

고온 용융염 전해환원장치용 Ni기 초내열합금의 구조 및 미세조직 분석

전완기, 조춘호, 조수행, 이한수

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

iun@kaeri.re.kr

1. 서론

산화물 사용후 핵연료를 대상으로 하는 파이로 공정은 고온 용융염 매질에서 산화물을 금속으로 전환시키는 전해환원 공정으로부터 시작된다. 전해환원 공정에서 산화물이 금속으로 환원되는 동안 음극에서 우라늄메탈로 환원되며, 양극에서 산소가 발생된다. 이러한 전해환원공정은 650°C 이상의 고온에서 부식성이 강한 용융염상에서 이루어지고, 산소가 발생하는 산화분위기이기 때문에 이에 적합한 용융염 취급 장치 재료개발이 매우 중요하다. 따라서 본 연구에서는 고온 LiCl-Li₂O 용융염계 산화성 분위기에서 고온용 재료로서 우수한 기계적 성질 및 내부식성을 지닌 합금으로 알려진 IN713LC의 조성을 기반으로 하여 제조한 초내열합금의 부식거동을 고찰하였다.

2. 실험 및 결과

본 연구에 사용한 실험재료는 상용 합금 IN713LC를 기반으로하여 진공주조로 제조하였다. 진공 주조 시 주조 온도는 1655°C에서 실시하였고, 진공 조건은 10⁻²torr He 가스 분위기하에서 실시하여 주조 중 발생하는 산화 현상을 차단하려고 하였다. 시편의 조성은 편석을 최소화하기 위해 부식 특성을 향상시켜주는 합금 원소들로만 설계를 하였다. 또한 탄화물의 생성을 막기 위해 입계강화원소인 탄소의 첨가도 배제하였다. 이들의 화학조성은 표 1에 나타내었다. 주조 된 101, 102 두 종류의 시편을 1100°C에서 3시간 유지한 후 공랭시켜 열처리 시편으로 제작하여 열처리에 따른 미세조직을 비교 분석하고자 하였다.

Table 1. Chemical compositions of tested alloys(wt%)

Alloy	Ni	Cr	Si	Al	Ti	Nb
101	Bal	12	2	6	0.5	2
102	Bal	12	5	6	0.5	2

본 실험을 위해 주조된 시편은 전형적인 니켈기 합금의 미세조직을 보여주고 있다. 미세 조직상에서 gamma (γ) 상인 수지상이 나타나 있고, 수지상간 지역에는 gamma prime (γ') 상과 편석들이 존재하고 있다. 이 수지상들은 용고 과정 초기에 생성되는 조직이고, gamma prime (γ') 상과 편석들은 수지상의 용고가 완료된 다음 수지상간 지역에서 생성되는 조직이다. 본 gamma prime (γ') 상은 이상항복강도현상을 일으키는 석출상으로써 초내열 합금에서 중요하게 여겨지는 조직이지만, 본 연구에서는 부식 현상에 중점을 두고 있기 때문에 gamma prime (γ') 상에 대한 더 깊은 조사는 필요하지 않을 것이라 여겨지며, 부식현상에 큰 영향을 끼치지 않을 것이라 사료된다.

101번의 시편의 경우 수지상간 지역에 많은 편석들이 존재하였지만, 그 편석양이 크지 않기 때문에 본 합금에 문제를 발생시키지 않을 것이라 사료된다. 열처리 시편 101H, 102H의 경우 주조 시편에 관찰되었던 편석들은 관찰되지 않는 점을 보아 기지에 완전히 고용된 것으로 사료된다. 102번 시편에서 관찰되었던 산화물은 열처리 과정 중 일부는 분해되거나 탄화물로 변태되었으나 남아있는 산화물은 조대화되어있는 것을 관찰할 수 있었다.

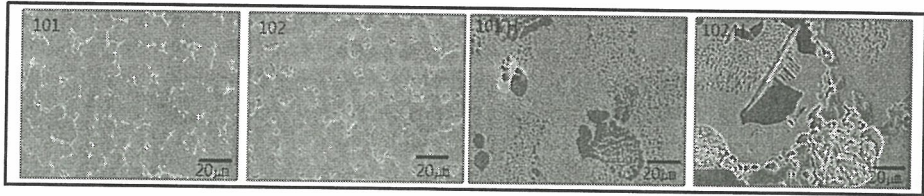


Fig. 1. Microstructure of casting alloys(101, 102) and heat treatment alloys(101H, 102H).

그림 2에서 보는 바와 같이 미세 조직 분석 결과 101 번의 시편의 경우 수지상간 지역에 다수의 편석들이 관찰되었으나, 편석들의 조성차가 기지상과 크게 차이를 보이지 않는바 편석으로 인한 문제가 발생하지 않을 것이라 사료된다.

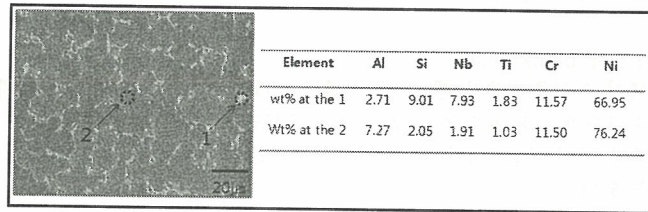


Fig. 2. Microstructure composition of casting alloy 101.

102번 시편의 경우 다량의 산화물을 포함하고 있어, 부식 실험 시 산화물에 의해 더 높은 부식 속도를 초래할 것이라 예상되어진다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 더 높은 온도에서의 열처리나 본 연구에서 실시했던 열처리 온도에서 장시간의 열처리가 요구될 것이라 사료된다.

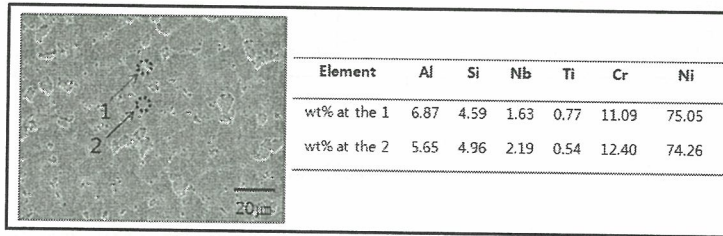


Fig. 3. Microstructure composition of casting alloy 102.

3. 결론

Si 첨가에 따른 수지상의 미세화가 관찰되었고, 그에 따른 부식 저항성 향상에 영향을 줄 것이라 사료된다. 그 연유는 미세 조직의 미세화에 따른 치밀한 피막의 형성으로 인해 부식 저항성의 향상을 가져다 줄 것이라 예상되기 때문이다.