

## 탄소나노튜브 나노유체의 파울링 현상에 따른 열적 특성에 대한 연구

문지은, 김영훈, 김남진\*

제주대학교

열전달 시스템에서 임계 열유속 발생 시 시스템의 물리적 손상을 야기하기 때문에 비등 열전달에서 임계 열유속은 열전달 시스템의 한계 또는 안전성을 나타낸다. 따라서 열전달 시스템의 안정성을 위해서는 임계 열유속 향상이 필수적이다. 최근에는 나노유체를 열전달 시스템에 적용할 경우 임계 열유속이 증가한다고 보고되었다. 하지만 나노유체는 원전 및 각종 열전달 시스템에 적용 시 나노입자가 열전달 표면에 침착되는 파울링 현상을 발생시킬 수 있으며, 이 때문에 시스템의 열효율이 크게 감소할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 열전달 시스템에 나노유체를 적용했을 때, 나노유체의 침착현상이 시스템에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 유속과 코팅시간이 증가할수록 산화처리된 다중벽 탄소나노튜브 나노유체의 임계 열유속이 크게 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 하지만 나노입자 침착도와 유속이 증가할수록 비등 열전달 표면과 유체의 포화온도의 차이인 과열도가 상당히 크게 증가함을 알 수 있었으며, 열전달 계수는 순수 물의 0 m/s의 비등 열전달 계수와 비교하면 감소하는 것을 확인하였다.

## Acknowledgement

이 연구는 제주대학교 스마트그리드와 청정에너지 융복합산업 인력양성사업단(CK- I)의 지원을 받아 수행되었습니다.

**Keywords:** 침착, 탄소나노튜브, 나노유체, 열유속, 유동

## 산화 탄소 나노 튜브 나노유체의 열적 특성에 대한 연구

심다민, 양용우, 김영훈, 김효석, 김남진\*

제주대학교

임계 열유속 현상은 열전달 시스템에서 가열조건이나 유동조건이 변함에 따라 열전달 표면 부근의 유체상태가 액체에서 기체로 바뀌면서 열전달계수가 급격히 감소하는 현상을 말한다. 임계 열유속 발생 시 핵 비등 영역에서 순간적으로 막 비등 영역으로 넘어가면서 원전 시스템의 물리적 파괴를 일으킬 수 있게 된다. 따라서 임계 열유속 현상은 시스템 설계 및 안전해석 뿐만 아니라, 열교환 및 냉각 장치 설계에서 중요하게 고려되고 있다. 특히, 비등 열전달 시스템에서 임계 열유속 발생 시 시스템의 물리적 손상을 야기하게 된다. 따라서 원전 시스템을 보호하면서 성능을 극대화시키기 위해서는 임계 열유속 향상이 필수적이며, 임계 열유속 향상을 위한 대안 중 하나로써 열적 특성이 우수한 나노유체를 열전달 시스템에 적용하여 임계 열유속 향상을 위한 연구가 지속되고 있다. 따라서 본 연구에서는 산화 처리된 다중벽 탄소나노튜브 나노유체를 사용하여 각각 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s의 유속에서 임계 열유속과 열전달 계수를 측정하였다. 그 결과 산화 처리된 다중벽 탄소나노튜브 나노유체의 유속이 증가 할수록 임계 열유속이 증가하는 것을 확인 하였으며, 순수물과 비교하여 최대 62.64% 증가함을 확인하였다. 그리고 산화 처리된 다중벽 탄소나노튜브 나노유체의 비등 열전달 계수 또한 유속이 증가 할수록 비등 열전달 계수가 증가하는 것을 확인하였으며 최대 24.29% 증가함을 확인하였다.

## Acknowledgement

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부) 및 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단-원자력연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2015M2B2A 8A 02029156, No. NRF-2015R1D1A3A01018884).

**Keywords:** 산화 탄소나노튜브, 나노유체, 열전달 계수, CHF, 유동 비등