

SIMFUEL을 이용한 전해환원 시스템의 특성평가

정상문, 허진목, 박병홍, 홍순석, 강대승, 정명수, 서중석, 윤지섭
 한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지
 smjeong@kaeri.re.kr

한국원자력연구소에서는 PWR 산화물 사용후핵연료를 금속잉곳 형태로 제조함으로써 방사성폐기물의 부피, 방사성 및 발열량을 획기적으로 감소시킬 수 있는 사용후핵연료 차세대 관리공정 (ACP)을 개발하고 있다. 이 공정은 단순성, 경제성 및 환경친화성 등에 장점을 가지는 고온건식 공정 (pyroprocessing)에 기반을 둔 것으로 사용후핵연료의 부피감소에 큰 역할을 할 것으로 생각된다. ACP공정은 건식분말화, 전해환원, 폐용융염 처리 및 스멜팅과 같은 몇몇 단위장치로 이루어져 있으며 ACP의 핵심 공정으로써 전해환원 공정이 개발 중에 있다. ACP 공정 개념에서 사용후핵연료는 건식분말화 공정을 거쳐 U_3O_8 분말로 전환되며, U_3O_8 분말은 LiCl-Li₂O 용융염계에서 전기화학적 환원방식에 의해 금속형태로 전환된다. 또한 사용된 폐용융염은 이송되어 염잉곳 형태로 제조된다.

본 연구에서는 핵분열생성물의 대용물질 (Surrogates)로써 다양한 금속산화물이 포함된 U_3O_8 분말의 전해환원 반응특성에 대해 고찰하였다. 이 연구에서 다음과 같은 조건을 고려하여 ORIGEN 코드를 통해 사용후핵연료의 조성을 계산하였다.

- 1) Burn-up: 43,000 MWd/tU
- 2) Enrichment: 3.5 % of U-235
- 3) Cooling: 10 years

이 계산을 기초로 하여 핵분열생성물의 적절한 대용물질을 선정함으로써 다음과 같은 조성의 SIMFUEL의 전해환원 반응을 수행하였다.

Table 1. The composition of SIMFUEL

Element	Mole Fraction from SF	Scaled Mole Percent (%)	Oxide	Weight Percent (%)	Oxide M.P.(°C)
U(+Pu)	0.91	93.32	U_3O_8	95.00	2827
Ba	0.00	0.40	BaO	0.23	1973
Ce(+Np)	0.01	0.58	CeO_2	0.38	2400
La(+Am+Cm)	0.00	0.34	La_2O_3	0.42	2305
Mo	0.01	1.05	MoO_3	0.57	795
Sr	0.00	0.26	SrO	0.10	2530
Cs	0.01	0.53	Cs_2O	0.56	490
Y	0.00	0.15	Y_2O_3	0.13	2690
Zr	0.01	1.19	ZrO_2	0.55	2677
Ru(+Tc)	0.01	0.91	RuO_2	0.46	1200
Nd(+Pr+Pm+Sm)	0.01	1.26	Nd_2O_3	1.60	2320
Total	0.977607441	100		100	

SIMFUEL은 U_3O_8 분말과 대용 금속산화물을 불밀을 이용하여 물리적으로 혼합함으로써 제조되었다. 이상에서 제조된 10 kg의 SIMFUEL은 LiCl-3 wt% Li₂O 용융염계에서

Chronopotentiometry 기법에 의해 금속으로 전환되었다. 본 논문에서 전해환원시스템, 전해환원 반응 특성, Li_2O 거동 및 AM, AEM의 확산거동 및 환원된 금속산화물의 특성분석 등에 대해 보고할 것이다.