

파이로 전해제련공정시 LCC도가니의 안정성평가

류용열, 김승현, 구광보*, 이종현

충남대학교 녹색에너지기술전문대학원, 대전광역시 유성구 대학로 79

*충남대학교 응용소재공학과, 대전광역시 유성구 대학로 79

ryukari@cmu.ac.kr

1. 서론

파이로 공정(pyroprocessing)은 습식처리공정 대비 핵확산저항성을 가진다는 평가를 받는 이유는 LCC(liquid cadmium cathode)를 이용한 TRU, U의 동시회수기술에 있다. LCC를 이용하여 설비 구성할시 전기화학적으로 U와 TRU의 선택적 분리가 어려워 LCC용극은 핵확산저항의 핵심이라고 할 수 있다. LCC를 사용하기 위해서는 LCC를 담아 놓을 수 있는 LCC도가니가 매우 중요하다. LCC도가니의 경우 U나 TRU가 LCC로만 전착되어야하기 때문에 LCC도가니는 전기적으로 절연되어있어야 한다. 또한 LCC와의 반응성과 회수된 TRU와의 화학적 안정성, 용융염과의 화학적 안정성은 물론 환원추출시 금속 Li과의 반응성도 고려되어야 한다. 전해제련공정은 용융염과 액체금속이 이용되기 때문에 500℃ 이상의 고온에서 조업이 이루어지며 이러한 조건을 만족하는 재료로서 Al_2O_3 , MgO 또는 BeO가 고려되고 있으나 고온의 용융염 내에 침적 및 상온에 가까운 온도로의 추출이 반복적으로 일어나므로 열피로에 의한 균열이 발생할 수 있어 이에 대한 특성 평가와 장기적 사용을 위한 최적화된 소재설계가 필요하다. 또한 기존의 TRU와 U들이 침적된 LCC와 도가니와의 화학적 결합에 의해 회수에 많은 어려움이 있다. 따라서 본 연구는 LCC 세라믹용기 소재의 화학적 안정성 및 열피로 분석 평가를 통한 전해제련 공정을 LCC 시스템의 장기 운전 신뢰성을 평가하려고 한다.

2. 본론

2.1 세라믹 도가니의 열역학적 안정성 평가

도가니 재료의 후보군으로 상용세라믹 도가니로 많이 사용되는 Al_2O_3 와 MgO, BeO를 대상으로 평가를 하였고, 첨가되는 원소로는 TRU에서 주로 다량 포함되어 있는 Pu와 환원제로 사용되는 Li, 피토류중에서 세라믹재와 반응성이 좋은

Ce, Nd를 이용하여 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 열역학적 평가를 실시하였다.

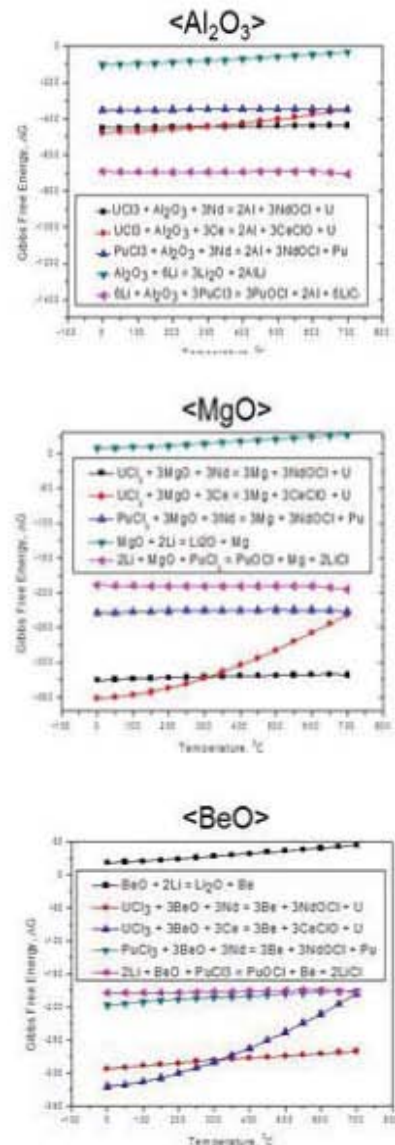


Fig. 1. Thermodynamic stability between ceramic crucible and fission products.

2.2 세라믹 도가니의 화학적 반응성평가

기존 전해제련 공정중에 발생하는 어려움 중에 하나는 공정후 LCC에 침적된 혼합물이 도가니재료와 화학적으로 반응하여 화학적 결합으로 인해 탈리되지 않는 문제점이 있다. 이를 살펴보기 위하여 뱀납공정에서 이용되는 젖음성 평가를 통해 공정후 LCC재료와 도가니재료와의 화학적 특성 평가를 하였다. 각각의 도가니재료의 판위에 LCC 재료를 500℃에서 일정량을 올려놓고 젖음성 평가를 실시하였고 Fig. 2. 의 기준을 통해 화학적 반응성을 평가하였다.

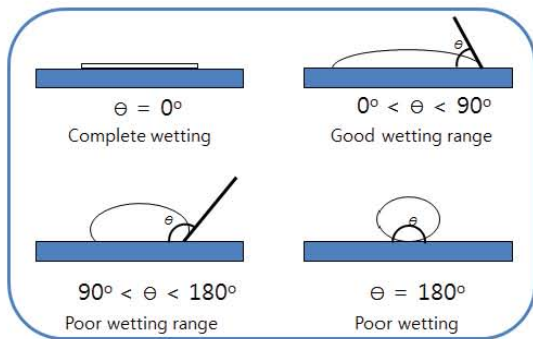


Fig. 2. Wettability model.

3. 결론

기존의 LCC용 도가니로는 주로 Al_2O_3 를 사용하는데 Fig. 1에서 나타낸 바와 같이 온도 전 구간에서 Li와 RE와 반응을 하며 BeO와 MgO대비 반응성이 크므로 고온에서 화학적 안정성이 떨어져 지며 그에따라 공정 중 도가니 파괴의 위험성이 높을것이라 예상된다. 또한 화학적 평가를 통해 기존 Al_2O_3 보다 BeO나 MgO의 화학적 특성 또한 우수하게 나타내었다. 추후 파손확률에 의한 신뢰성 평가를 통해 각각의 도가니 재료의 파손확률에 대한 전산모사를 실시하여 보다 신뢰성 있는 도가니의 안정성평가가 이루어질 예정이고, 반복 피로에 의한 수명예측에 의해 도가니재료의 장기 안정성을 평가할 예정이다.

4. 감사의 글

본 연구는 원자력연구개발 사업 및 원자력연구 기반확충사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] 한국방사성폐기물학회, 2008년 추계학술발표회 논문요약집, pp.275~276, 2008.
- [2] 한국방사성폐기물학회, 2011년 추계학술발표회 논문요약집, pp.193~194, 2011.