

전해환원공정에서 초합금의 전기화학적 부식거동

이상훈, 조수행, 정상문, 박병홍, 허진목, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
goodman6666@naver.com

1. 서론

사용 후 핵연료의 금속 전환공정은 고온 용융염 LiCl-Li₂O계에서 우라늄 산화물을 전해 환원하는 공정으로서 음극에서 우라늄 메탈로 환원되며, 양극에서 산소가 발생된다. 이러한 전해 환원공정은 650°C 이상의 고온에서 부식성이 강한 용융염상에서 이루어지고, 산소가 발생되어 용융염 취급 장치는 가혹한 부식 환경에 노출됨으로 이에 적합한 용융염 취급 장치 재료개발이 요구 된다. 본 연구에서는 산소가 발생하는 고온 LiCl-Li₂O 용융염계 분위기에 고온용 재료로서 우수한 기계적 성질 및 내 부식성을 지닌 합금으로 알려진 Inconel 713LC 합금 조성을 기반으로 제조한 초합금 N101, 초합금 N102를 사용하였으며, 이들 합금의 전기화학적 부식거동을 관찰하기 위해 Potentiodynamic polarization test로부터 부동태 거동 및 부식전류 밀도, 부식전위를 분석하여 용융염 부식억제형재료개발에 필요한 정량적인 자료를 도출 하고자 한다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용한 실험재료는 상용합금 Inconel 713LC 합금의 조성을 기반으로 하여 진공주조로 제조한 시편이며, 이들의 화학 조성은 Table 1.과 같다. 시편의 크기는 70mm(L)× 15mm(W)× 3mm(T)이며, SiC paper(#600~#2000)로 일방향연마하고 증류수로 세척 후 건조하여 사용하였다. 전기화학적 부식실험은 부식 환경온도 650°C에 혼합용융염 LiCl-Li₂O(3wt%)를 MgO도가니에 넣고 아르곤 분위기에서 실험을 실행하였다. 시편은 Working electrode, Reference electrode는 Ni/NiO, 그리고 Counter electrode는 백금봉을 사용 하였다. 동전위 분극시험(Potentiodynamic polarization)은 주사속도를 0.333mV/sec로 하여 OCV를 기준으로 -250mV에서 1.5V까지의 범위를 스캔하였다. 초합금의 부동태 영역을 비교하기 위해 순수 Nickel wire(99.9%)를 사용하여 비교데이터로서 결과를 도출 하였다. 실험 종료 후 부식된 시편을 증류수에서 세척 하여 용융염을 제거하였으며, 부식생성물의 분석, 미세조직 관찰을 위해 XRD, SEM과 EDS를 사용하여 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

650°C에서 LiCl-Li₂O(3wt%)용융염 내 부식실험을 한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 초합금 N101이 초합금 N102에 비하여 낮은 범위에서 부동태 영역을 형성하고, 비활성영역이 상대적으로 오래 유지되고 있으므로 초합금 N101이 더 높은 부식 저항성 및 낮은 부식전류를 나타내었다(Table 2). 이는 부동태 구간이 존재하는 환경에서 산소의 발생에 의해 부동태 피막이 더욱 안정되어 양극의 가역전위의 증가에 기인하는 것으로 여겨진다. 또한 초합금 N102의 경우 계속되는 표면 산화에 의하여 부동태 형성이 높은 전압 영역대에서 나타나고 비활성영역의 존재가 관찰되지 않았는데 이는 합금의 조성에서 낮은 함량의 Ni와 높은 함량의 Si로 인한 조직의 비균질함에 의해 산화 피막박리현상에 의한 것으로 예측된다. 이 두 합금의 분극상태는 순수 Ni에 비하여 다소 낮은 활성 영역에서 산화, 환원이 일어나지만 초합금 N101 경우 빠른 부동태 영역과 넓은 구간에서의 비활성 영역을 형성함을 확인 할 수 있다. 이렇게 얻어진 분극곡선에서의 부동태 영역 형성 범위 및 동일영역에서의 부식전위, 부식전류 및 분극저항으로부터 초합금 N101의 내식성이 초합금 N102에 비해 우수함을 판별할 수 있었다.

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

	Ni	Cr	Si	Al	Ti	Nb
초합금 N101	77.2	12	2.04	5.8	1	1.96
초합금 N102	74.2	12.5	4.67	6.1	0.53	2
Ni wire	99.9	-	-	-	-	-

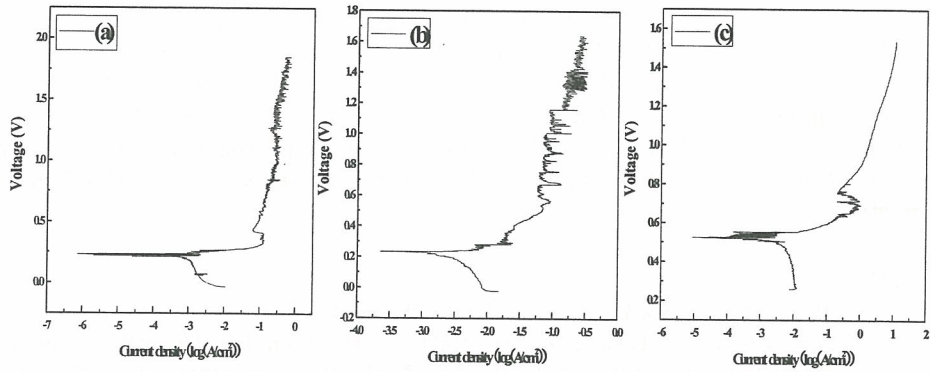


Fig. 1. Corrosion behaviour of Super Alloy N101(a), Super Alloy N102(b), Ni wire(c)

Table 2. Electrochemical data obtained from the potentiodynamic polarization tests

	부식전위(mV)	부식전류(mA)	분극저항(Ohm)	최소부동전위(V)
초합금 N101	217.924	1.035	12.908	0.327
초합금 N102	224.736	8.288	3.292	0.494
Ni wire	420.443	1.277	23.548	0.652