

니켈기 초합금의 주형재질에 따른 미세조직 특성

이종현, 조수행, 오정국, 조춘호, 박성빈, 김응호, 이한수
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 jonglee@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료의 전해환원공정은 Li_2O 를 포함한 고온의 LiCl -용융염 내에서 핵연료성분을 금속화시키는 공정으로서 고온의 산화성 분위기로 인하여 대부분의 구조용 재료가 장기 건전성을 확보하지 못하고 있는 실정이다. 저자 등에 의한 기존의 연구결과, 입수 가능한 상용재료의 경우 부식속도가 빨라 공업재료로서 요구되는 내식성을 만족하지 못하여 새로운 합금 조성을 갖는 구조재의 개발이 요구되게 되었다. 따라서 본 연구의 목적은 사용후 핵연료의 전해환원 분위기에서 우수한 내식성을 갖는 합금개발에 있으며, 합금제조시 주형의 재질에 따른 냉각 거동을 전산해석을 통해 분석하고, 이에 따른 미세조직의 변화를 관찰하는데 있다. 또한 as-cast 합금과 열처리에 따른 석출물들의 거동을 분석함으로써 특성 향상을 위한 열처리 조건을 수립하고자 하였다.

2. 실험 및 결과

Table 1. Material properties for the solidification analysis

	Heat capacity, J/kg $^{\circ}\text{C}$	Melting temperature, $^{\circ}\text{C}$	Latent heat, J/kg	Thermal conductivity , W/m $^{\circ}\text{C}$	Initial condition, $^{\circ}\text{C}$
Alloy(S)	400	1255	0	27.2	
Alloy(L)	900	-	297000	320	1500
Metal mould	434	-	-	60.5	100
Sand mould	960	-	-	1	100
Hot top	960	-	-	1	100

주조시 응고해석을 위하여 CFX를 이용 냉각속도를 계산하였으며, 계산에 이용된 물성을 표 1에 나타내었다. 계산결과 금형을 사용할 경우 그림 1 a)에 나타낸 바와 같이 응고 개시 후 16초까지 잉곳 중심부에 액상이 잔류하였으며, 사형구조의 경우 그림 1 b)와 같이 867초 이후까지 액상이 잔류하였다. 따라서 금형구조의 경우 빠른 냉각속도로 인하여 편석이 제거될 것으로 판단되나 응고수축에 의한 중심부 결함이 우려된다. 사형의 경우 느린 냉각속도로 인하여 용탕의 충전이 원활히 이루어져 중심부 결함은 제거될 것으로 보이나 편석의 발생이 일어날 것으로 판단된다. 한편 잉곳의 중심부와 주형측 부위에서의 냉각속도를 관찰한 결과 금형구조와 사형구조에서 큰 차이를 발견할 수 있는데, 이러한 냉각속도의 차이에 의하여 재료 내의 용질원소의 편석이 크게 좌우될 것으로 여겨진다. 실제 주조 후 잉곳의 단면을 관찰한 결과 금형구조의 경우 중심부 수축결함이 관찰되었으며, 사형구조에 의해 제조된 잉곳의 경우 내부 결함을 관찰할 수 없었다. 또한 조직분석 결과 금형구조의 경우는 합금원소의 고용도가 양호한 반면 사형구조의 경우 용질원소의 편석이 관찰되었다. 따라서 니켈합금의 주조시 내부 편석 제거를 위해서는 초기 주조시 냉각속도가 중요한 요소 중의 하나임을 알 수 있었다.

한편, 용질원소의 재분배를 위한 잉곳의 열처리 결과 1000 $^{\circ}\text{C}$ 이하에서는 열처리 효과거 거의 나타나지 않았으며, 열처리 온도 증가에 따라 용질의 재분배가 관찰되었고, 1170 $^{\circ}\text{C}$ 까지 온도를 증가시킨 경우, Si, Ce을 비롯한 용질원소가 균일하게 분포됨을 확인하였다.

3. 결론

니켈합금 주조공정을 위하여 금형과 사형을 사용한 경우의 비교 평가를 통하여 고용도 증가를 위해서는 금형구조가 유리함을 알 수 있었고, 사형구조의 경우 수축결함을 제거할 수 있었으나

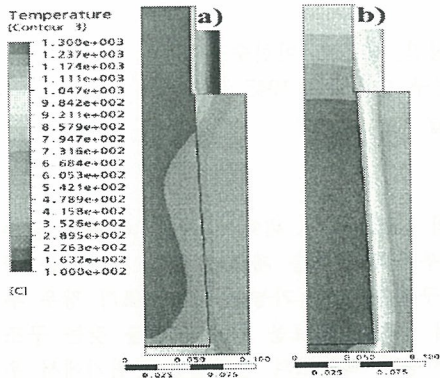


Fig. 1. Calculated temperature distribution of the ingot with mould materials at 16 sec (a) and 867 sec (b) at the onset of a cooling
a) Metal mould b) Sand mould

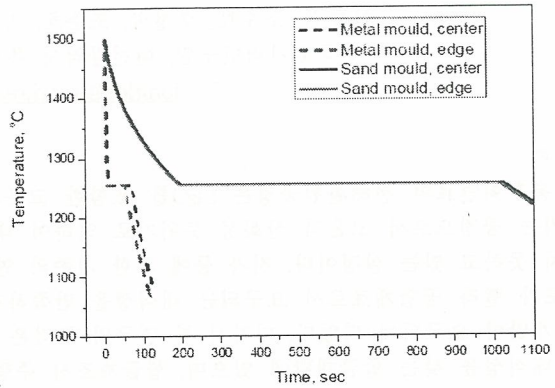


Fig. 2. Calculated temperature profile at the center of the ingot with mould materials

용질의 편석이 심하게 관찰되었다. 용질의 재분배를 위한 열처리결과 1170°C에서 열처리 효과를 관찰 할 수 있었으며 균일한 미세조직을 확보하기 위하여 주조시 냉각속도의 제어 뿐만 아니라 열처리 공정도 중요한 요소임을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업의 일환인 I-NERI과제(Project Number : 2006-003-K)를 통하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.