

중간열전달 계통 단순화 개념 및 열전달 기초실험

정경채, 정지영, 김병호, 김태준, 최병해, 김종만, 최중현, 남호운, 한도희

한국원자력연구소

1. 서론

액체금속로 SG(Steam Generator)에서는 1 차측에서 나온 고온의 소듐이 전열관 튜브를 경계로 급수관에서 올라오는 물과 열교환을 이루고 있다. 그러나 단일관으로 제작되는 열전달 튜브에서 결함이 발생하면 고압의 물이 상대적으로 저압인 소듐부위로 누출되어 소듐-물 반응을 촉발시키고 궁극적으로는 시스템 전체에 영향을 미치게 된다[1,2]. 따라서 물누출에 대한 대책설비가 필요 없으면서, 조밀화된 SG의 개발에 대한 연구가 세계적으로 수행되고 있으며, 액체금속로 개발과제에서도 중간 열전달 매체를 이용하여 1 차계통의 열을 직접 증기발생 시스템으로 연결하는 새로운 개념의 열전달 시스템이 설계분야에서 제안 되었다[3].

본 연구에서는 설계분야에서 제안된 중간 열전달 계통(Intermediate Heat Transfer System, IHTS) 단순화 개념 해석을 위한 컴퓨터 코드 검증자료 생산을 위한 열전달 실험이 수행 되었다.

2. 신개념 열전달 실험장치

2.1 IHTS 단순화 개념

상기 그림 1 에서 보는 와 같이 중간열전달 계통을 통합/삭제하여 IHTS 를 단순화하는 개념의 가능성을 실험적으로 검증하기 위해 그림 1 과 같은 실험 장치를 구성하였다.

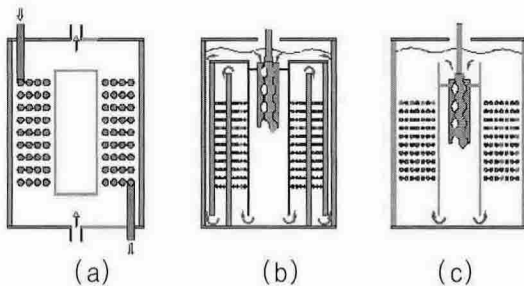


그림 1. IHTS 단순화 개념 (a : 2 종유체 단일형, b : 3 종 유체 복수지역형, c : 3 종 유체 단일지역형).

그림 1 의 (a)는 중간 열전달 매체인 중금속이 물과 열교환을 이룰 때 열교환 시스템에서 두 물질(2 종)사이의 열전달 계수를 측정하기 위한 기본실험장치이며, (b)와 (c)는 실제 시스템과 유사하도록 3 종(고온, 중간, 저온) 사이 에서 열전달 특성을 모사할 수 있도록 실험장치가 구성되었다.

2.2 장치제작 및 실험

본 연구에서는 2 종유체 단일지역형 실험을 수행하였으며, 이는 3 종유체 실험장치의 성능을 분석하는데 기본적으로 필요한 관 다발의 대류 열전달 계수를 생산하기 위한 것이다.

실험 장치는 그림 2 와 같이 구성되었으며, 중앙의 test section 을 중심으로 중금속 melting tank, 고온 물 제조장치 및 냉각기와 이를 순환시키기 위한 펌프 및 각종 계장들로 구성되었다.

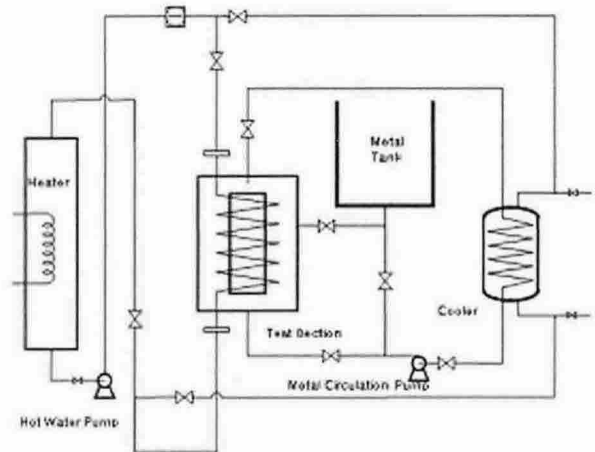


그림 2. 열전달 실험장치 flow diagram.

Test section 내부에는 고온의 물이 전열관 튜브를 통해 흐르며 중금속으로 열을 전달하게 된다. Test section 에 18 개, 외부 순환라인 입,출구에 4 개의 온도감지기를 설치하여, 유량

변화에 따라 test section 에서의 온도 변화를 측정하였다.

중금속 물질은 원래 원자로의 경우 Pb-Bi alloy 를 사용하지만 본 연구에서는 실험의 원활한 수행을 위해서 Pb-Bi alloy 와 유사한 물성을 갖지만 용융점이 훨씬 낮은 Wood' s alloy [Pb(25)-Bi(50)-Cd (12.5)-Sn(12.5), wt.%]를 선택하여 낮은 온도에서 실험이 수행될 수 있도록 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 3의 상부에 2 증류체 단일형 실험으로부터 얻어진 실험 결과를 간단히 나타내었다. Test section 내부에 있는 중금속 유체가 외부 순환펌프를 통해 순환되며, 순환속도는 3.0 kg/sec 로 일정하게 유지하였다. Tube side 로 들어가는 고온물 유량을 변경시켜 가며 온도를 측정하였다.

X 축은 test section 에 장착된 열전대의 위치를 나타내고 있으며, y 축은 온도 변화를 나타낸다.

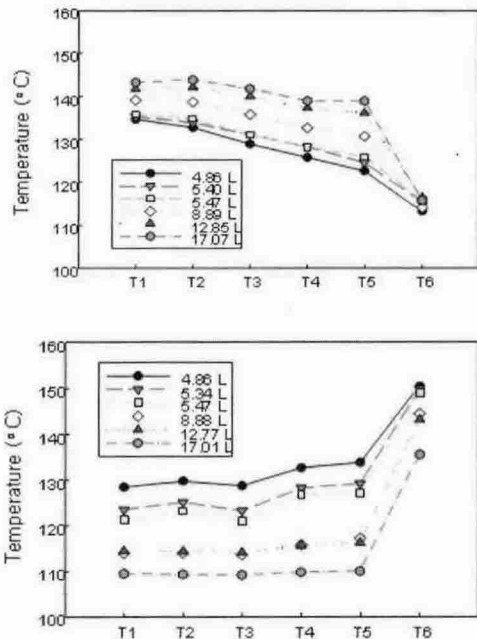


그림 3. Test section에서의 온도변화
(상 : 중금속/물의 온도 : 110/150 °C
하 : 중금속/물의 온도 : 150/110 °C).

그림에서 x 축의 T1 은 상기 그림 3 의 test section 부위에서 상부에 위치하며 T6 는 하부에 위치하고 있다. 고온의 물은 상부에서 인입되어

하부로 배출되며, 반대로 저온의 중금속은 하부에서 인입되어 상부로 배출되는 형태이기 때문에 T1 지점에서의 온도가 높게 나타나고 있으며, 전열관 길이가 길어 질수록(열전대 위치가 낮아질 수록) 온도가 떨어지는 경향을 나타내고 있으며, T1 에서 T5 까지는 온도가 떨어지는 pattern 이 유사 하지만, T6 부위에서 하강 폭이 큰 것을 알 수 있다.

이는 인입되는 물의 온도가 비록 고온이지만 그 유량이 상대적으로 많고, 실험장치의 기하학적인 구조가 복합적으로 작용한 것으로 예측되었다.

한편 열전달 효과를 비교해 보기위해 상기에서 기술한 고온 측의 물 온도 대신 중금속 온도로, 저온 측의 중금속 온도대신 고온 측의 물 온도로 변경하여 상기와 동일한 방법으로 실험을 수행하여 그 결과를 그림 3의 하부에 나타내었다.

상기 그림 3 의 상부에서와 같이 동일한 경향을 나타내고 있는 것을 알 수 있으나, 그 기울기가 적은 것으로 보아 열전달 효율은 상대적으로 낮은 것으로 예측되며, T1 에서 T5 까지의 온도가 떨어지는 pattern 과 T6 에서의 경향이 다르게 나타났으며, 그 경향은 상부 그림과 비교해서 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 이러한 이유는 정확히 파악할 수 없지만 상부 그림의 해석에서 설명한 내용과 동일한 결과가 나타난 것으로 사료된다.

3. 결론

새로운 개념으로 제안된 IHTS 단순화 시스템의 해석 프로그램 검증용 실험자료 생산을 위해 먼저 2 증 유체를 이용한 전열특성 실험이 수행되었다. 제안된 실험요건에 따라 2 증 유체 순방향 실험과 역방향 실험을 수행하여, 열교환 부위에서의 온도 측정 자료를 획득하였으며, 이는 중간 열전달 통 단순화 개념을 제안부서에서 개발된 해석 프로그램의 입력자료로 활용될 예정이다.

REFERENCES

- [1] M. Hori, Sodium-water reaction studies for Monju Steam Generator" IWGFR-1, 1974.
- [2] J. Biscarel, M.Hugla, and P.Peturaud, Study of the effects of major water leakage in sodium heated steam generator, International Topical Meeting on Liquid Metal Fast Breeder Reactor Safety and Operational Aspects, Conf-760503, Lyon, France, 1982.
- [3] 심윤섭, IHTS/SG 일체화 개념 기본특성 실험 요건서, LMR/FS 100-XR-01, 2003.