[연구 7]

25 Cr 이상 스테인리스강의 부식 및 시그마(σ) 상 형성속도에 미치는 텅스텐의 영향.

Effects of W on the Corrosion and Kinetics of Sigma (σ) Phase Formation of 25 Cr Duplex Stainless Steels

김준식*, 권혁상 (한국과학기술원)

1. 서론

대략 50%의 페라이트와 50% 오스테나이트 상으로 구성된 이상 스테인리스강은 강도가 높고 국부부식 및 응력 부식 저항성이 뛰어나, 에너지 및 환경 설비 구조용 재료로 이상적이다. 특히, 최근에 개발될 초 내식성 고강도 이상 스테인리스강은 기존의 300 계열의 오스테나이트 스테인리스강에 비해 2-3 배 가량 높은 강도를 가지며, 염화물 분위기에서 매우 우수한 국부 부식 및 응력부식 저항성을 나타낸다.

상용화된 이상 스테인리스강은 대체적으로 22-25% Cr, 5-7% Ni, 3-4% Mo 그리고 0.15-0.35% N를 함유한다. 이들 첨가 원소 중, 특히 Mo는 염화물 분위기에서 국부 부식 및 응력 부식 저항성을 높이는데 매우 효과적인 것으로 알려져 있으며, 따라서 최근에 개발되는 이상 스테인리스강에 있어 Mo의 함량은 점점 증가하는 추세에 있다. 그러나, 이와 동시에 Mo는 600 - 900 ℃에서 시그마 혹은 카이 상과 같은 유해한 이차상의 형성을 촉진시켜, 합금을 퇴화를 유발한다. 그런데, 시그마상이 합금내에 소량만 석출되어도 이상 스테인리스강의 기계적 성질이 심각하게 저하된다. 또한, 시그마의 형성으로 인한 Cr이나 Mo의 고갈은 내식성에도 악영향을 미치게 된다. 그러므로, 시그마상의 형성 속도를 제어하는 것이 매우 중요하게 된다. 최근, 22 Cr 및 25 Cr 이상 스테인리스 강에서 Mo를 W으로 일부 대체하여 내식성을 향상시키며, 동시에 시그마상 형성 속도를 감소시켰다는 연구결과들이 발표되었다. 그러나, 이와 같은 W 첨가의 장점에도 불구하고 아직 W 첨가가 이상 스테인리스강의 여러 가지 특성에 미치는 영향에 대해서는 연구가 미흡한 것으로 사료된다.

본 연구에서는 W의 첨가가 25 Cr 이상 스테인리스강의 내식성 및 시그마 상 형성 속도에 미치는 영향에 관해 연구하였다.

2. 실험방법

시험 합금은 동일한 PRE(pitting resistance equivalent)값을 갖도록 Mo와 W의 함량을 조절하였는데, 25Cr-7Ni-xMo-yW-0.25N (x+1/2y = 3)을 목표조성을 갖도록 하였다. 제조된 각 합금을 1050 ℃에서 용체화 처리 후, 탈기된 80 ℃, 4M NaCl 용액에서 양극 분극 시험과 임계 핏팅 온도 (critical pitting temperature, CPT) 측정시험을 통해

한국부식학회접수

국부 부식 저항성을 평가하였으며, 탈기된 비등 42% MgCl2 용액에서 저속 변형 시험(SSRT)를 통해 응력부식 저항성을 평가하였다. 용체화 처리 및 850 ℃에서 30분, 1시간, 10시한 시효처리한 시편에 대해, Charpy V-notch 충격 시험과 인장시험을 수행하였고, 시효처리가 따른 국부부식 저항성에 미치는 영향을 CPT 측정을 통해 평가하였다. 또한, 시효처리에 따른 미세구조의 변화를 back scattered SEM을 통해 관찰하고, SEM 및 TEM의 EDX를 통해 각 상들의 조성을 측정하였다.

3. 결과요약

앞에서 제조한 합금에 있어서, W의 함량이 증가함에 따라 국부 부식 및 응력 부식 저항성이 증가하였다. 시효 시에 시그마 상의 형성으로 인해 각 합금이 급격히 취화되었으나, W의 첨가함에 따라 취화 속도가 상당히 감소되었다. 제조된 합금들 중에서, 3W-1.5Mo가 가장 우수한 국부 부식 및 응력 부식 저항성을 나타내었으며, 시효에 따른 취화에 대한 저항성도 가장 우수하였다. 시효에 따른 내식성 및 기계적 성질의 저하는 시그마 상의 석출량과 밀접한 관계가 있다. 25 Cr 이상 스테인리스강에 대해, W의 첨가로 인해 시그마 상의 형성 속도가 둔화되었으며, 따라서, 내식성 및 기계적 성질의 퇴화도 지연되었다. W의 첨가에 따른 시그마 형성속도 감소는 첫째, W의 확산속도가 Mo의 확산속도보다 느리다는 사실에 있는 것으로 사료된다. 또한, W의 첨가는 카이 상의 형성을 촉진시키는데, 이 카이 상이 입계 등에 우선적으로 석출하여 주위에 W이나 Mo를 고갈시킴으로써 시그마 상의 핵 생성과 성장을 방해하는 것으로 사료된다. 이와 같은 W의 첨가에 따른 시그마 상 형성지연 효과도 3W-1.5Mo 합금에서 가장 두드러지게 나타났다.

참고문헌

1. B. W. Oh, J. I. Kim, S. W. Jeong, H. S. Kwon, S. H. Hong and Y. G. Kim, The Influence of W on Corrosion Resistance and Sigma Phase Formation in Duplex Stainless Steels, Proceedings of 1st European Stainless Steel Conference, held October 11-14, 1993 (Milano, Italy: Associazione Italliana Di Metallurgia, 1993), vol. 3, p. 59.
2. J. O. Nilsson, Material Science and Technology 8 (1992): p.685.
3. J. O. Nilsson and A. Wilson, Material Science and Technology 9 (1993): p. 545.
4. J. Charles, Structure and Mechanical Properties of Duplex Stainless Steels, 4th International Conferences on Duplex Stainless Steels, paper KI (Glasgow, Scotland: TWI, 1994).

한국부식학회접수