 붉은 녹 등은 이종류의 부식이다. | 통상은 부식대를 고려한 등의 대책이 있으나 부식의 진행이 급속한 경우에는 방청처리 또는 재질의 재검토를 행한다. |
| 공식(침식) (Pitting corrosion) | 스텐레스강, 특히 13% Cr 등에서는 1) PH>3인 약한 부식 환경 2) Cl, Br 등 할로젠 이온의 존재 3) 산소 또는 산화성 금속의 존재 등에 의해 부식공을 생성시키는 수가 있다. 이것을 공식이라 말한다. 더욱이 해수중의 동합금의 콘덴샤관 등에서 볼 수 있다. | 내공식성 스텐레스강으로서 Mo, Cu를 첨가하여 C량을 감소시킨 것. 예를들면 SUS 316, 316L, 317, 317L이 있다. 방지법으로서는 1) Mo, Si의 첨가 2) 음극방식법 3) 미리 크롬산 용액중에 침입시켜서 부동태화 처리한다. |
| 입계부식 (Intergranular Corrosion) | 18-8 스텐레스 강 of 중대한 결점이 되는 부식으로 산성용액 중에서 결정립계가 급속히 침식되는 부식을 말한다. 500°C에서 700°C에서의 부적당한 열처리에 의한 립계 부근의 Cr이 탄화물을 형성하고 방식에 필요한 Cr 양이 부족한 것에 기인한다고 말할 수 있다. | 1) 용접부의 용체화 처리를 한다. 2) 금속중의 탄소량을 감소시킨다. (예: STS 304L, 347, SSC 21, 22) 3) C와의 친화력이 Cr보다 강한 원소(Ti, Nb, Ta 등)의 첨가(예: STS 321, 347, SSC 21, 22) 4) 오스테나이트, 페라이트 이상의 조직으로 한다. |
| 응력부식 분열 (Stress corrosion cracking) | 스텐레스강, 연강, 황동, Al 합금, Mg 합금 등에서 금속 내부의 잔유인장응력이나 외부에서의 인장응력이 존재한 상태에 있는 특성의 부식환경에 놓이면 분열하는 것이 있다. 스텐레스강에서는 염화물 수용액중에서 동합금에서는 암모니아 분위기 중에서 일어나기 쉽다. | 부식환경의 제거 및 인장응력의 제거가 유효하다. 그 수단으로서 1) 음극방식법 2) 열처리에 의한 잔유응력의 제거 |
| 부식피로 (부식피로분열) (Corrosion fatigue cracking) | 부식환경과 반복응력의 조합에 의해 피로한계가 저하되어 파괴하는 것이다. 응력부식 분열이 정적인 인장응력에 기인하는 것에 대하여 부식피로는 동적인 반복응력에 기인한다. | 1) 기본적인 강도설계 대책과 재질검토, 예를들면 오스테나이트계, 스텐레스강 대신에 오스테나이트, 페라이트 이상의 스텐레스강(STS 329J1, SSC 11)을 사용한다. 2) 음극방식법 3) 아연도금 |
| 산소농도전지부식, 이온농도전지부식, (Oxygen concentration cell) (Salt concentration cell) | 액중의 이온농도 또는 산소농도의 차에 의해 형성되는 전지에 의한 부식으로 동일 금속면내에서도 이온농도나 산소농도가 작은 곳과 접해 있는 부분이 양극으로 되어 국부부식을 일으킨다. 나사임구부나 이음매 등이 부식되는 것은 그 부분의 산소농도가 낮게 되는 때문이다. | 틈새부식은 틈새의 형상에 관여하는 틈새 부식은 어느정도 설계적으로 방지할 수 있다. 즉, 1) 불필요한 요철, 틈새는 피하여 설계한다. 2) 유속이 균일하게 되도록 설계한다. 3) 틈새 부분을 설치하는 경우에는 해수중에서는 부동태형 재료가 틈새부식을 일으키기 쉽다는 것을 염두에 두고 틈새부에는 틈새부식 방지재를 이용한다. |
| 선택부식 | 합금중에 있는 특성의 성분만이 선택적으로 침투되는 부식이 선택 부식이다. 예를들면 탈아연, 알루미늄 청동의, 탈알루미늄 니켈합금의 탈니켈, 주철의 흑연화 등이 이 종류의 부식이다. | 1) 합금조성을 검토하여 선택부식이 일어나지 않는 조성으로 한다. 2) 음극방식법 3) 설계 두께의 증가 |
| Cavitation erosion | 케비테이션이 발생하는 때에도 금속 표면상에서, 유속차, 용존산소 농도차이 있으므로 국부전지를 형성하여 기포 파괴시의 물리적 침식작용과 아울러 국부부식을 현저하게 촉진한다. | 케비테이션이 일어나지 않게 설계하는 것은 말할 필요도 없지만, 재료적으로는 내식 내마모적으로 우수하고, 피로강도가 강한 재료를 선정하는 것이 필요하다. |

(3) 부식작용에 관계하는 요소

펌프 각부위의 부식작용은 그 원인이 반드시 단순한 것은 아니고 그 나타내는 방식도 대단히 복잡하다. 그러나 부식의 원인이 되는 여러 요소중에는 당연히 기준이 되는 것이므로 이하에 이것을 열거한다.

① 액의 종류, 농도, 성분, pH 값

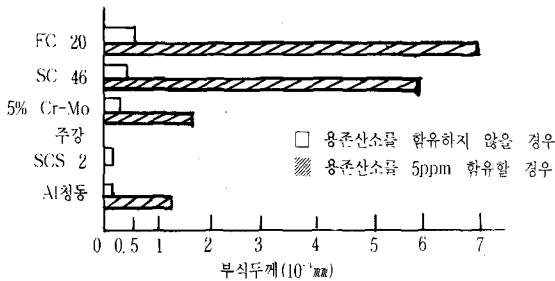
pH : 14 7 3
 ← 알카리 → 중성 ← 산 →

② 액온

온도가 높을수록 부식이 생기기 쉽다. 또 pH 값이 낮아진다.

③ 용존산소량

많을수록 부식이 생기기 쉽다. <그림 1>에 용존산소가 부식에 끼치는 영향을 표시한다.



<그림 1> 3% 식염수, 유속 30m/sec에서의 용존산소의 영향

④ 유속

일반적으로 빠를수록 부식이 생기기 쉽다. 그러나 스테인레스강과 같은 것은 유속이 빨라지고 산소의 공급이 많아지면 산화물 표면기막이 한층 완전히 되어 내식성이 높다. 각종 재료에 대한 식염수유속의 영향을 <그림 2>에 표시한다.

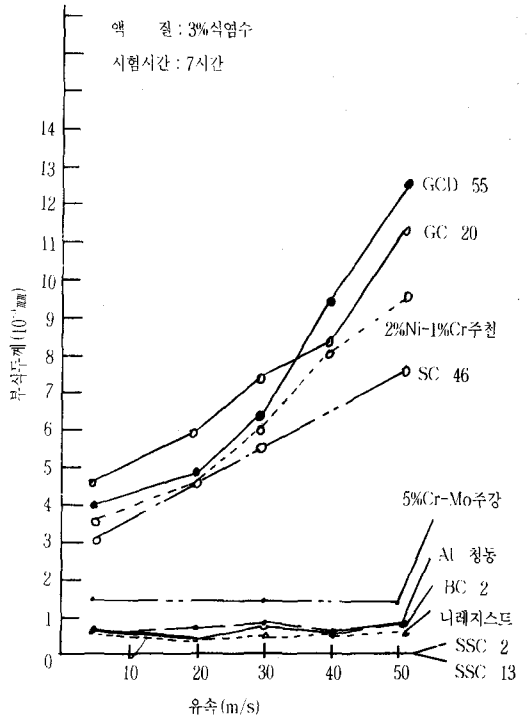
⑤ 금속 표면조직의 균일정도

⑥ 점액부재료의 짝 지움과 표면적비 거리

⑦ 금속표면의 현상

돌기부, 케비테이션의 발생부위, 충격흐름을 받는 부위는 부식이 생기기 쉽다.

⑧ 재료가 응력을 받고있는 부분은 부식이 생기기 쉽다.



<그림 2> 각종 재료의 부식두께와 유속과의 관계

(4) 방식방법

펌프의 부식에서 가장 많은 것은 해수인 경우의 전기화학부식이다. 해수펌프의 부식에는 대단히 많은데도 불구하고 이것에 대한 완전한 방식법은 아직 확립되어 있지 않다. 이것은 펌프로 취급하는 해수는 공업지대의 해안부근에서 잡는 것이 많고 여러 공장폐수에 따라 오염되어 있어 조성이 복잡하며 부식의 진행도 여러가지이기 때문이다. 여기서는 일반적으로 널리 사용되는 부식대책에 대해 말한다.

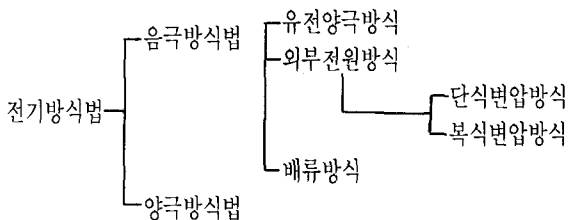
① 금속재료의 적절한 선정

② 구조상의 적절한 설계

- 이중금속의 조합 사용을 피한다.
- 불필요한 틈새, 모난구석, 표면의 요철을 없앤다.
- 부식대를 고려한다.
- 유속이 균일하게 되도록 설계한다.
- 케비테이션의 발생이나 공기흡입을 방지한다.

- 응력집중이 일어날 수 있는 구조를 피한다.
- ③ 방식을 고려한 제작, 조립, 보수관리
- ④ 금속피복
 - 도금, 금속용사, 확산, 침투 등
- ⑤ 무기방식 피복
 - 각종 라이닝(자기, 유리 등)
 - 몰타르, 콘크리트, 피복
 - 회성처리 피막, 화학 화성 처리, 양극산화
- ⑥ 유기방식 피복
 - 도료에 의한 피복
 - 각종 라이닝(고무, 플라스틱 등)
- ⑦ 부식환경의 제거
 - 제습, PH의 조정, 용존산소의 제거 등
- ⑧ 부식 억제제의 사용
- ⑨ 전기방식법
 - 전기화학적 작용을 이용하여 방식하는 방법
- (5) 전기방식법

전기방식법에는 금속체에 음극전류를 흘려서 방식하는 음극 방식법과 양극전류를 흐르게 하여 방식하는 양극방식법이 있지만, 우리나라에서는 주로 음극 방식법이 이용되고 있다.



① 유전양극방식

흡입관이나 케이싱 등 특히 방식을 필요로 하는 부분에 아연, 마그네슘 등을 장치한다. 장치된 금속은 양극이 되어 점차 소모하고 용해되나 그간 피방식체는 음극이 되어 보호된다. 단 양극이 될 금속은 순도 99.99% 정도 것이 필요하며 또 확실하게 전기적 접촉을 유지하도록 장치되지 않으면 안된다.

② 외부전원방식

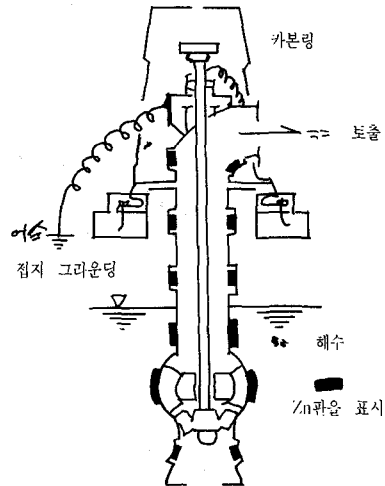
전기화학적 부식의 원리에서 생각하여 역전류를 외부에서 흐르게 하면 부식을 억제할 수가 있다. 이것을 실용화한 것이 외부전원방식에 따른 전기화학적 방식

법 혹은 단순히 전기방식법이라 부르는 것이다. 이 방법은 근래 상선용의 대형순환펌프에 실시되어서 상당한 성과를 올렸으나 일반적으로는 설계 및 기술상 개개의 펌프에 대해서 각각 별개의 계산을 하지 않으면 안된다.

또 부식현상 그 자체의 표시법도 단순하지 않으므로 현재는 아직 실시된 것이 비교적 적다.

음극방식법의 장단 비교

| 방식방법 | 유전양극방식 | 외부전원방식 |
|----------|------------|--------------------|
| 전원의 필요여부 | 불 요(전자구성) | 필 요(서압) |
| 유효 전압 | 0.2-0.78V | 60V 이하 인의 |
| 유지 전력 비 | 불 요 | 필 요 |
| 도복장 열화우려 | Mg 이외는 없다. | 있는 경우에 자동제어가 요구된다. |
| 타시설로의 간섭 | 없 다 | 우려된다. |
| 보수 관 리 비 | 작 다(서의 0) | 크 다. |
| 경 제 성 | 작은 대상에 유리 | 큰 대상에 유리 |



<그림 3> 유전양극방식