

# 역전 유동층을 이용한 관군 내에서의 슬러리아이스 생성에 관한 연구

† 오 철 · 최영규\*

† 한국해양대학교 기관시스템공학부 교수, \* 미국선급협회 검사관

## A Study on Formation of Slurry Ice by using the Reversing Flow in a Bundle of Tube

† Cheol Oh · Young-Gyu Choi\*

† Division of Marine System Engineering, Korea Maritime University, Busan, Korea

\* American Bureau of Shipping (ABS), Busan, Korea

**요 약** : 최근 지구 온난화와 더불어 급격한 기후 변화 등으로 여름철 주간 냉방 수요가 급격히 증가하고 있다. 이에 따른 전력 수요량 또한 증가하고 있다. 이런 이유로 세계적으로 에너지 이용 효율 향상에 대한 관심이 높아지고 있고, 최근 국내 및 국외의 축냉시스템을 이용한 주간 전력 피크값을 최소화 하는 연구개발과 실제 적용 사례가 늘어나고 있다. 빙축열시스템의 경우 그 경제적 효과가 높아 그 관심이 높아지고 있는 추세이다. 축냉시스템은 주간 냉방에 사용하는 냉열을 야간에 만들어 탱크에 저장해 두었다가 그것을 낮에 이용함으로써, 갑작스런 부하 증가에 적절히 대응할 수 있는 등 여러 가지 장점을 갖고 있다. 본 실험에서는 슬러리아이스 생성을 위해 냉각표면에서 생성된 슬러리아이스를 분리시키기 위해 유체보다 밀도가 낮은 역전유동 물질을 삽입하여 역전 유동층을 형성하였으며, 역전유동층의 유동에 의해 관군으로 구성되어 있는 냉각튜브 표면에 빙부착이 심화되기 전에 얼음 입자를 분리시켜 수 내지 수십 미크론 단위의 슬러리아이스를 생성하도록 하였다.

**핵심용어** : 빙부착, 빙축열시스템, 슬러리아이스, 역전유동, 충전율

**Abstract** : The ice-thermal energy storage cooling system has been applied to relief a significant portion of the peak demand of electricity during the daytime in summer. Slurry ice type system is one kind of ice-thermal storage cooling system utilizing cheaper off-peak electricity. This study is experimented to observe an influence of experimental conditions on production characteristics of slurry ice by using reversing flow, which is putting reversing material into test section to disturb ice adhesion. At this experiment, poly propylene ball of diameter 10 mm was used as reversing material, and ethylene glycol-water solution of 20wt% concentration was used as flow material. The experimental apparatus was constructed of the slurry ice making and storage tank(test section), the brine tank, pumps for ethylene glycol-water solution and brine circulating, a mass flow-meter, data logger for fluid temperature measuring. The experiments were carried out under various conditions, with volumetric flow rate, ball filling rate and air filling rate.

**Key words** : Ice adhesion, Ice-thermal energy storage cooling system, Reversing flow, Slurry ice, Ball filling rate

## 1. 서 론

최근 지구 온난화와 더불어 급격한 기후 변화 등으로 여름철 냉방 수요가 급격히 증가하여 이에 따른 전력 수요량이 증가하고 있다. 또한 주간 전력 피크로 인한 급격한 전력부하 상승은 전력 공급의 불균형을 가지고와 사회적 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 에너지 이용 효율 향상에 대한 관심이 높아지고 있고, Fig. 1에 나타낸바와 같이 최근 국내 및 국외의 축냉시스템을 이용한 주간 전력 피크값을 최소화 하는 연구개발과 실제 적용 사례가 늘어나고 있으며 빙축열시스템의 경제적 효과에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다.<sup>[2,3,4]</sup>

축냉시스템은 주간 냉방에 사용하는 냉열을 야간에 만들어 탱크에 저장해 두었다가 그것을 낮에 이용함으로써, 냉동기의

용량이 작아지고 냉동기를 고효율로 운전할 수 있으며, 갑작스런 부하 증가에 적절히 대응할 수 있는 등 여러 가지 장점을 갖고 있다. 특히 빙축열시스템은 0°C에서 물이 얼음으로 상변화할 때 발생하는 잠열 (80kcal/kg)을 저장함으로써 저장탱크의 체적이 작아 도심지 빌딩에 적용 가능한 시스템이다.<sup>[11]</sup> Fig. 1에서 보듯이 축냉시스템은 전력사용량이 상대적으로 적은 심야시간에 냉열을 저장하였다 주간 냉방전력 피크시간에 사용함으로써 주간전력 피크를 줄여주는 효과를 가진다.

축냉시스템은 냉열을 저장하는 방법에 따라 물을 이용하는 수축열, 물 이외의 상변화 물질을 이용하는 잠열축열, 얼음을 이용하는 빙축열로 나뉜다. 빙축열은 제빙방법에 따라 관외작빙형(Ice-on-Coil), 캡슐형(Encapsulated Ice), 슬러리형(Slurry Ice)등으로 나뉜다.<sup>[2,3,6,7]</sup> 빙축열시스템 중 슬러리아이스

† 교신저자 : 종신회원, ohcheol@hhu.ac.kr 051)410-4268

\* 연회원, ychoi@eagle.org 051)463-4600

형 시스템은 슬러리아이스가 과냉되지 않은 작은 입자형태를 갖고 있어 해빙특성이 뛰어나므로 부하변동에 빠르게 반응할 수 있으며, 그 냉열에너지의 저장과 재생 및 수송 분야에서 그 장점과 기능이 입증되어 공조 분야의 축냉 시스템을 비롯하여, 지역 냉방용, 농·수산물의 보관·판매용, 상업용, 의료용 등 광범위한 용도로 사용될 것으로 기대를 모으고 있다.<sup>[7,8,9,10]</sup>

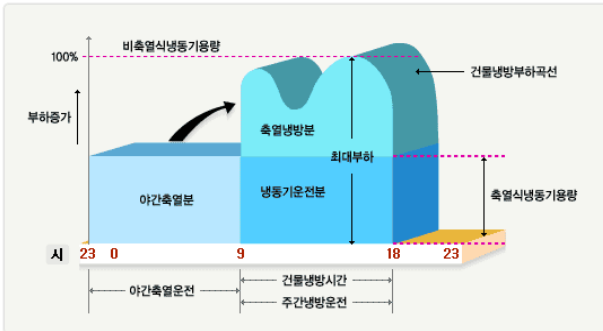


Fig. 1 The Concept of thermal energy storage cooling system

이러한 슬러리아이스형 빙축열 시스템의 보급 및 이용확대를 위해서는 신뢰성을 바탕으로 하여, 경제적이고 효율적으로 슬러리아이스를 만드는 것이 중요하다.

슬러리아이스를 만드는 방법에는 여러 가지가 있겠지만, 그 중 대표적인 것이 얼음을 만든 후 분쇄하는 방법과 전열표면에서의 빙부착 제거를 위해 스크래퍼, 브러쉬, 로드, 스프링 등으로 연속적으로 스크래핑하는 방법 등이 있으며, 현재 가장 널리 보급된 방식이 바로 미국과 유럽 등에서 개발된 스크래퍼 방식이다.<sup>[1,9,10]</sup> 또한 국내에서는 동관 주위에 형성된 얼음을 떼어내기 위한 방법으로 유압이나 스프링 및 공기압을 이용하여 진동을 주어 제거하는 연구를 시도하였으나 슬러리아이스를 제조하는 공정의 개발에는 성공하지 못하였다.

분쇄기를 사용하는 방식이나 스크래퍼 방식은 얼음을 슬러리 형태로 만들기 위해 추가적인 동력이 필요하기 때문에, 본 연구에서는 그에 따른 에너지 효율성에 주목하였다.

본 실험적 연구에서는 슬러리아이스 생성을 위해 냉각표면에서 생성된 슬러리아이스를 분리시키기 위해 소요되는 추가 동력을 제거하기 위하여 실험부 내에 순환유체 내에 유체보다 밀도가 낮은 플라스틱 볼을 충전(充填)하여 역전 유동층을 형성하였으며, 유체의 흐름에 따른 볼의 유동에 의해 관군으로 구성되어 있는 냉각튜브 표면에 빙부착이 심화되기 전에 얼음 입자를 분리시켜 0.1mm~0.001mm 크기의 슬러리아이스를 생성하도록 하였다. 아울러 볼의 충전율, 유체의 유속 및 기공률을 달리하여 역전유동층의 흐름을 변화시켜 슬러리아이스 생성에 미치는 영향에 대하여 연구·검토하였다.

## 2. 실험장치 및 실험방법

### 2.1 실험장치

Fig. 2는 실험장치의 계통도이다. 실험장치부는 유체를 순

환시키기 위한 유체 순환부와 실험부 내에서의 제빙 및 유체의 온도를 일정하게 유지시키기 위한 냉각부 및 온도 측정부로 구성된다.

온도측정을 위해 열전대(C-A type)를 실험부 브라인 입·출구, 실험부 작동유체 입·출구 및 실험부 중간 표면에 설치, 총 5곳에서 온도를 측정하였으며, 온도기록계(DR-230)를 이용하여 측정하였다. 작동유체는 에틸렌글리콜(Ethylene glycol, 이하 EG) 20wt% 수용액, 시험부의 냉각방법은 간접 냉각 방식으로 에틸렌글리콜 40wt% 수용액을 사용하였으며, 각각 원심펌프를 이용하여 순환시켰다. 유량은 디지털 유량계(240-VTP-F5, SIERRA)를 이용하여 소정의 유량으로 일정하게 유지하였다.

여기서 사용된 EG는 물에 혼합되기 쉽고 분자 구조적으로 비교적 물과 무기물 사이에 개입하기 쉬운 구조를 하고 있으며, 또한 물성이 상당 부분 알려져 있고 소량사용 시 환경에 큰 영향을 주지 않는 물질로 알려져 있다.<sup>[10]</sup> 유체의 이송 시에 배관을 통한 외부로의 열손실을 최소화하기 위해 전체적으로 단열재를 이용하여 단열시켰다.

역전유동물질은 폴리프로필렌(Poly propylene, 이하 P.P)을 사용하였다. 폴리프로필렌은 폴리에틸렌·폴리염화비닐·폴리스티렌과 함께 4대 플라스틱의 하나이며, 프로필렌(CH<sub>3</sub>CH=CH<sub>2</sub>)의 중합체로서, 가장 가벼운 플라스틱(비중 0.82~0.92)이며, 연화점(軟化點)도 높고 가공성(加工性)도 좋아 그 활용도가 높다.<sup>[5]</sup> 특히 본 실험에서는 작동유체보다 밀도가 낮은 특성에 주목하여, 밀도차에 의한 역전유동층을 생성하기 위해 외경 10mm의 원형 형태의 P.P 볼을 역전유동물질로 선택, 사용하였다.

Fig. 3 (a), (b), (c)는 충전율 0%, 15%, 30%의 실험부 사진을 나열하였다. Ø300mm, 길이 600mm의 아크릴 관내에 M자 형태의 Ø15mm의 동관을 삽입하고, 동관 내에 냉각 브라인이 흐르도록 하였다. 또한 관과 관사이의 간격은 삽입된 볼의 유동이 원활하도록 충분한 간격을 유지하도록 하였다.

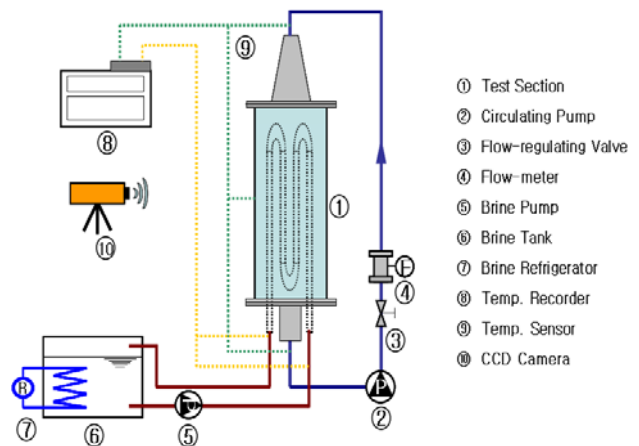


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus

2.2. 실험방법

작동유체의 순환방법은 유체의 순환방향을 역전유동물질 폴리프로필렌 볼이 충전된 시험부 상부에서 하부로 순환되도록 하였으며(이하 역전 유동층이라 함), 시험부 내로 유입되는 냉각 브라인의 온도는 -20℃로 일정하게 하였다.

유체의 유속을 실험조건에 맞게 조정된 후 냉각 브라인을 시험부에 공급하기 시작하였다. 브라인의 순환과 함께 작동유체의 온도 또한 하강하기 시작, 상변화가 일어나 온도가 일정 유지되는 시점을 실험시작 시간으로 하였다. 실험종료 시간은 실험시작 기준으로 하여 2시간으로 하여 슬러리아이스의 생성 과정을 관찰하였다.

볼을 삽입한 양과 시험부 전체 용적의 비를 충전율(Ball Filling Rate)로 정의하고, 이를 백분율(%)로 표기하였으며 충전율이 0%, 15%, 30%일 때의 경우에 대하여 평가하였다. 유속에 따른 영향을 평가하기 위하여 작동유체의 평균체적유량을 140 l/min, 180 l/min, 220 l/min (이하 입구평균유속 1.83 m/s, 2.38m/s, 2.94m/s로 표기함)로 변화시켜 평균유속에 따른 영향을 평가하였다. 또한 역전유동층 유동에 영향을 줄 수 있는 작동유체 내 공기 함유량을 실험 조건으로 하여 유체가 정지 상태일 때 실험부내에 공기 함유량을 기공률(Air Filling Rate)이라 하여 0%, 10%, 20%일 경우의 영향을 평가하였다. 표 1은 본 연구의 실험조건을 나타낸다.

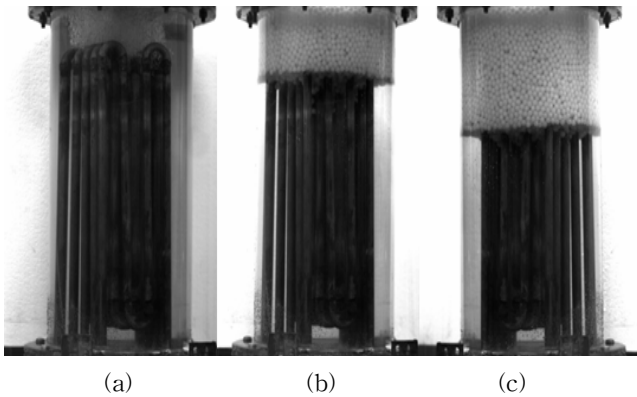


Fig. 3 Test section

Table 1 An experimental condition

Condition		Range
Volumetric Flow Rate (Mean Velocity)	[ l /min ]	140, 180, 220
	[ m/s ]	1.83, 2.38, 2.94
Ball Filling Rate	[ % ]	0, 15, 30
Air Filling Rate	[ % ]	0, 10, 20

2.3. IPF 산출 방법

슬러리아이스의 생성량을 정량화하기 위하여 작동유체 중에서 슬러리아이스 입자가 생성된 양을 Ice Packing Factor

(IPF, 단위:%)로 나타내었다.

작동유체의 전체량은 55 l이며, 초기조건인 에틸렌글리콜 20wt% 수용액 내에서 에틸렌글리콜의 함유량은 11 l이다. 실험 종료 시의 에틸렌글리콜의 농도를 측정하여 농도에 따른 부피 식을 구하고, 초기조건인 에틸렌글리콜 20wt% 수용액 일 때의 부피 식과 연립방정식을 통하여 슬러리아이스의 생성량을 산출하였다.

0.1mm~0.001mm 크기의 슬러리아이스 입자라는 점을 고려했을 때, 슬러리아이스 입자 내에는 에틸렌글리콜은 함유되지 않는 것으로 가정하였으며, 유체의 농도 측정은 브라인 농도 측정용 굴절계를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 평균유속에 따른 영향

Fig. 4-1은 기공률 0%일 경우에 있어서 평균유속이 2.94m/s, 2.38m/s, 1.83m/s로 변화할 때 슬러리아이스 생성에 미치는 영향을 나타낸다. 그래프에서 볼 수 있듯이 기공률이 0%일 경우는 유체의 속도가 폴리프로필렌볼의 유동에 많은 영향을 주지 못하여 각 볼 충전율 별로 실험 종료 후 측정된 IPF 값은 거의 일정하게 관측되었다. 전체적으로는 볼 충전율 30%의 경우는 다른 볼 충전율에 비하여 IPF 측정치가 높은 것은 시험부를 채운 폴리프로필렌 볼의 면적이 넓어 폴리프로필렌 볼이 맞닿은 냉각관에서 미세한 운동을 하여 전열 효과를 높은 것으로 보인다.

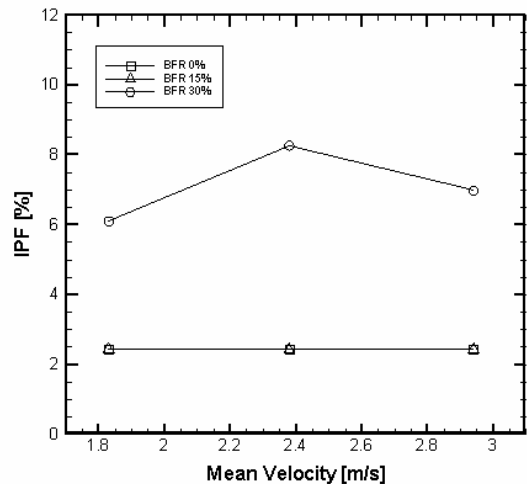


Fig. 4-1 Effect of mean velocity at AFR 0%

위와 같이 기공률 0%일 경우는 평균유속에 따른 IPF 값의 변화 없으나 10%와 20%의 경우는 기공률에 의한 공기 기포가 생겨 이상유동이 일어나 P.P 볼의 유동을 더욱 활성화시켜 역전유동층의 전열효과를 높여 IPF 값의 증가를 가져왔다. Fig. 4-2는 기공률 20%의 경우에 있어서 평균유속이 1.83m/s, 2.38m/s, 2.94m/s로 변화할 때 평균유속의 변화가 슬러리아이스

생성에 미치는 영향을 나타낸다. 불 충전율 0%일 경우, 평균 유속이 증가함에 따라 IPF 값도 증가함을 알 수 있다. 이는 유속증가가 일어나 전열표면에서의 온도 경계층을 파괴하여 냉각관과 유체 사이의 열전달효과를 높여주기 때문이다. 불 충전율 15%의 경우, 평균유속이 1.83m/s, 2.38m/s일 경우 IPF 값이 같으나 2.94m/s에서는 상승한 것을 알 수 있다. 이는 불 충전율 15%에서 2.38m/s까지는 유량증가에 따른 역전유동층의 유동상태가 전열효과 상승이나 빙부착 억제효과가 미미하나 2.94m/s로 유속이 증가할 경우 역전유동층이 전열효과를 상승시키며 빙부착 억제효과가 나타남을 알 수 있다. 불 충전율 30%일 경우는 낮은 유속 1.83m/s에서 IPF 값이 더 높은 것을 볼 수 있다. 이것은 평균유속이 1.83m/s에서 불 충전율 15%의 경우보다 평균유속의 증가에 따른 불의 유동이 더 활발하기 때문이다. 하지만 유속이 빠른 2.38m/s, 2.94m/s에서는 불 충전율 15%보다 IPF 값이 같거나 더 낮게 나오고 있는데, 이는 기공률이 20%로 인하여 불의 주요 유동 구간이 실험부 하부로 이동하게 되어, 유속 증가에 따라 역전유동층 불이 실험부 출구 부분에서 정체된다. 이 불의 정체층은 역전유동층의 유동을 방해하게 되어 IPF 값의 저하를 가져온다.

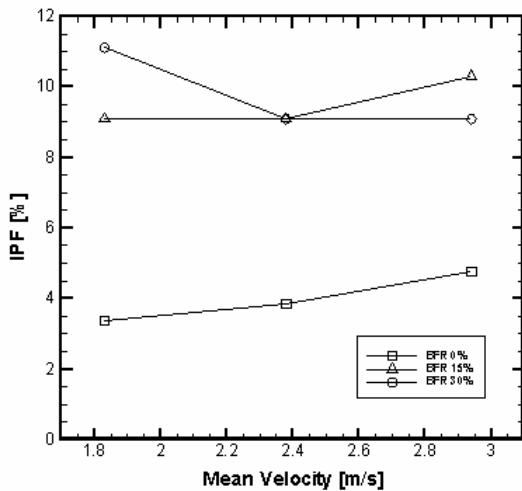


Fig. 4-2 Effect of mean velocity at AFR 20%

Fig. 4-3은 불 충전율 30%일 경우에 있어서, 평균유속이 1.83m/s, 2.38m/s, 2.94m/s로 변화할 때 평균유속의 변화가 슬러리아이스 생성에 미치는 영향을 나타낸다.

기공률 0%와 10%의 경우는 평균유량속도가 증가하면 IPF가 증가함을 알 수 있다. 이는 앞에서 설명한 바와 같이 평균 유속이 증가함에 따라 관사이의 불의 유동이 활발해져 관 표면에 얼음의 부착을 억제하는 효과와 전열효과가 커졌기 때문으로 생각된다. 기공률 20%의 경우에 평균유속이 증가하면 IPF 값이 감소하는데 이것은 높은 기공률로 인하여 역전유동층이 시험부의 하부를 중심으로 역전운동을 하여 상부 냉각관에서는 원활한 열전달이 이루어지지 않고, 또한 기공률에 비해 높은 충전율(30%)로 실험부 하단부에 불 정체층이 형성되어 역전유동층의 효율을 저하시키기 때문으로 생각된다.

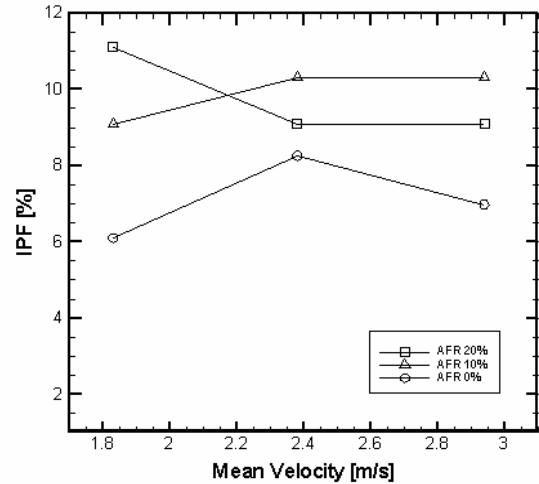


Fig. 4-3 Effect of mean velocity at BFR 30%

### 3.2 충전율에 따른 영향

Fig. 5-1은 평균유속 1.83m/s의 경우에 충전율이 슬러리아이스 생성량에 미치는 영향을 나타낸다. 불 충전율이 증가할수록 IPF 값도 증가하는 것을 알 수 있는데 이는 불의 충전율이 높을수록 폴리프로필렌 불과 냉각관 표면의 충돌량이 많아지고 P.P 불의 유동이 더욱 활발해져 빙부착을 방해하기 때문이다.

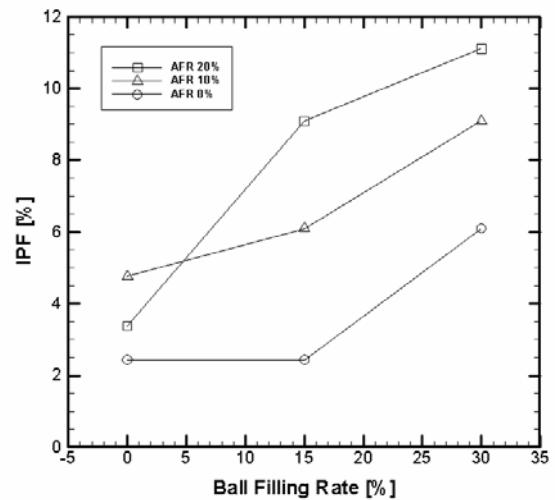


Fig. 5-1 Effect of ball filling rate at mean velocity 1.83m/s

Fig. 5-2는 기공률 20%일 경우에 충전율이 슬러리아이스 생성량에 미치는 영향을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 충전율 및 평균유속이 증가함에 따라 IPF의 값이 증가하는데, 이는 앞에서 설명한 바와 같이 유동의 증가에 따른 얼음 부착의 억제효과 때문이다.

또한, 충전율 30%의 경우에 평균유속 2.38m/s의 경우는 15%일 경우와 같은 IPF 값을 나타내고 평균유속 2.94m/s의 경우는 더 낮은 IPF 값을 나타내었는데, 이는 시험부내 평균유속이 커져 불과 불 사이에 충돌에 의한 간섭에 의하여 유동특성이 나빠지고 또한 30%일 경우는 시험부 하부에서 정체영역이 발

생하여 열전달효과가 저하되는데, 이 경우에 있어서 볼 밀도를 더 낮게 할 경우 부력의 영향으로 열전달효과의 감소폭이 적어질 수 있다.

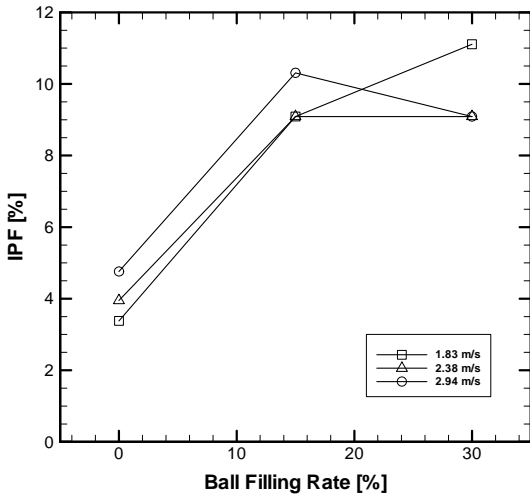


Fig. 5-2 Effect of ball filling rate at AFR 20%

### 3.3 기공률에 따른 영향

Fig. 6-1은 충전율이 15%의 경우에 기공률이 슬러리아이스 생성량에 미치는 영향을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 기공률이 높아질수록 IPF 값이 증가한다. 이는 시험부 정지 시 시험부 상부에 있던 공기층이 시험부가 동작하고 난 후 기포 형태로 시험부 내에서 크고 작은 불규칙한 크기로 불규칙한 유동을 나타내고 이로 인하여 폴리프로필렌 볼의 유동 또한 더욱 활발하게 일어나게 된다. 기포의 흐름과 폴리프로필렌 볼의 흐름이 역전유동층의 흐름을 더욱 활동적이고 불규칙적으로 만든다고 볼 수 있으면 이러한 유동은 냉각관에 생성된 빙의 부착을 방해하며 난류 현상을 만들어 정지면에서의 온도 경계층을 파괴하여 전열 효과를 더욱 높이는 것을 알 수 있다.

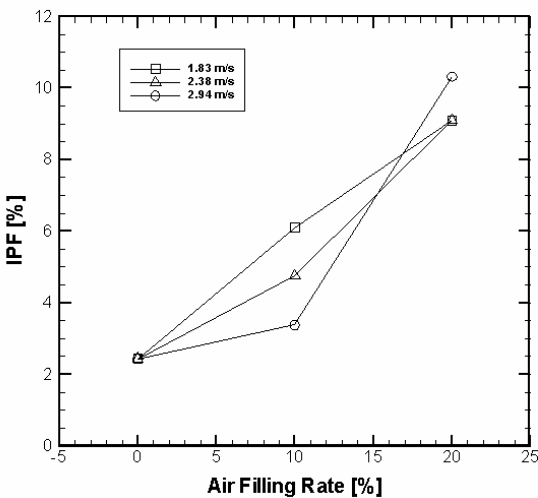


Fig. 6-1 Effect of air filling rate at BFR 15%

또한 기공률 0%의 경우에서 알 수 있듯이 기공률 0% 상태에서는 기포의 생성이 극히 미미해 - 유체가 실험부 상부의 불거름망을 지나면서 소량의 기포류가 생성되는 것이 관찰됨 - 평균유속에만 의존해 폴리프로필렌 볼의 흐름이 생겨 역전 유동층을 형성하게 되는데 이 경우 폴리프로필렌 볼의 유동이 평균유속의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다.

Fig. 6-2은 평균유속이 2.38m/s의 경우에 기공률에 따른 슬러리아이스 생성량에 미치는 영향을 나타낸다. 기공률이 0%에서 15%로 증가하는 경우는 IPF 값도 같이 상승하는 것을 알 수 있다.

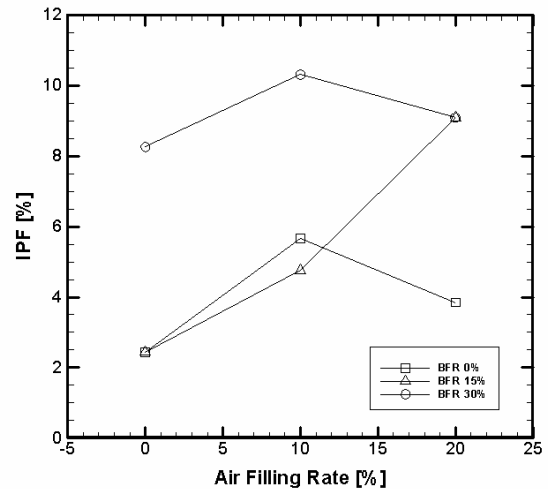


Fig. 6-2 Effect of air filling rate at mean velocity 2.38m/s

이는 기공률 15%일 경우 시험부 내부에 기포류가 생성되어 폴리프로필렌 볼의 유동에 평균유속과 함께 영향을 주어 역전 유동층의 빙부착 억제 효과 높아져 IPF 값의 상승을 가져온다. 하지만 충전율 15%의 경우를 제외한 0%와 30%의 경우는 기공률이 20%로 증가함에도 IPF 값이 다시 감소하는 것으로 나타난다. 이는 충전율 0%의 경우 기공률이 20%까지 증가하면 시험부 내 상부에 유체가 채워지지 않은 빈공간이 생겨 실제 냉각관과의 열교환 면적이 줄어들어 전열량이 작아져 IPF 값이 감소한다. 이 경우 생긴 기포류는 작동유체의 유동에 영향을 적게 주는 것을 알 수 있다(충전율 0%의 경우는 역전유동층 없음). 충전율 30%의 경우는 기공률 증가로 생긴 상부의 빈공간으로 인하여 폴리프로필렌 볼의 주요 유동 부분이 시험부 하부로 옮겨지게 된다. 이로 인하여 실험부 하부에서 폴리프로필렌 볼의 정체 구간이 생기게 되어 빙부착억제 효과가 떨어지는 것으로 사료된다.

따라서 기공률을 증가시켜 기포류를 생성하여, 역전유동층 흐름에서의 운동량을 가중시켜 IPF 상승을 기대할 수 있다. 하지만 기공률이 너무 증가할 경우, 실험부 상부의 전열면적 감소 및 시험부 하부의 볼 정체구간 증가를 가져온다. 이는 역전유동층의 빙부착 방지 효과 및 전열효과 저하를 가져오게 되어 IPF 값은 감소한다. IPF 증가를 위한 역전유동층 효과

상승을 위하여는 기공률과 충전율은 적절하게 조절되어야만 한다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 기공률과 충전율, 유속에 따른 실험적 연구를 통하여 본 실험 범위 내에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기공률 0%의 경우, 평균유속 증가에 따른 IPF 값 증가에 주는 영향은 극히 적다.
2. 기공률 10%의 경우, 평균유속의 증가함에 따라 IPF 값도 증가한다.
3. 충전율과 기공률이 증가할 경우 실험부 하부에 불이 유동하지 않는 불 정체층이 형성된다.
4. 불 정체층은 역전유동층의 유동을 저하시켜 IPF 값의 감소를 가져온다.
5. 기공률은 IPF 값 증가에 향상에 영향을 주나 일정 값 이상으로 증가할 경우 저하를 초래한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 강채동, 손권, 백종현, 홍희기 (2002) “수용액의 교반/냉각을 동반한 슬러리 얼음의 빙부착”, 설비공학논문집, pp.1071~1077
- [2] 박승상, 김영률 (2001)“빙축열시스템의 이용기술”, 대한설비공학회지(설비저널) 제30권, pp.6~15
- [3] 박창현, 홍승수, 김종률, 박승상, 황형식 (2009) “축냉시스템의 산업용 생산설비 적용에 대한 고찰, 대한설비공학회 하계학술대회 논문집, pp.1288~1293
- [4] 송현아, 성상진, 이후영 (2009) “신재생에너지를 활용한 축냉시스템 설치사례 분석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.1076~1077
- [5] 월간 플라스틱코리아 02월호 (2008)
- [6] 이동원 (2001) “아이스슬러리형 빙축열시스템과 그이용”, 대한설비공학회지(설비저널) 제30권, pp.21~26
- [7] 이동원 (2004) “아이스슬러리를 이용한 냉열수송”, 대한설비공학회지(설비저널), pp.8~14
- [8] 이봉진, 이윤표, 윤석만, 강용태 (2004) “냉수 및 아이스슬러리 직접수송 지역냉방 시스템의 경제성 평가”, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, pp.27~32
- [9] 이윤표 (2004) “지역냉방용 아이스슬러리 시스템의 특성”, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp.1223~1228

- [10] 임효목, 표수환 (2004) “스크래퍼형 아이스슬러리 제빙기”, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, pp.461~468
- [11] 한국전력공사 (2010) “www.kepco.co.kr”

---

원고접수일 : 2011년 4월 19일  
 심사완료일 : 2011년 6월 14일  
 원고채택일 : 2011년 6월 20일