

신기술소개

비등 증발열전달 촉진기술

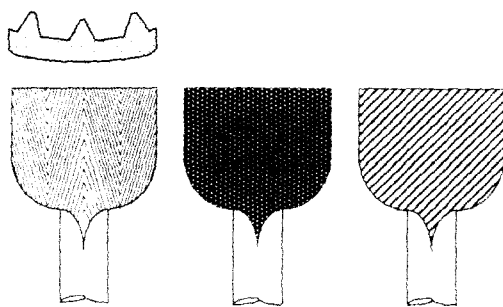
· 출처: Refrigeration, Sep., 2000
 · S. Yoshida / Kyushu University
 (Japan society of refrigeration and air conditioning engineers)

윤 정 인

에어컨 등의 증발기 열전달촉진관으로 외경 4~16mm의 동관 내면에 깊이 0.1~0.25mm, 나선각 10~30도, 흡수 50~70 형상의 미세한 나선상 흡을 가공한 나선흡관(그림 1의 (a)참조)이 널리 이용되고 있다. 이 밖에, 그림 1의 (b)와 같이 역방향에도 동일한 나선흡을 가공한 크로스흡관이나 같은 그림 1(c)와 같이 대칭의 미세흡을 편성한 형태의 헤링본관 등이 있다.

열전달촉진관의 열전달

이 절에서는 드라이아웃이 생기기 전 영역에서의 열전달촉진관내 열전달에 관하여 논한다.



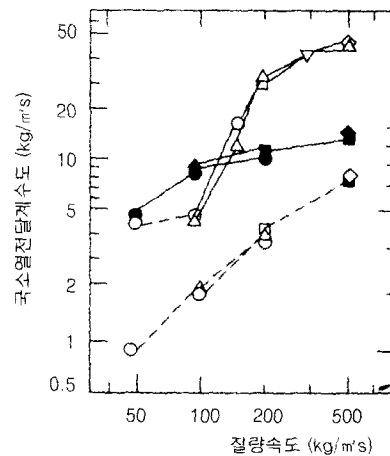
(a)나선흡관 (b)크로스흡관 (c)헤링본관

<그림 1> 열전달촉진관

■ 단일 냉매의 열전달

나선흡관은 평활관에 비하여 큰 열전달 증대를 얻을 수 있는 반면 압력손실 증대는 비교적 작다는 점 때문에 종래부터 자주 이용되어 왔다. 그림 2에 나타난 것과 같이 평활관에 대한 나선흡관의 열전달 촉진은 특히 저유량에 있어서 현저하고, 유량이 커질수록 저하한다.

그림 3은 저유량에 있어서 나선흡관내의 액체 분포와 거동 스케치이다. 저유량의 경우 평활관내에서는 기액이 상하로 분리된 흐름이 되어 관정점

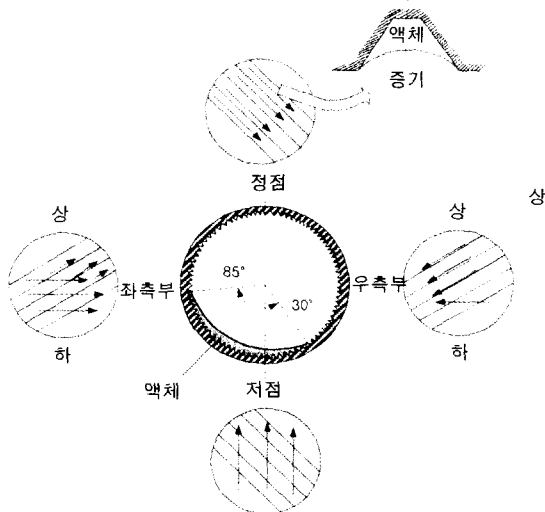


<그림 2> HCFC22의 국소열전달계수

윤 정 인 | 부경대학교 기계공학부 (yoonji@dolphin.pknu.ac.kr)

부의 열전달이 상당히 나쁜데 반해 나선흡관에서는 기액계면에 증기류의 전단력과 나선의 모관작용에 따라 관밀부분의 액체 일부가 흡관을 상승하여 흡관에서 얇은 액막을 형성하여 열전달이 대폭 개선된다고 생각할 수 있다. 관내면상에 환상액막이 형성되는 고유량에서는 흡의 산부분(fin)은 완전히 액막으로 덮혀, 열전달촉진은 주로 열전달면 적중대의 효과에 따른다고 생각할 수 있다.

헤링본관에 관한 열전달계수는 그림 2에 나타난 바와 같이 저유량에서는 나선흡관보다 작으며, 고유량에서는 현저하게 크다. 저유량에서는 앞에서 설명한 바와 같이 액체의 흡내상승과 액막의 형성이 나선흡관의 경우에 비하여 충분하지 않지만, 고유량에서는 증기류의 전단력에 의해 그림 4에서와 같은 액체의 분포가 되어, 관 측면에서 액막이 최대한 얇게 되기 때문에 나선흡관에서 보다도 열전달이 좋아진다고 추측할 수 있다. 그리고 헤링본관에 관한 압력손실은 나선흡관과 비교하면 저유량에서는 거의 같지만, 유량의 증가에 따라 그 차가 커져 질량속도 $500\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 에서는 약 1.5배가 된다.

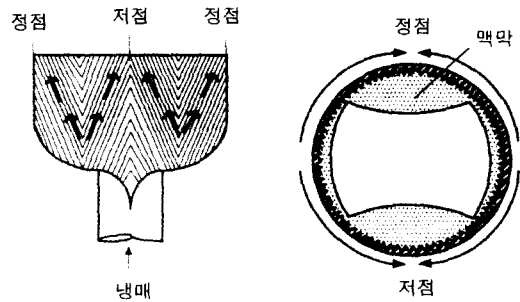


〈그림 3〉 나선흡관내의 액체분포

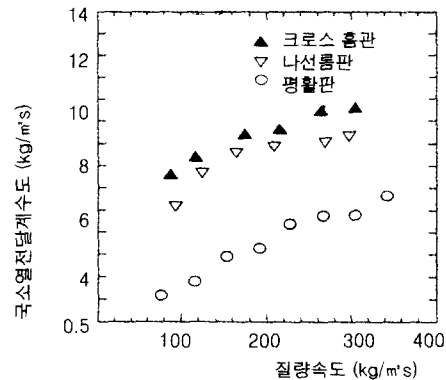
크로스흡관에 관한 열전달계수는 그림 5에서와 같이 나선흡관보다 크다. 이것은 얇은 액막부분의 중대 혹은 흡내액막류의 난류중대 등에 의한 것이라 추측된다. 단, 나선흡관과 비교하면 열전달 중대와 거의 같은 정도로 압력손실도 증대된다.

■ **혼합냉매의 열전달**

HCFC22의 대체냉매인 3성분 비공비 혼합냉매 R407C(HFC32/HFC125/HFC134a, 23/25/52 질량%)와 HCFC22의 국소열전달계수 예를 그림 6에 나타내었다. 평활관에 관한 비공비 혼합냉매 열전달은 핵비등이 어느 정도 기여하고 있다고 생각되는 저유량의 경우에 단일성분냉매보다 나쁘지만, 핵비등의 기여가 없고 액막의 강제대류가 지배적



〈그림 4〉 헤링본관내의 액체분포



〈그림 5〉 HCFC22의 평균열전달계수

이라 생각되는 고유량에서는 단일성분 냉매와 거의 같다.

그림 6으로부터 비공비혼합냉매인 경우에도 나선흡관 및 헤링본관에서 충분히 큰 열전달촉진이 달성된다는 것을 알 수 있다. 단, 나선흡관에 있어서는 고유량에서 단일성분냉매 HCFC22와 거의 같은 열전달계수이지만 저유량에서 단일성분냉매보다 낮은 열전달계수이다. 이것은 핵비등의 영향이라기 보다 오히려 액막이 얇은 선단부분에서 고비점성분의 농도가 높게 되는 물질확산저항의 영향이라고 생각된다.

헤링본관에서는 고유량에서 단일성분냉매보다 작은 열전달계수가 되지만, 이것은 관측면상의 얇은 액막에서 고비점성분의 농도가 높게 되기 때문이라 추측된다. 단, 나선흡관과 헤링본관에서의 평균열전달계수에 관하여는 그림 6과 같은 결과가 다른 연구결과에서도 보고되어 있다.

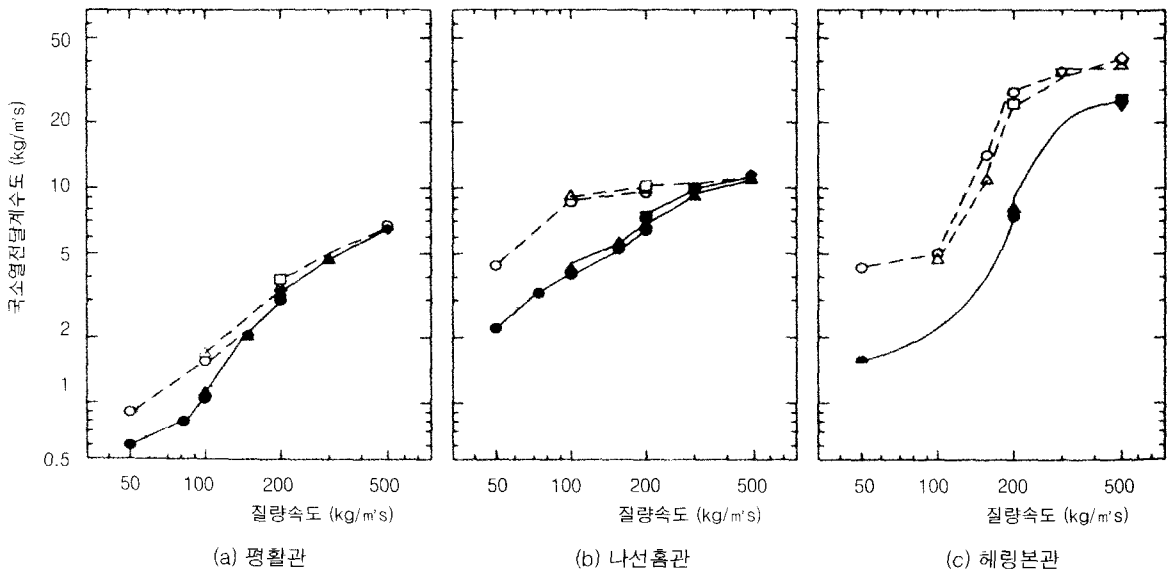
크로스흡관과 나선흡관에서의 R407C의 국소열전달계수의 예를 그림 7에 나타내었다. 단, R407C

의 크로스흡관에서의 평균열전달계수(포스트드라이아웃역도 포함한 평균치)는 나선흡관보다도 약간 낮다는 보고도 있다.

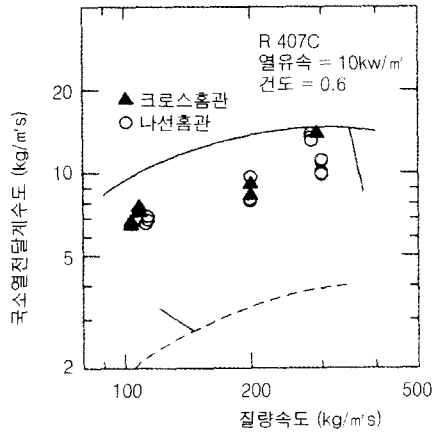
HCFC22의 또 하나의 대체냉매인 R410A(HF-C32/HFC125, 50/50질량%)의 경우는 단일성분냉매와 같은 열전달 특성을 나타낸다. 단, HCFC22에 비해 R410A의 증기 밀도와 액체의 비열은 크고, 액체의 점도는 작기 때문에 분리류에서 환상류로 천이하는 것이 늦어지고, 액막의 열전달이 그만큼 좋아져 나선흡관에서 열전달이 좋아지는 것 등의 차이는 있다.

드라이아웃과 포스트드라이아웃 열전달

증발관에 있어서 관내면을 흐르는 액막이 소실 혹은 파단하는 소위 드라이아웃이 생기면 열전달이 급격히 악화된다. 드라이아웃은 관 상부에서 관 하부를 향해 진행되고, 게다가 이 드라이아웃점은 관



〈그림 6〉 평활관, 나선흡관 및 헤링본관에 대한 국소열전달계수(R407C)

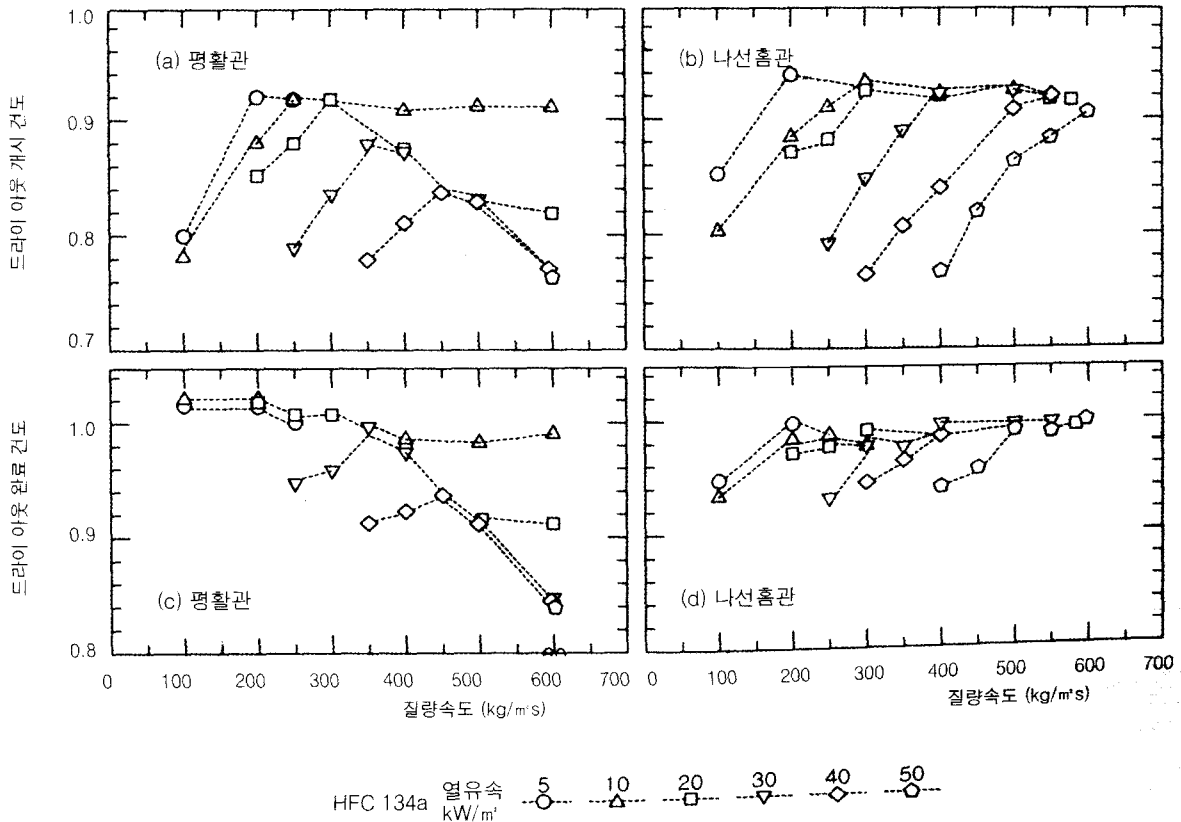


〈그림 7〉 크로스홀관과 나선홀관에 대한 국소열전달 계수(R407C)

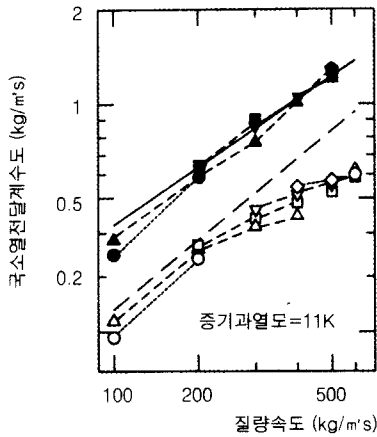
축방향으로 변동하기 때문에 관주 평균 열전달계수는 어떤 건도 범위에 걸쳐 차차 저하한다. 여기에서는 관주 평균열전달계수가 저하하기 시작하는 점 및 저하가 끝나는 점의 건도를 각각 드라이아웃 개시 건도 및 드라이아웃 하기 시작하는 점을 완료 건도라 한다.

그림 8은 평활관과 나선홀관에서의 드라이아웃 개시 건도와 드라이아웃 완료 건도의 예이다. 나선홀관에서의 이것들의 드라이아웃 건도는 저유량의 경우를 제외하면 평활관에서의 값보다 크고, 그 차는 특히 고유량에서 고열유속의 경우에 현저하다.

나선홀관에서는 고유량의 경우에 흡에 의해 액막 교란이 억제되고, 액적량이 평활관의 경우보다



〈그림 8〉 HFC 134a의 드라이아웃 성능



〈그림 9〉 HFC 134a의 포스트드라이아웃영역의 국소열전달계수

도 작은 것이 그 이유라 추측된다.

그림 9는 포스트드라이아웃 부분에서 증기과열도가 11K일 때의 국소열전달계수를 나타낸 것이다. 그림의 굵은 파선과 굵은 실선은 관내 단상난류열전달 정리식으로부터 산출한 증기단상류의 열전달계수이다. 평활관에서 유량이 클수록 포스

트드라이아웃 영역의 열전달계수는 증기단상류의 열전달계수보다도 작게 된다. 이것은 증기류 중에 다수의 액적이 동반되어 흐르기 때문이다. 이것보다 하류로 나아감에 따라 액적이 증발하여 소멸되면 증기단상류의 열전달계수와 같게 된다. 한편, 많은 경우 드라이아웃이 거의 1이 되는 나선형관에서 열전달계수의 양자의 차는 거의 없다. 이것은 나선형관에서는 드라이아웃 전에 증기류에 동반되는 액적이 거의 존재하지 않고, 액체의 거의 전부가 액막으로 흘러 이것이 완전히 증발하여 드라이아웃이 완료되었기 때문이라 생각할 수 있다.

맺음말

세종류의 열전달촉진관에 대한 열전달특성과 열전달촉진 메카니즘에 대하여 서술했다. 정확히는 내면이 가공된 홈의 치수에 따라 열전달은 다르지만, 여기서는 지면 제한상 각각 관의 대표적인 예만 기술하였다. 또한, 열전달촉진관에 대한 국소열전달계수의 정리식이 어느 정도 제안되어 있지만, 확신을 갖고 추천할 수 있는 넓은 적용범위의 식은 아직 없는 것 같다.