

역전 유동층 내의 유동해석 및 슬러리아이스 생성에 관한 연구

오철⁺, 최영규¹

Flow pattern analysis and a study on formation of slurry ice in the reversing flow

Cheol Oh⁺, Young-Gyu Choi¹

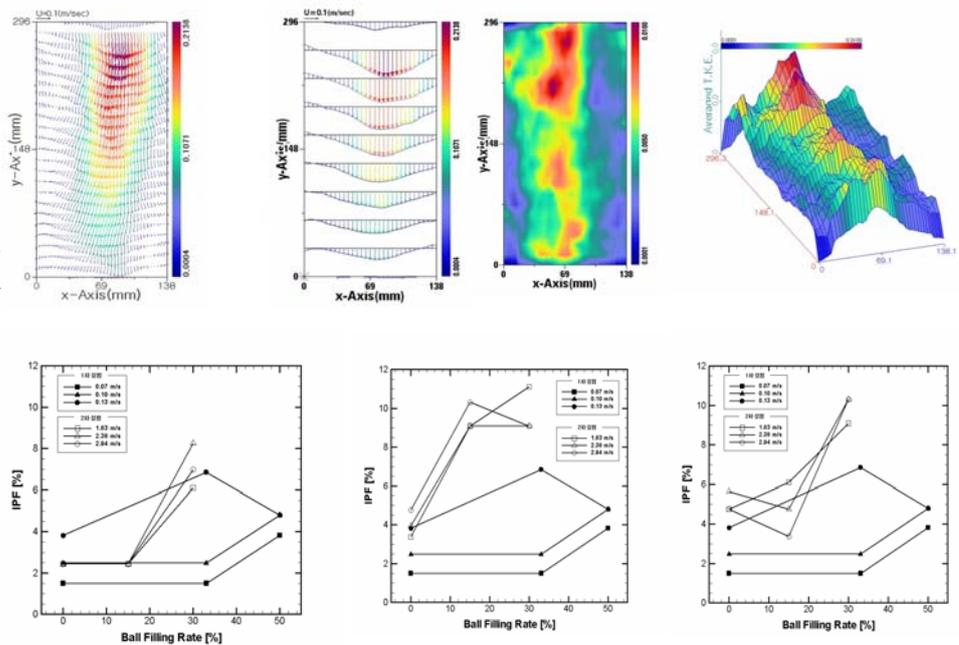
Abstract : Thermal energy storage(TES) cooling system using cheaper electricity of off-peak time has been applied to relief a significant portion of the peak demand of electricity during the daytime in summer. Slurry ice type thermal energy storage cooling system is one kind of more efficient ice-thermal energy storage cooling system than Ice-on-Coil type or Encapsulated type TES cooling system, even though, which are more popular TES system. This study is experimented to observe flow pattern and formation of slurry ice in reversing flow to improve efficiency of heat transfer between fluid and freezing tube.

1. 서론 : 여름철 주간 냉방 수요의 급격한 증가에 따른 주간 전력 피크로 인한 급격한 전력부하 상승은 전력 공급의 불균형 가지고 오고 있다. 축냉시스템은 전력사용량이 상대적으로 적은 심야시간에 냉열을 저장하였다 주간 냉방 전력 피크시간에 사용함으로써 주간전력 피크를 줄여주는 효과를 가진다. 축냉시스템 중 슬러리아이스형은 슬러리아이스가 과냉되지 않은 작은 입자형태를 갖고 있어 해빙특성이 뛰어나므로 부하변동에 빠르게 반응할 수 있으며, 그 저장과 재생 및 수송 분야에서 그 장점과 기능이 입증되어 광범위한 용도로 사용될 것으로 기대를 모으고 있다. 본 연구에서는 작동유체보다 밀도가 낮은 플라스틱 볼을 삽입하여 역전 유동층을 형성하였으며, 유체의 흐름에 따른 볼의 유동에 의해 냉각튜브 표면에 얼음 부착이 심화되기 전에 얼음 입자를 분리시켜 수 내지 수십 미크론 단위의 슬러리아이스를 생성하도록 하였다.

2. 실험장치 및 실험방법 : 실험은 단관과 관군에서 2차에 걸쳐 시행하였으며 단관 내에서의 슬러리아이스 생성은 스티로폼 볼을 사용(비중 0.015 ~ 0.030) 볼의 직경(10mm, 15mm), 볼을 삽입한 양과 실험부 전체 용적의 비를 충전율(Ball Filling Rate)로 하여 33%, 50%일 때의 경우와 평균유속을 0.07m/s, 0.10m/s, 0.13m/s로 변화시켜 평균유속에 따른 영향을 평가하였다. 관군에서는 폴리프로필렌(Poly propylene, 이하 P.P)(비중 0.82~0.92)을 사용, 충전율 0%, 15%, 30%, 평균유속을 1.83m/s, 2.38m/s, 2.94m/s로 변화시켰으며, 유체가 정지상태일 때 실험부내에 공기함유량을 기공률(Air Filling Rate)이라 하여 0%, 10%, 20%일 경우의 영향을 평가하였다. 슬러리아이스의 생성량은 실험종료 시 에틸렌글리콜수용액의 농도를 측정 IPF(Ice Packing Factor)(%)로 산출하였다.

3. 유동해석 및 실험결과 : 다음 그림과 역전유동층 유동의 속도와 운동에너지 Profile을 나타냈으며 그래프는 슬러리아이스 생성량을 IPF로 측정하여 평균유속과 충전율에 따라 비교한 그래프이다.

4. 결론 : 역전 유동층에서는 유동체의 영향으로 일반유동층에서 볼 수 없는 역류현상이 일어난다. 역전유동층은 일반유동층에 비하여 IPF 값 증가를 가져온다. 역전유동 정체구간이 생성 전까지, 충전율과 평균유속 증가에 따라 IPF 값도 증가한다. 충전율, 기공률 및 평균 유속은 상호 영향을 주며 IPF 값에도 영향을 준다.



⁺ 오철 (한국해양대학교 기관시스템공학부), E-mail: ohcheol@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051-410-4268
¹ 미국선급협회(ABS), E-mail: ychoi@eagle.org