3. Micro Capillary Tube 방법에 의한 페라이트계 스테인레스강 틈부식 기구의 전기화학적 평가

기관공학과 나 은 영
지도교수 이 명 훈

최근 산업의 발달과 함께 오스테나이트계 스테인리스강에 비해 가격이 저렴한 페라이트 스테인리스강의 수요가 증대함에 있어 STS 430 페라이트 스테인리스강의 활용도가 널리 확대되고 있으나, 틈부식 발생원인을 명확이 해석하는데는 많은 연구에도 불구하고 부족한 실정이다.

일반적으로 틈부식(Crevice corrosion)은 일반산업용 장비나 구조물에서 많이 발생하는 국부부식(Localization corrosion)의 일종으로서 발생초기에는 아주 국부적으로 발생하므로 육안으로 관찰하기 어려우며, 여러 가지 요소들이 복합적으로 관여하므로 예방하거나 방지하기 어렵고, 진행 속도도 매우 크다. 이와 같이 발생하는 틈부식은 전혀 예기하지 못한 상태에서 일어나며, 그 발생부분도 아주 국부적이므로 예측하지 못한 사고와 연결되어 인명, 경제적 손실을 초래하는 등 위험한 부식 유형중의 하나로 분류된다. 또한 국부부식은 부식 발생 시간, 장소 및 생성된 부식의 전파 속도와 방향이 불규칙적이라는 특징을 가진다. 이러한 불규칙성 때문에 국부부식 현상을 연구하기가 매우 어려울 뿐만 아니라 많은 연구 노력에도 불구하고, 그 원인을 완전히 이해하지 못하고 있는 실정이다. 또한 국부부식을 예방하거나 감소시키는데 있어서도 그 실험적 측정 및 해석상의 곤란함으로 인해 통일된 규격이나 해석은 이루어지지 않고 있다. 이에 따라 국부부식의 원인 규명 및 해석을 하기 위하여 통계적 또는 수학적 접근 방법의 모델들이 제시되고 있으나 미흡한 실정이다. 더구나, 틈부식 시험은 시험방법에 따라 항시 재현성이 문제가 되고 있어서 틈부식 진행기구를 해명하는데 상당한 어려움을 갖고 있는 것이 현실이다. 즉, 현재까지 틈부식 진행기구에 대한 일반적인 연구 이론은 여러 가지 보고되고 있다. 반면, 스테인레스강에 있어서는 그 이론을 명확한 실험으로 입증하는 것이 용이하지 않은 것이 사실이다. 특히, 현재까지 틈용액의 화학적 변화에 의한 틈부식 진행 기구에서는 전위 강하(IR Drop)와 연계된 틈내의 전위강하 현상을 실험적으로 증명해 보인 연구가 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는, 페라이트계 스테인레스강 중 최근 그 응용이 확대되고 있는 STS 430 스테인레스강을 연구 대상 재료로 하였다. 또한 시험방법의 재현성에 문제가 되고 있는 틈부식 시험을 실시하였다.

이때 틈부식 시험은 STS 430 스테인레스강 시험편에 인위적으로 틈을 형성시키고, 부식환경적 주요 인자인 용액의 종류, 온도변화, 틈의 크기를 변화시켜 새로운 전기화학적인 수법을 이용하여 실험을 행하였다. 즉, 분극측정에 의해 틈부식 발생 개시시간 및 전류밀도의 변

화값을 측정하고, 틈내부에 Micro capillary tube(MCT)을 삽입하는 새로운 방법을 통하여 틈내의 전위차를 계측하므로써 전위강하(IR Drop)와 연계된 틈부식의 발생기구를 전기화학적으로 규명함은 물론 전기화학적으로 평가방법을 제시하고자 하였다.

부식용액은 1N H_2SO_4 용액에 0.01N, 0.05N, 0.1N 및 0.5N으로 NaCl 농도를 변화시키고, 용액 온도는 20℃, 30℃ 및 50℃로 변경하였다. 또한 틈의 크기 가로 3mm, 깊이 16mm는 일정히 하고, 세로를 0.1mm, 0.2mm 및 0.5mm로 변화시키면서 틈내 전위강하 측정에 따른 틈부식과정을 연구 및 고찰하였다. 연구 결과, 임계 틈부식 발생 NaCl 농도와 임계 틈크기 조건을 규명하였으며 틈부식이 발생하는 임계 전위차를 찾아낼 수 있었다.

본 연구에서는 금속의 틈부식이 발생할 때 전류 및 전위와의 상관관계를 새로운 Micro capillary tube 방식에 의해 전기화학적으로 해석하므로써 향후 그 응용을 위한 설계지침을 제공함은 물론, 그 응용범위가 확대 될 것으로 기대된다.

본 연구를 통해 얻어진 중요한 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 용액의 온도는 20℃로 일정히 유지하고, 1N H_2SO_4용액에 NaCl의 농도를 0.01N, 0.05N, 0.1N 및 0.5N으로 변화시켜 동전위 분극시험을 행한 결과, 농도가 증가할수록 부동태 전류밀도는 증가하였고 공식전위는 낮아졌다.

2. 1N H_2SO_4 용액에 NaCl 용액 농도를 0.01N, 0.05N, 0.1N 및 0.5N으로 증가시키면서 틈내 부동태 구간의 전위 -200mV/SCE를 인가하여 정전위 분극 시험을 하였다. 틈부식 발생시간과 전류밀도 값을 계측한 결과에 의하면 농도가 0.01N인 경우는 시험기간 내에 틈부식이 발생하지 않았다. 반면, 용액농도가 0.05N, 0.1N 및 0.5N으로 증가할수록 틈부식 발생시간은 단축되었고, 전류밀도 값은 증가하는 경향을 보였다. 즉, 농도가 증가할수록 틈부식이 급격히 증가함을 확인 할 수 있었다.

3. 1N H_2SO_4+0.1N NaCl 용액에서 온도를 변화시켜 틈내 부동태 구간의 전위 -200mV/SCE를 인가하여 정전위 분극시험을 하였다. 그 결과에 의하면, 온도가 상승할수록 부동태 피막이 쉽게 파괴되어, 틈부식 발생시간은 짧아졌다. 또한 이때 발생한 전류밀도 값은 증가하였다.

4. 1N H_2SO_4+0.1N NaCl 용액에서 틈의 크기를 가로 3mm, 깊이 16mm로 일정히 유지하고, 세로의 크기를 0.1mm, 0.2mm 및 0.5mm로 변화시켜 틈내 부동태 구간의 전위 -200mV/SCE를 인가하여 정전위 분극시험을 하였다. 이 결과에 의하면, 틈이 좁을수록 틈부식이 발생하는 시간이 단축되었고, 전류밀도 값은 증가하였다. 반면, 틈의 크기 0.5mm인 경우는 시험시간 내에 틈부식이 발생하지 않았다. 따라서 틈부식이 발생하는 임계 틈크기 값은 0.2~0.5mm사이임을 알 수 있었다.

5. 틈부식 발생 후 시험편의 표면깊이에 따른 전위 측정결과 표면으로부터 틈깊이 1~9mm까

dCollection

지는 전위강하가 일어났고, 틈의 깊이 9~13mm지점에서는 일정한 전위값을 유지하였다. 이러한 틈 입구에서의 전위강하에 의해 시험편 표면이 활성상태가 되어 틈 입구에서 부식이 증가되는 것을 확인하였다. 그리고 시험편 표면의 틈부식 깊이를 측면에서 측정한 결과, 분극곡선의 활성영역과 거의 유사한 형태인 것을 알 수 있었는데, 이것은 틈내 전위강하에 의해 분극곡선의 활성영역으로 이동해 가는 것으로 볼 수 있었다.

6. 시험편 표면에 부동태 구간인 -200mV/SCE 전위를 인가하여도 일정시간 후 틈내에서 부동태 피막이 파괴되었다. 이러한 틈부식 발생에 대하여 틈외부로부터 틈깊이에 따른 전위변화를 측정한 결과, 임계전위차 20mV이상이 되면 틈내부는 활성태 구간에 놓이게 되어 전류밀도가 증가하면서 부식이 급격히 증가하였다. 따라서 틈내에서 발생하는 틈부식 발생기구는 이러한 전위의 이동에 따른 「전위강하 (IR Drop)」에 기인한 것으로 판단된다.

7. 정전위 분극시험결과 틈내에서의 시간별, 전류밀도 변화시점과 틈내깊이 위치별 전위차 변화시점이 일치하였다. 이러한 상관관계는 틈부식 발생기구를 규명하는데 유효한 자료로 사료된다. 그리고 스테인레스강과 같은 부동태 특성이 큰 계에서는 틈부식 생성에 대한 틈용액의 화학적 변화에 의한 임계 틈용액의 도달과 틈내 전위강하에 의한 임계 전위값의 도달 기구와의 상호 연관에 따라 설명되어야 할 것으로 판단된다.

8. 앞으로의 연구 방향은 틈내에 공식이나 균열 등의 결함 존재와 같이 더욱 복잡한 상황에 대하여 틈용액의 화학적 거동과 틈부식 발생에 미치는 영향을 해석하는 것이라고 사료된다. 또한, 더욱 복잡한 조성의 합금과 환경 및 용액 변화에 따라서 틈부식 발생시의 전위강하 기구와 틈용액의 화학적 변화기구의 상호 연관성에 대하여 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

4. 유도전동기의 하이브리드 센서리스 속도제어에 관한 연구

기관시스템공학과 오 세 진
지도교수 김 성 환

전동기제어 시스템은 가정용 전기제품에서부터 산업분야의 공장자동화에 이르기까지 여러 분야에서 사용된다. 특히 유도전동기는 직류전동기에 비해 값이 저렴하고 간단하면서도 견고

dCollection