

IN738과 IN738LC의 고온산화 및 황화 거동
Oxidation and Sulfidation Behavior of IN738 and IN738LC
at High Temperature

*김동식 양기모 김길무 (충남대학교 재료공학과)

1. 서론

니켈을 기지로 하는 초합금은 가스터빈재료처럼 고온에서 사용될 목적으로 주로 개발되어 왔다. 특히 산업과 과학이 발달할수록 이러한 재료들이 사용되는 환경은 더욱 열악해지고 있으며 열효율을 높이기 위해 더욱 높은 온도를 요구하고 있다.¹⁾

이 실험에서 사용되는 IN738과 IN738LC는 현재 우리나라에서 사용되고 있는 가스터빈에 많이 사용되고 있는 재료이다. 가스터빈 날개는 정지된 부분과 회전하는 부분이 있으며 회전날개는 높은 온도 뿐 아니라 3600RPM의 고속회전으로 말미암아 원심력에 의한 인장응력까지 받게 되는 부분이다. 이 부분에 사용되는 IN738 및 IN738LC는 높은 온도를 견디기 위해 표면에 코팅을 하여 표면 온도를 낮추고, 중공(中空)을 통해 고압의 증기나 공기를 통과시켜서 냉각을 시키고 있다. 하지만 이러한 코팅이나 중공때문에 내부구조가 복잡해지고 금속의 두께도 얇아져서 어떤 경우에는 0.5mm정도까지 얇아진 곳도 있다. 따라서 재료자체의 고온부식저항을 향상시키지 않으면 고온에서의 합금사용이 매우 어려워질 것이다.

이 실험에서는 IN738과 IN738LC를 850~1050℃에서 등온산화실험하였고, 900~1100℃에서 주기산화실험을 함으로써 산화기구와 IN738과 IN738LC사이의 산화거동차이를 일으키는 원인을 밝히고자 했다. 또한 900~1100℃에서 주기황화실험을 함으로써 황화기구에 접근하고 연소가스 내에서 합금과 금속의 부식거동에 대해서도 연구하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 IN738과 IN738LC는 Ni, Co, Cr을 주로 포함하는 합금으로 탄소량이 약간 차이를 보일 뿐 나머지 조성은 동일한 재료이다. 주문 제작한 IN738과 IN738LC 원형 봉을 10×10×1mm의 coupon으로 만들어서 시편 표면상태에 따른 산화 및 황화거동을 알아보기 위해 SiC sand paper에서 600grit까지 연마한 시편과 0.05 μ m alumina powder까지 연마한 시편을 만들었다. 이렇게 만들어진 시편들로 TGA에서 등온산화실험을 행하였고, automatic test rig가 1시간을 주기로 고온부와 저온부를 오가는 장치를 통해 주기산화실험을 행하였다. 그리고 수평로로 가열되는 quartz tube에 MFC에 의해 조절된 Ar+SO₂ gas가 계속 흐르도록 만든 분위기에서 주기황화실험을 행하였다. 실험이 끝난 시편에 대해서는 SEM, XRD, EPMA 등의 장비를 통해 표면과 단면의 구조를 분석하였다.

3. 결과 요약

850℃~1050℃ 온도영역에서 행해진 등온산화실험에서는 IN738LC가 IN738보다 고온산화

저항성이 좋은 것으로 나타났다. 두 가지 합금 모두 표면에는 불연속적으로 TiO_2 가 포함된 연속적인 Cr_2O_3 scale이 형성되었으며, scale/metal 계면에 비교적 얇은 연속적인 TiO_2 가 형성되었다. 그 아래로 scale/metal 계면에 수직한 Al_2O_3 산화물이 불연속적으로 성장하였다. 고온에서 시간이 지날수록 IN738LC보다 IN738의 Cr_2O_3 층의 박리가 심해지는 경향이 발견되었다. 1000시간 동안 행해진 주기산화실험에서도 1100°C에서는 두 가지 재료 모두 심하게 부식되어 그 차이를 구별하기 힘들었지만 900°C와 1000°C에서는 IN738LC가 IN738보다 우수한 산화거동을 보였다. Scale아래쪽에 Carbide depleted zone이 존재했으며 같은 위치에서 Cr, Ti가 다른 곳보다 적은 양으로 존재하였다. IN738에서 박리가 일어난 Cr_2O_3 scale과 alloy 계면에 탄소가 다른 곳보다 많은 양 존재함을 확인할 수 있었다²⁾. 100시간 동안 행해진 주기산화실험에서는 900°C에서는 100시간 동안 서로 무게변화차이를 보이지 않았으나 1000°C와 1100°C에서는 60시간까지 IN738LC가 더 좋은 성질을 보였으나 그 이후에는 산화피막의 박리와 재성장을 거듭하면서 서로 우열을 가리기 어려울 정도로 파괴되었다. 실험 후 시편표면에서는 황이 검출되지 않았지만 박리가 일어난 scale과 alloy계면에서 황이 검출되었다.³⁾

4. 참고문헌

- 1)M. Gobel, A. Rahmel, and M. Schutze The isothermal-oxidation behavior of several Nickel-base single-crystal superalloys with and without coatings. Oxid. Met. 1993 p231
- 2)J. H. Chen, P. M. Rogers, and J. A. Little Oxidation behavior severa chromia-forming commercial Nickel-base superalloys Oxid. Met. 1997 p400
- 3)Arnfinn G. Andersen and Per Kofstad Reaction of chromium in SO_2 -containing atmospheres Oxid. Met. 1995 p310