

LiCl-KCl- UCl_3 용융염의 전기전도도 측정 연구

김대현, 김종윤*, 배상은, 박태홍

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길111

*k jy@kaeri.re.kr

1. 서론

파이로공정은 여러 단계의 단위 공정을 거쳐 사용후핵연료를 재활용하는 과정에서, 각 공정 사이의 사용후핵연료에 존재하는 악티나이드 및 란타나이드 원소의 농도가 변화할 수 있기 때문에 공정의 안정성, 효율적인 운영 측면에서 다양한 물성에 대한 사전 정보가 필요하다. 점도, 밀도 등 다양한 기초적인 용융염 물성 중에서도 전기전도도는 공정 시료의 물리화학적 거동을 이해하는데 유용한 물성이며, 또한, 실제 공정을 실시간으로 감시할 수 있는 중요한 물성이다. 하지만, 기존에 알려진 전기전도도 측정 시스템은 고온 용융염의 전기전도도를 측정하기 어렵다. 그러므로, 400 ~ 600°C 고온 용융염에서 전기전도도 측정하기 위하여 전기전도도 측정 시스템을 구축하였으며, 자체적으로 II자형 모세관 셀을 제작하였다. 본 연구에서는, 전극에서의 분극에 의한 영향을 최소화할 수 있는 다중스텝전위차(SIMSC)법을 적용하였고, 담금형 II자형의 모세관전극을 이용한 전기전도도 측정은 다양한 온도에서 우라늄을 포함하는 고온 용융염에 대해 측정하고자 한다.

2. 실험

LiCl-KCl 용융염은 흡습성이 있고, 악티나이드 원소는 산소에 대한 반응성이 매우 크기 때문에 모든 실험과 시료 준비는 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 글러브박스에서 수행하였다 ($H_2O < 1\text{ppm}$, $O_2 < 1\text{ppm}$). 글러브박스 하단에는 전해질로 사용하는 LiCl-KCl 용융염의 온도를 500°C 이상 유지할 수 있는 전기로를 설치하여 고온 용융염 실험 환경을 구성하였고, 전기로 내 용융염의 온도 측정은 K-type thermocouple를 사용하였다.

LiCl-KCl 공용융염 시약은 Aldrich사에서 구입하여 전처리 없이 사용하였다. UCl_3 는 고온 용융염내 U 금속과 $BiCl_3$, $CdCl_2$ 를 첨가하여 제조하였다. 전기전도도 측정 셀은 일자형의 모세관 튜브를 나란

히 배치하여 담금형 II자형 모세관 전극을 제작하였다(Fig. 2).

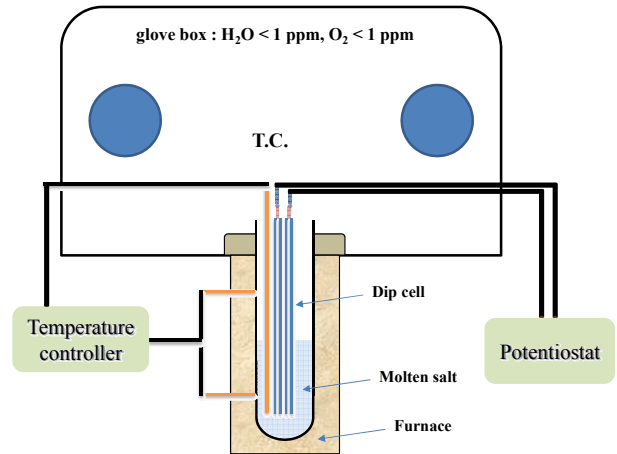


Fig. 1. Electrical conductivity measurement system Shot-time Interval Multiple-potential Step Chronoamperometry(SIMSC) analysis method.

담금형 II자형 모세관 전극은 자체적으로 제작한 것이기 때문에 직경과 길이가 동일하지 않아 각각 모세관 셀에 대해 셀상수값을 결정한 후 실험에 적용하였다.

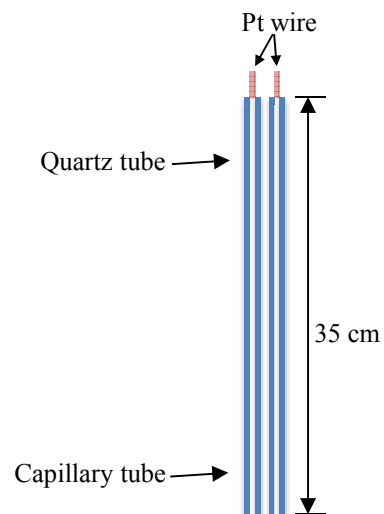


Fig. 2. Dip-type capillary electrode equipped with two platinum wires.

셀상수는 18°C에서 전기전도도 표준용액인 3M KCl 수용액을 사용하여 값을 결정하고, 이 셀상수와 다중전위차(SIMSC)법을 이용하여 비전도도(k) 값을 측정하였다.

3. 결과

다중전위차(SIMSC)법을 이용한 전기전도도 측정 시스템을 사용하여 LiCl-KCl 공융혼합물 내에 악티나이드 원소인 우라늄이 녹아 있는 경우, 다양한 온도에서 전기전도도를 측정하였다.

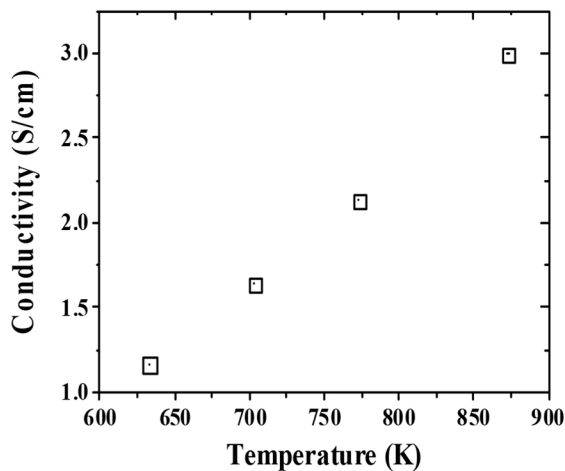


Fig. 3. Conductivity of 0.1 wt% UCl_3 in LiCl-KCl eutectic melts at various temperatures.

Fig. 3 은 악티나이드 원소인 우라늄을 포함하는 고온 용융염에서 다양한 온도에서 전기전도도를 측정한 결과이다. 전기전도도는 온도의 상승과 더불어 증가하는 경향을 나타내었다. 초기 600°C에서 2.99 S/cm 값으로 측정되었고 온도가 감소함에 따라 360°C에서 1.165 S/cm 값으로 나타났다.

4. 결론

다양한 온도 범위에서 고온 용융염 내 포함되어 있는 악티나이드 원소인 우라늄의 전기전도도를 다중스텝전위차(SIMSC)법을 이용하여 측정하였다. 고온 용융염 내 우라늄의 전도도 값은 600°C에서 2.99 S/cm 값을 나타냈고 온도가 감소함에 따라 360°C에서는 1.165 S/cm 값으로 감소하였다. 이번 연구에서는 담금형 II자형의 모세관 전극과 다중전위차(SIMSC)법을 이용하여 파이로공정에서 요구하는 우라늄의 농도범위인 10wt.% 수준까지 농도별

로 온도를 변화시켜 결과를 비교하여 비교할 계획이다.

5. 참고문헌

- [1] J. Y. Kim, Y.S. Chol, S.E. Bae, I. Yum, D.H. Kim, J.W. Yeon, and K.Song Asian J. Chem. 25(12), 7028-7030 (2013).
- [2] R.J. Guanti and P.J. Moran, J. Appl. Electrochem., 16, 678 (1986).
- [3] P. Masset, D. Bottomley, R. Konings, R. Malmbeck, A. Rodrigues, J. Serp and J.P. Glatz, J. Electrochem. Soc., 152, A1109-A1115 (2005).
- [4] E.R. Van Artsdalen and I.S. Yaffe, J. Phy. Chem. 59, 118 (1955).
- [5] F.R. Duke and L. Bissell, J. Electrochem. Soc., 111, 717 (1964).
- [6] G.J. Janz, R.P.T. Tomkins, C.B. Allen, J.R. Downey, Jr., G.L. Gardner, U. Krebs and S.K. Singer, J. Phys. Chem. Ref. Data, 4, 871 (1975).