

국내의 고온 염이송 기술 개발 현황

이호세, 이성호, 김정국

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

hellohose@kaeri.re.kr

1. 서론

고속 원자로 연료 주기의 실현을 위해 사용 후 핵연료의 처리를 위한 기술로서 파이로 공정(Pyroprocess)이 주목을 받고 있다. 이미 미국, 한국, 일본, 인도, 중국 등의 여러 나라에서 집중적으로 연구가 이루어지고 있으며 원자력 선진국인 미국의 Argonne National Laboratory(ANL)에서 금속핵연료를 사용하는 Experimental breeder Reactor II(EBR-II) 원자로의 사용후핵연료를 처리하는 기술로 파이로 공정을 제안하였고 이에 대한 기술개발이 이루어졌다. 일본에서는 파이로 공정의 개발을 위해 500℃ 이상의 고온에서의 용융염의 이송기술을 개발하기 위해 대형 아르곤 Glove box 내에 감압법, 중력법 및 염이송 펌프에 의한 실험 장치를 각각 구축하여 고온에서 염이송 실험을 수행해오고 있다.

본 연구에서는 전해 정련의 반응 후 전해 정련 반응기 내 LiCl-KCl 공용융염은 전해 제련 반응기로 이송하는 전해정련-제련 연계 염이송 기술 개발을 위해, 국내의 고온 염이송 기술 개발 현황을 조사 연구 하였다.

2. 본론

2.1 고온 염이송 방법 및 특성

고온에서의 염이송 방법은 염이송 펌프에 의한 방법, 중력(gravity)에 의한 방법, 감압식에 의한 방법 등이 있다. 이러한 염이송 방법 중 염이송 펌프에 의한 방법이 다른 방법에 비해 Impeller 회전속도를 조절함으로써 염이송의 유량 및 펌프 head 조절이 용이하고 또한 재현성이 우수하여 가장 좋은 염이송 방법으로 분석 되어졌다[1, 2].

2.2 국내 고온 염이송 기술 개발 현황

국내에서는 한국원자력연구원에서 고온 염이송 연구가 수행 중에 있다. Centrifugal transport 방법이 있다. 국내에서는 고온의 LiCl-KCl 용융염계에서 전해 정련반응기에서 우라늄을 전해 정련하는

전기화학적 반응을 종료 후에 후속 공정인 전해 제련 반응기로 용융염을 효율적으로 이송하기 위해 Fig. 1.과 같이 감압식 염이송 실험 장치를 제작하였다. 제작된 실험 장치는 heating 계통이 설치된 용융염 용해 및 Receiver 반응기, 용융염 이송관, 공압 실린더, 진공챔버 및 진공 펌프로 구성되어 있으며 사용하는 LiCl-KCl 공용융염의 강한 부식성과 조해성 때문에 실험 장치는 Glove box 내에 설치 되어있고 현재 LiCl-KCl 공용융염을 이용하여 감압식 염이송 기초 실험을 수행하고 있다.

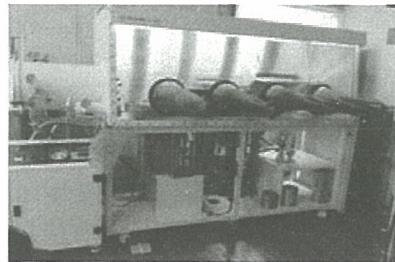


Fig. 1. Apparatus for suction transport experiments.

2.3 국내 감압식 고온 염이송 기초 실험

감압식 염이송 실험을 위해 반응기 및 염이송관의 온도를 500℃로 승온한 후 감압 진공도 및 시간에 따른 염이송 실험을 수행하였다. 감압 진공도는 200mm torr-2torr에서 70초간 감압 염이송 실험을 수행한 후 Fig. 2에 나타난 몰드에 이송된 염의 양은 1.82kg 이었고 반응기 내부에 잔류하는 염은 0.18kg으로 확인되었다. 용해반응기 하부가 conetype 이고 반응기 하부로부터 염이송관 높이가 5mm인 것을 고려하면 500℃의 고온에서 99%이상의 염이 감압 염이송 된 것을 확인할 수 있었다.

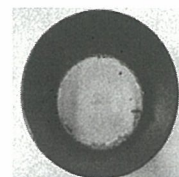


Fig. 2. Transported salt in mold vessel.

2.4 국외 고온 염이송 기술 개발 현황

일본의 경우 2000년 초반부터 CRIEPI의 T. KOYAMA등이 Pyroprocessing 기술개발과 관련하여, 500℃의 고온에서 LiCl-KCl 공용용염의 염이송 기술 개발을 위해 Fig. 3.과 같이 대형 아르곤 Glove box 내에 여러 종류의 염이송 실험방법(Gravitational transport, Suction transport 및 Centrifugal pump transport)에 의한 실험 장치를 각각 구축 하여 고온에서 염이송 실험을 수행해 오고 있다[1,2]. 특히, 고온 염이송 방법 중 Impeller rotational speed를 조절로 염이송 유량 및 head 조절이 용이하고, 재현성이 우수한 고온 염이송 pump를 일본 Sanwa-Hydro Co.와 공동 연구로 개발하여 제작된 염이송 펌프를 이용한 염이송 실험을 수행하고 있다.

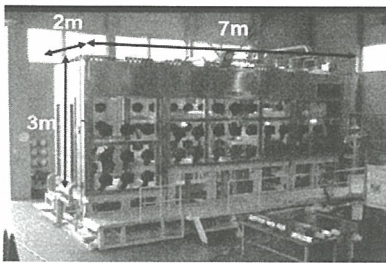


Fig. 3. Large argon glove box in CRIEPI.

일본 CRIEPI에서 Gravity transport 방법 및 감압 진공법에 의한 고온 용융염 실험 장치는 Fig. 4 및 Fig. 5에 각각 나타내었다 [3].

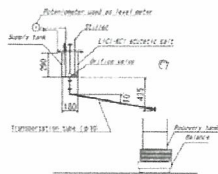


Fig. 4. Apparatus used in gravity transport experiment in CRIEPI.

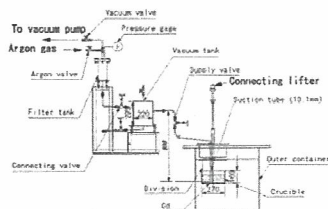


Fig. 5. Apparatus used in suction transport experiment in CRIEPI.

3. 결론

본 연구에서는 파이로 공정에서 전해 정련 반응기 내 LiCl-KCl 공용용염을 전해 제련 반응기로 효율적으로 염이송하는 고온 염이송 기술 개발연구를 수행하기위하여 국내의 고온 염이송 기술 개발 현황을 조사 연구하였다. 국내에서는 감압식 염이송 실험 장치를 제작하였고, 현재 제작된 염이송 실험 장치를 이용하여 LiCl-KCl 공용용염을 이용하여 감압식 염이송 기초 실험을 수행하고 있다.

원자력선진국인 일본에서는 2000년 초반부터 CRIEPI의 T. KOYAMA등이 Pyroprocessing 기술개발과 관련하여, 500℃의 고온에서 LiCl-KCl 공용용염의 염이송 기술 개발을 위해 대형 아르곤 Glove box 내에 여러 종류의 염이송 실험방법에 의한 실험 장치를 각각 구축 하여 고온에서 염이송 실험을 수행해오고 있다.

일본등 국외 원자력 선진국들의 Pyroprocess 공전기술 개발과 관련하여, 활발한 고온 염이송 기술의 연구 개발에 맞추어, 앞으로 정량화된 고온 감압식 염이송 실험 및 연구를 계속적으로 수행함으로써 전해 정련 - 제련간 감압식 고온 염이송 기술을 개발하고 연계 염이송 운전 체계를 구축할 예정이다.

4. 참고문헌

- [1] T. Hijikata and T. Koyama., J. of Engineering for Gas Turbine and Power,, Vo131 JULY 2009.
- [2] B. Hanson et al., "Pyrochemistry:A Program for Industrialization" Proceeding of GLOBAL, 2003, New Orleans, Nov.
- [3] T. Hijikata and T. Koyama, J. of Power and Energy Systems., Vol.3, No. 1, 2009.