

SUS 316 강 용접부의 부식 및 SCC특성 평가

Evaluation of Corrosion and SCC characteristics of the Weldment for SUS 316 Steel

나의균*, 고승기*, 김영진**, 김훈***

* 군산대학교 기계공학부

** 군산대학교 대학원

*** 여수대학교 기계 및 자동차공학부

1. 서론

스테인리스 강은 내식성과 내열성이 우수하기 때문에 여러 가혹한 환경에서 많이 이용되고 있다. 그러나 500℃~800℃에서 사용될 경우 소위 예민화(sensitization) 현상이 발생하여 크롬탄화물이 형성되고, 그 결과 부식에 보다 민감하게 된다.¹⁾ 특히 용접을 실시할 경우 용접부는 용접과정에서 높은 온도에 노출되기 때문에 용접열영향부는 부식에 보다 민감하게 된다. 사용환경이 부식과 같이 가혹한 환경에서 용접부의 설계자료나 사용중 안전성 확보를 하기 위해서는 부식환경에서 용접부에 대한 부식특성과 관련된 자료의 확보가 절실히 필요한 실정이다.

본 연구에서는 SUS-316스테인리스강의 모재, 용접재, 열처리재, 용접부 열처리재를 대상으로 양극분극법을 이용하여²⁾ 각 시험편 표면에 부동태 피막 형성시켜 부식특성을 평가하고, 분극법에 의해 예민화의 정도를 평가할 수 있는지의 여부를 정하고자 한다. 이어 인공해수 중에서 동일재료를 대상으로 부식환경 하에서 파괴거동을 파악하여 부식특성실험에서 얻어진 자료들과 상호 어떠한 상관관계를 이루고 있는지를 규명하고자 한다.

2. 실험 절차

2-1. 재료 및 용접, 열처리

본 연구에 사용된 재료는 부식환경에서 많이 사용되고 있는 SUS-316강이다. 용접은 환봉을 맞대어 놓은 상태에서 TIG용접을 실시하였으며, 표 2에 용접조건을 나타내었다. 맞대기 용접된 환봉에서 저 변형률 시험용 시험편의 채취는 용접열영향부가 시험편의 정 중앙에 위치하도록 하였으며, 부식특성을 평가하는 부위는 용접열영향부를 대상으로 하였다.

열처리 시험편을 얻기 위해 모재와 SUS-316 용접판을 대상으로 같은 조건 하에서 열처리를 실시하였다. 열처리 조건은 고온에서 예민화 현상이 가장 심하게 나타나는 것으로 알려진 730℃에서 4시간동안 열처리 한 후 노에서 서서히 냉각시켰다.¹⁾

2-2. 부식특성 실험

시험편의 전기 화학적 실험의, 전해액으로는 0.5H₂SO₄+0.005KSCN인 황산 수용액을 사용하였으며, 양극분극법을 택하였다. 양극분극실험은 작용전극(working electrode)은 시험편이 되고, 대극(counter electrode)은 탄소봉으로 하였고, 기준전극(reference electrode)은 감홍전극(SCE: saturated calomel electrode)로 하였다. 정해진 전해액에서 시험편과 기준전극 사이에 Potentiostat에 의해 일정 전압치를 변화시키면서 가해주고 이때 시험편과 대극 사이에 흐르는 전류를 측정하여 가해진 전압과 전류를 동시에 실시간으로 자료를 받았다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 Potentio-dynamic 분극곡선

Fig. 1는 황산 수용액에서 각 시편에 대한 부동태 피막 실험을 Potentio-dynamic 분극곡선을 이용하여 결과를 나타낸 것이다. 양극분극곡선상의 부동태 영역을 택하여 각 시편의 부식 특성을 고려하고자 하며, 이를 위해 0.5V에 해당하는 전류치를 비교하여 보기로 한다. 열처리 용접재, 열처리 모재, 용접재, 모재의 순으로 전류치가 각각 $685\mu A$, $567\mu A$, $247\mu A$, $167\mu A$ 로 낮아지고 있다. 이와 같이 부동태 영역에서 전류가 적게 흐른다고 하는 것은 그만큼 부동태 피막이 보다 안정적으로 형성되어 그만큼 부식속도가 감소함을 의미하는 것이다.

Fig. 2는 부식특성 실험 후 광학 현미경으로 용접재와 열처리 용접재의 시편편의 표면을 관찰한 사진이다.

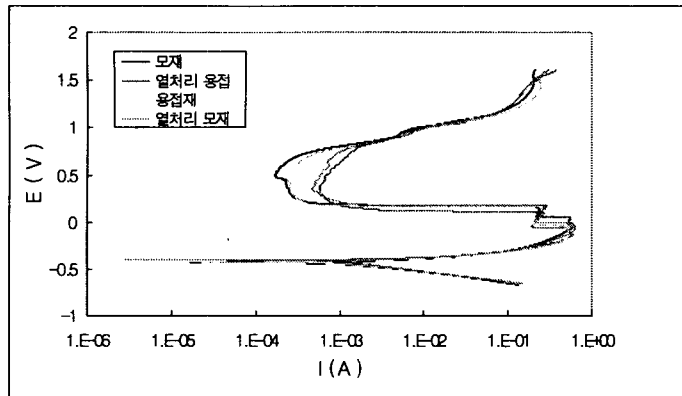
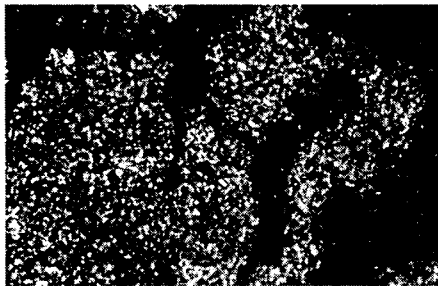
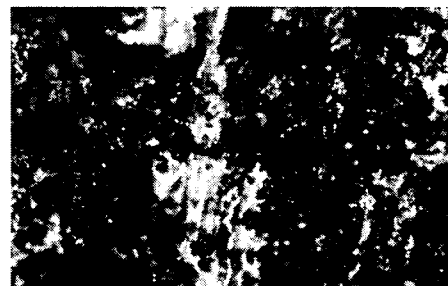


Fig. 2 Relationship between current and potential in potentio-dynamic test



(a) weldment



(b) heat treated specimen

Fig. 2 Photos of surface for the weldment and heat treated specimen after test

용접재의 경우에는 부동태 피막이 안정적으로 형성되어 있지만 열처리재는 부분적으로(흰색부분)부동태 피막이 깨져 있음을 볼 수 있고, 그 결과 내식성이 떨어진 것으로 풀이된다.

Fig. 3은 이들 시편편의 응력부식거동을 알아보기 위해 저 변형을 실험을 실시한 결과를 보인 것이다.

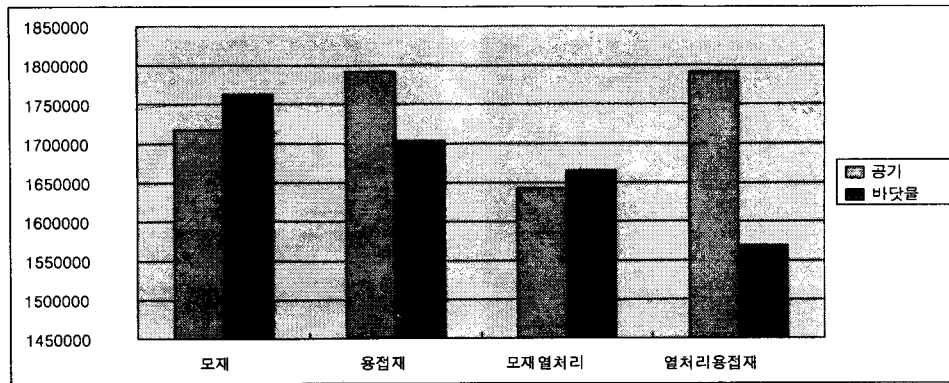


Fig. 3 Time to failure of the specimens in synthetic seawater, including the data in air

그림에서 용접재와 열처리 용접재의 파단수명은 공기 중에 비해 인공해수에서 짧아졌으며, 그 정도는 후 열처리가 더 심했다. 이와 같은 결과를 통해 알 수 있는 것은 인공해수에서 스테인리스강의 용접재의 경우 부식환경에 민감하다는 것이고, 또 하나는 후 열처리재가 용접재에 비해 부식 민감도가 높다는 점이다. 후 열처리재가 용접재에 비해 민감도가 보다 높은 것은 앞선 실험에서도 살펴보았듯이 열처리로 인해 내식성이 떨어지기 때문에 나타나는 현상으로 보인다.

4. 결 론

본 연구에서는 SUS-316 스테인리스 용접재를 대상으로 양극분극시험을 실시하여 부식 특성을 평가하여 열처리에 따른 예민화를 고찰하였다. 전기화학적 방법에 의해 스테인리스강 용접재의 예민화를 평가할 수 있음을 확인하였고, 열처리 용접재 모재의 경우 비 열처리재에 비해 예민화가 심하게 나타났다. 용접재와 열처리 용접재의 파단수명은 공기 중에 비해 인공해수에서 짧아졌으며, 그 정도는 후 열처리가 더 심했다

참고문헌

1. A. P. Majidi and M. A. Streicher, Nondestructive Electrochemical Tests for Detecting Sensitization in AISI 304 and 304L Stainless Steels, Electrochemical Techniques for Corrosion Engineering, 1986, p. 217
2. ASTM G5-72, Standard Recommended Practice for Standard Reference Method for Making Potentio-static and Potentio-dynamic Anodic Polarization Measurements, 1984