

# 삼중 혼합 냉매 R407C의 핵비등 열전달 특성에 관한 실험적 연구

## An experimental study on nucleate boiling of ternary refrigerant R407C

김 성 훈\*, 곽 경 민\*, 배 철 호\*\*, 정 모\*\*  
S. H. Kim, K. M. Kwak, C. H. Bai, M. Chung

**Key words :** Ternary refrigerant R407C(삼중혼합냉매 R407C), Nucleate boiling heat transfer(핵비등 열전달), R-32, R-125, R-134a

### Abstract

The nucleate boiling heat transfer experiments are performed using a ternary refrigerant R407C which is a candidate of alternatives of HCFC 22. The boiling phenomena for R-32, R-125, and R-134a which are the constituent refrigerants of R407C are also investigated to give the foundation of theoretical research for the mixture component boiling. The nucleate boiling heat transfer coefficients of R407C is less than those of HCFC 22 which has the similar physical and transport properties. Since the experimental results show the deterioration of boiling heat transfer coefficients of ternary mixture refrigerants R407C, the boiling heat transfer coefficients of R407C cannot be obtained by the linear combination of boiling heat transfer coefficients from its constituent components R-32, R125, and R134a.

### 1. 서 론

기존의 냉동 공조 산업에서 사용된 순수 냉매는 몬트리얼 의정서 채택에 따라 대기 중의 오존 층을 파괴하지 않는 대체 냉매로 바뀌어져야 하고, 많은 경우 이들 대체 냉매는 단일 성분의 순수 냉매가 아닌 여러 가지 냉매를 섞어 사용하는 혼합 냉매이다. 냉동 공조 시스템에서의 R407C의 적용은 HCFC-22의 대체를 위한 중요한 연구 분야이다. 현재 가정용 공기조화기 시스템에 사용되어지고 있는 탄화수소계 냉매 HCFC 22를 대체하기 위하여 삼중

혼합 냉매 R407C(R32/R125/R134 a의 혼합 질량 비율 23/25/52)의 적용에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 공기조화용 증기 압축 시스템에서 비공비 혼합 냉매를 사용하는 주된 이유는 압축기 구동을 위한 일의 감소와 응축기 및 증발기 열교환기에서 이론적인 비가역성의 감소를 들 수 있다. 현재 R407C를 공기조화기 시스템에 적용하기 위하여 많은 연구를 수행하고 있으나 대부분의 연구가 압축기 성능 특성, R407C내에서 윤활유의 용해 및 열 교환기에서의 열전달 계수 및 압력 강하 측정에 집중되어 있는 실정이다.

공기조화기 시스템에서 응축기 및 증발기를 통과하는 작동 유체는 상 변화를 수반하는 이상 유동(two phase flow)이므로 설계에 필요한 열전달 계

\* 영남대학교 대학원 기계공학과  
\*\* 정회원, 영남대학교 기계공학과

수 및 압력 강하를 이론으로부터 구하는 것은 거의 불가능하고, 일반적으로 실험에 의한 경험식을 사용하고 있다. 특히 증발 열전달 계수는 시스템 압력, 작동 유량 및 건도에 의존할 뿐만 아니라 가해지는 열 유속에도 영향을 받는 것으로 알려져 있어 아주 복잡한 양상을 나타내고 있으며 경험식은 일반적으로 비등 열전달과 증발 열전달의 두 부분으로 이루어져 있다.<sup>(1~2)</sup> 증발 열전달 계수에 대한 경험식은 실험을 통하여 증발 열전달 계수를 측정하고 이들을 무차원수를 이용하여 실험식을 개발하게 되는데, 이를 위하여서는 작동 유체의 비등 열전달계수가 필요하다. 현재까지 단일 성분의 액체에 대하여서는 많은 경험식이 개발되어 있으나<sup>(3~7)</sup> 각각의 경험식 사이에서도 많은 차이를 보이고 있으며, 혼합 물질의 경우 단순히 단일 성분 물질의 선형적 혼합에 의한 특성과는 전혀 다른 양상을 보이기 때문에<sup>(8~9)</sup> 단일 성분 물질에 대하여 개발된 비등 열전달계수 식을 혼합 물질에 적용할 수는 없다. 이중 혼합 물질의 경우에도 비교적 많은 연구가 있었으나<sup>(10~11)</sup> 삼중 혼합 물질의 경우 그 현상의 복잡성과 최근에 대체 냉매로 삼중 혼합 냉매가 사용되기 시작했다는 등의 이유로 인하여 삼중 혼합물에 대한 비등 현상 연구가 거의 이루어지지 못하였다. 특히 새로 개발된 대체 혼합 냉매의 경우 연구가 거의 진행되어있지 않으며, 최근에 Yoshida 등<sup>(12)</sup>이 이상과열도를 이용하여 혼합물의 물성치 및 증발열전달계수 예측을 위한 연구가 있었으나 혼합물을 이루는 단일 물질의 비등열전달계수를 실험값이 아닌 기존의 경험식으로부터 구한 값을 사용하였다. HCFC-22의 대체 냉매 후보중의 하나인 삼중 혼합 냉매 R407C의 비등 현상은 순수 냉매와는 현저하게 다르며, 혼합 물질의 경우 유사한 물성치를 가지는 순수 물질과 비교하여 비등 열전달계수가 낮은 것으로 알려져 있다.

본 연구의 목적은 HCFC-22의 대체 냉매인 삼중 혼합 냉매 R407C에 대한 비등 실험을 수행하여 핵비등 영역에서의 열전달계수를 측정하고, 삼중 혼합 냉매의 구성 요소인 R-32, R-125, R-134a 각각에 대하여 비등 실험을 수행하여 삼중 혼합 냉매에 대한 이론적 연구의 기초를 마련하여 궁극적으로 삼중 혼합 냉매 R407C의 비등 열전달

계수 경험식을 개발하여 공기조화 냉동 시스템의 증발기 설계(증발 열전달계수 경험식 개발)에 사용할 수 있도록 한다.

## 2. 실험 장치 및 실험 방법

삼중 혼합 냉매 R407C 및 구성 요소인 단일 냉매 R-32, R-125, R-134a를 사용하여 일정한 압력 하에서 비등 실험을 수행하기 위하여 실험 장치를 제작하였다. 실험 장치는 고압에서 냉매를 담고 있는 실험 용기, 가해진 열유속에 의하여 비등이 일어나는 비등 표면, 데이터의 측정/처리부 및 냉매의 냉각 등에 필요한 저온용 냉동기로 구성된다. Fig.1에 실험 장치의 개략도를 나타내었다.

실험 용기는 150×150×300mm 크기의 직육면체로 제작되었고 실험 중의 압력이 최대 10 기압 정도까지 가해지므로 압력에 견디기 위하여 두께 15mm의 stainless steel(SUS 304)로 제작하였으며 실험 용기의 앞면에 두께 13mm의 강화 유리를 부착하여 열원에서 발생된 비등 현상을 관찰할 수 있도록 하였다. 실험 용기의 상부에 응축 열 교환기를 설치하여 냉동기로부터 저온의 냉각수를 순환시켜 실험 중에 비등된 냉매를 응축시키고, 용기 3면의 외벽에 냉각수를 순환시켜 용기 내의 냉매를 포

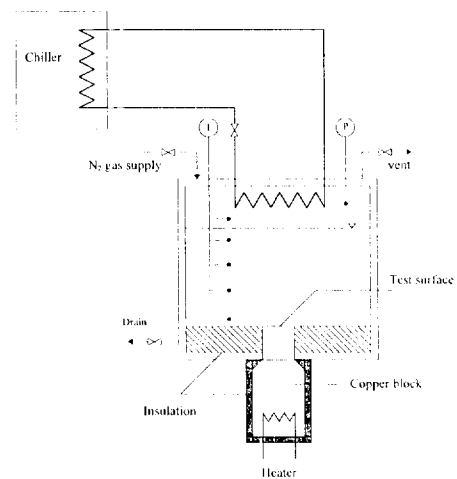


Fig.1 Schematic diagram of the experimental apparatus

화 상태로 유지하였다. 실험 용기의 상부에 시스템 압력을 측정하기 위하여 pressure transducer를 설치하였고 용기 내의 기상 및 액상의 냉매 온도를 측정하기 위하여 4개의 T형 열전대를 설치하였다. 비등 표면은 직경 50mm의 평면형으로서 실험 용기 하부에 설치되며 가열 면의 온도가 균일하게 유지될 수 있도록 동봉을 이용하여 제작하였다. 동봉 하부의 내부에 4개의 cartridge heater(각각 500W)를 설치하여 동봉을 균일하게 가열할 수 있도록 하였고 동봉 내부에 16개의 T형 열전대를 설치하여 동봉의 온도를 측정하였다.

Fig.2는 동봉에 설치된 열전대의 위치를 나타내고 있으며 동봉 표면 바로 밑 1mm에 7개의 열전대를 집중적으로 배치하여 동봉 표면에서의 1차원 온도 분포를 확인할 수 있도록 하였다. cartridge heater를 통하여 가해진 열량은 실험 용기 및 주위로 일부 전달되고(열손실) 대부분의 열은 동봉을 따라 비등 열전달 표면으로 전달되는데, 비등 열전달 표면에 전달된 열유속은 동봉 내에 수직 방향으로 설치된 열전대의 온도를 측정하여 1차원 열전도식으로부터 구하였다.<sup>(13)</sup> 실험을 수행하는 동안 실험 장치의 에너지 평형을 점검하기 위하여 cartridge heater에 가해진 열량, 실험 용기를 순환한 냉각수의 취득 열량 및 비등 열전달 표면에 전달된 열량(계산된 열량)을 서로 비교하였다. 계산으로부터 구한 비등 열전달 표면의 열량은 cartridge

heater에 가해진 열량보다 높은 열유속에서 최대 8% 정도 적었으며, 순환 냉각수가 취득한 열량은 cartridge heater에 가해진 열량보다 최대 2% 정도 많았다. 즉 동봉 주위에서 약 8% 정도의 열손실이 있는데 이 중 일부는 실험 장치 용기 등을 따라 순환 냉각수에 전해지고 일부는 외부로 유출된다. 순환 냉각수는 대부분의 열량을 비등 물질을 응축시키면서 취득하지만 냉각수의 온도가 상당히 낮기 때문에 실험 장치 주위로부터 약간의 열량을 얻는 것으로 생각된다. T형 열전대를 이용한 온도를 측정하기 위하여 100 channel용 fluke 2285B data-logger를 사용하였으며 전력 측정은 HIOKI사의 digital power meter 3191을 사용하였고, 측정된 온도, 전력, 압력 등은 GPIB-Board를 이용, PC에 접속하여 데이터의 수집 및 처리하였다. 비등된 냉매의 응축과 냉매를 포화 상태로 유지시키기 위하여 용량 3.9kW, 최저 온도 -20°C의 저온용 냉동기를 사용하였다.

실험의 압력 범위는 가정용 공기조화 냉동 시스템의 실제 증발기 압력과 유사하게 하였으며, 용기 내의 압력은 저온용 냉동기의 온도 조절기를 이용하여 조절하였다. 다음은 실험 방법을 나타낸다.

- 1) 실험 용기를 진공으로 만든 상태에서 실험하고자 하는 냉매를 주입한다. 주입된 냉매는 용기 하부의 비등 표면으로부터 150mm 이상이 되도록 한다.
- 2) 냉동기의 온도 조절 장치를 이용하여 실험하고자 하는 압력 범위에서 용기 내의 냉매를 포화 상태로 유지시킨다.
- 3) 전압 조절기를 이용하여 cartridge heater에 가해지는 전력을 맞춘다.
- 4) 동봉의 온도와 용기 내의 냉매 온도로부터 정상 상태를 확인하고 데이터를 측정한다.
- 5) cartridge heater의 전력을 증가시키면서 실험을 수행한다.
- 6) 시스템 압력을 변화시키고 위의 실험을 반복한다.

위의 실험으로부터 비등 표면에 가해진 열유속을 계산하고 측정된 냉매의 온도로부터 비등 열전달 계수  $h$ 를 계산한다.

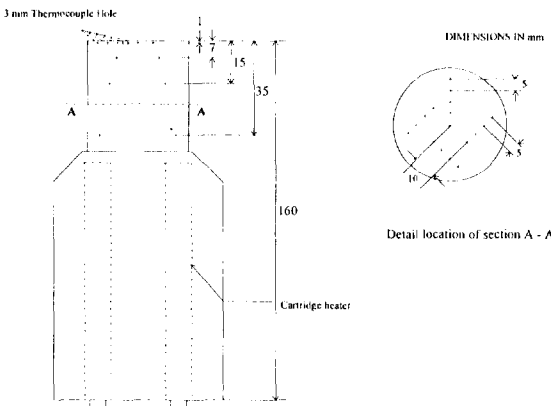


Fig.2 Detail of heating block and the location of thermocouples

$$h = \frac{q}{T_w - T_s} \quad (1)$$

여기서  $q$ 는 비등 표면에서의 열유속이고  $T_w$ 과  $T_s$ 는 각각 비등 표면 및 냉매의 온도이다.

### 3. 결과 및 토의

비등 표면에 가해진 열유속은 동봉 내의 온도 분포를 1차원으로 가정하고 비등 표면에서의 온도를 동봉 내부의 온도로부터 외삽하여 구한 후 1차원 전도 열전달식을 이용하여 계산하였다. 동봉 내부의 동일한 높이에서 측정된 온도로부터 평균 온도를 계산하여 동봉 내부의 온도 분포를 구하였는데, 비등 표면 1mm 아래의 온도 편차는 열유속이 클 때 최대 0.3°C이었고, 다른 높이에서의 온도 편차는 최대 0.7°C이었다. 동봉 내부의 온도 분포는 평균 온도를 이용한 3차원 식으로 나타내었고 가열 표면에서의 열유속은 1차원 전도 열전달 식을 이용하여 구하였는데 가열 표면에서의 열유속 오차는 대부분 동봉내부 온도 분포의 편차에 기인하였으며, 본 실험에서 열유속에 대한 오차는 열유속이 클 때 최대 11%이고 열유속이 감소함에 따라 온도 편차가 줄어들어 오차도 약간 감소하였다. 식 (1)을 이용하여 구한 비등 열전달계수의 오차는 온도 측정 및 열유속 오차에 기인하며 주로 열유속이 실험 오차에 영향을 미치고 실험 오차는 최대 12%이다. 실험으로부터 구한 비등 열전달계수를 이용하여 비등 열전달계수 예측을 위한 실험식을 만들었으며, 본 연구의 실험 범위에서 실험값과 개발된 실험식의 오차는 R-32의 경우 최대 18%이고 다른 냉매의 경우 10% 이하이다.

실험은 먼저 단일 냉매 HCFC-22에 대하여 실시하였다. HCFC-22의 경우, 풀비등 열전달의 경험식의 결과와 실험 결과를 상호 비교함으로써 본 연구에서 사용된 실험 장치를 검증할 수가 있다. Fig.3은 시스템 압력 0.53MPa에서의 핵 비등 실험 결과이다. 평면 열원의 핵 비등 열전달계수를 예측하는 경험식중 비교적 많이 사용되고 있는 zuber<sup>(3)</sup>, rohsehow<sup>(4)</sup>, mostinskii<sup>(5)</sup>, bier<sup>(6)</sup>, cooper<sup>(7)</sup>의 열전달계수를 함께 나타내었다. 일반적인

로 이들 경험식은 동일한 비등 물질에 대하여 같은 정도의 과열도에서 가열 표면의 상태 등에 따라 상당히 다른 비등 열전달계수를 예측하기 때문에 경험식을 이용하여 비등 열전달계수를 예측할 때 가열 표면의 형태, 가열 표면의 비율 등에 주의를 기울여야 하며, 본 연구에서와 같이 매끈한 가열 표면에 대하여서도 그림에서 보는 바와 같이 기존의

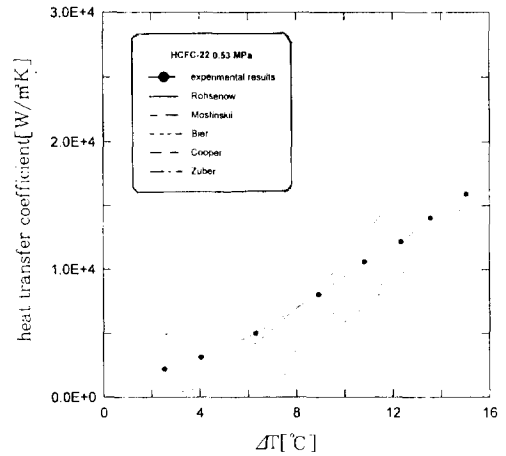


Fig.3 Nucleate boiling heat transfer coefficients for HCFC 22 under system pressure of 0.53MPa

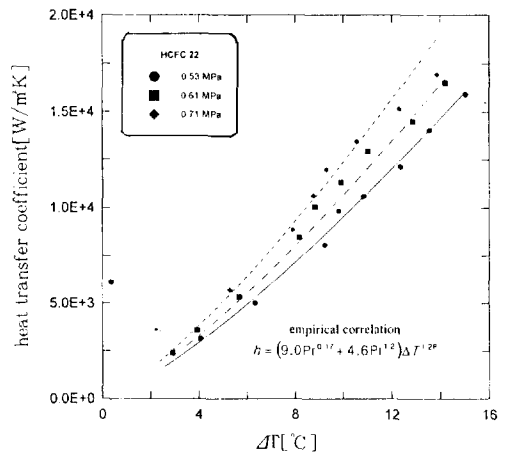


Fig.4 Nucleate boiling heat transfer coefficient & empirical correlation of HCF-22 for the various system pressure

비등 열전달 경험식은 서로 상당히 다른 값을 나타내고 있으며 본 연구의 결과는 다른 경험식들의 사이에 존재하며 rohsenow와 mostinskii의 값과 유사한 경향을 나타내고 있다.

Fig.3에서 보듯이 단일 냉매에 대해서도 기존의 특정 경험식을 사용할 수 없기 때문에 삼중 혼합 냉매 R407C의 경우 이를 구성하고 있는 각각의 단일 냉매에 대한 비등 열전달계수를 직접 실험을 통하여 측정해야 하는 것이 필요하고, 얻어진 결과를 이용하여 혼합 냉매의 비등 열전달계수 예측을 위한 이론적 모델을 개발하여야 한다.

Fig.4에 시스템 압력 변화에 대한 HCFC-22의 비등 열전달계수와 본 실험을 통하여 얻어진 실험식을 함께 나타내었다. 핵비등 열전달계수의 값은 4,000~20,000W/m<sup>2</sup>K 정도의 값을 나타내고 있고 시스템 압력이 증가하면서 초기 핵비등에 필요한 과열도가 줄어들어 비등 열전달계수가 증가되는 경향을 잘 보여주고 있다. 실험의 결과가 mostinskii의 경험식과 유사한 경향을 나타내고 있는데, mostinskii의 경험식은 비등 열전달계수의 압력에 대한 영향을 reduced pressure Pr(시스템 압력을 임계 압력으로 나눈 값)를 이용한 보정항을 사용하여 잘 나타내고 있으므로 비등 열전달계수 실험식 개발에 mostinskii 형태의 식을 이용하였다. 식 (2)에 mostinskii의 경험식을 나타내었으며, 경험식은 비등 표면과 유체의 온도차에 의한 항( $\Delta T^{0.7/0.3}$ )과 각 유체의 시스템 압력에 따른 물성치 변화를 고려하는 보정항( $A^{*1/0.3}F(Pr)^{1/0.3}$ )의 두 부분으로 이루어져 있다. 본 연구에서는  $A^*F(P_r)$  (reduced pressure function)항의 계수를 적절히 조정하여 실험식을 얻었다.

$$h_{Mostinskii} = A^{*1/0.3} F(Pr)^{1/0.3} \Delta T^{0.7/0.3} \quad (2)$$

일반적으로 풀 비등 열전달의 핵비등 영역에서 비등 열전달계수는  $\Delta T^2$ 에 비례한다고 알려져 있으나<sup>(14)</sup> 본 실험의  $h$ 와  $\Delta T$ 의 관계는 linear(선형)과 second order(이차)의 사이를 나타내고 있다. 풀 비등 열전달 영역 중에서 본 실험은 발달된 핵비등 영역에 존재하기 때문에 비등의 초기 현상이나 임계 열유속은 나타나지 않고 있다.

Fig.5는 R-134a의 시스템 압력 변화에 대한 비등 열전달계수를 과열도에 대하여 나타낸 실험 결과와 실험식을 함께 나타낸 그림이다. R-134a는 R-12의 대체 냉매로서 사용되고 있으며 압력이 증가함에 따라 비등에 필요한 과열도가 줄어들어 비등 열전달계수가 증가하는 경향을 보이고 있으며 기존의 관계식의 값들에 비하여 실험값이 크게 나타나고 있다(그림으로 표시하지 않음). 실험식은

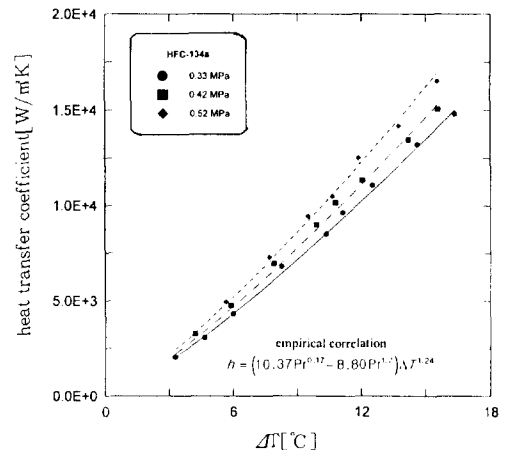


Fig.5 Nucleate boiling heat transfer coefficient & empirical correlation of R-H134a for the various system pressure

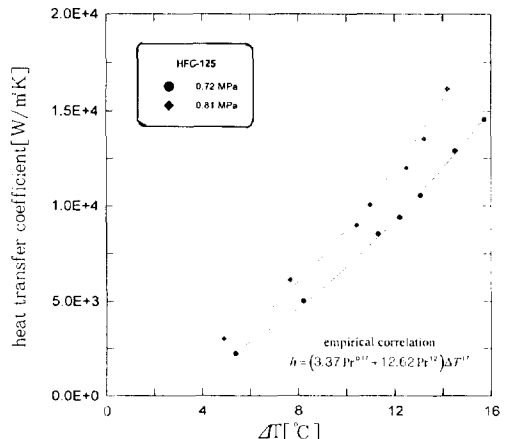


Fig.6 Nucleate boiling heat transfer coefficient & empirical correlation of R-H125 for the various system pressure

HCFC-22와 마찬가지로 mostinskii의 식을 변형하여 개발하였다.

Fig.6은 R-125의 압력 변화에 대한 비등 열전달계수와 실험식을 나타내고 있다. 초기 비등 영역에서 비교적 큰 값을 나타내고 있다. R125는 냉매의 특성상 0.5MPa에서 약 -9°C의 낮은 포화 온도를 가지고 있기 때문에 실험은 실제 증발기의 압력 범위보다 높은 0.7~0.8MPa에서 이루어 졌다. 압력이 증가함에 따라 열전달계수가 증가함을 나타

내고 있고  $h$ 와  $\Delta T$ 는 linear(선형)와 second order(이차) 사이를 보인다.

Fig.7은 압력 변화에 대한 비등 열전달계수와 실험식을 R-32에 대하여 나타내고 있다. R-32 역시 상당히 낮은 포화온도를 가지고 있기 때문에 실험은 실제 증발기의 운전 압력보다 약간 높은 압력에서 하였다. 기존의 경험식 중 mostinskii와 bier식의 경향과 유사함을 나타내고 있다(그림으로 표시하지 않음). 실험식의 경향은 일반적으로 알려진 second order(이차)와 유사하며, mostinskii식을 변형하여 실험식을 개발하였다.

Fig.8은 삼중 혼합 냉매 R407C의 시스템 압력 변화에 대한 비등 열전달계수를 과열도에 대하여 나타내었으며 실험식을 함께 나타내었다. R407C의 물성치는 HCFC-22와 유사하기 때문에 HCFC-22의 대체냉매로 지목되고 있으나 유사한 조건에서 R407C의 비등 열전달계수가 HCFC-22보다 낮게 나타나고 있다. 압력이 증가함에 따라 단일 냉매와 마찬가지로 열전달계수가 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 다른 단일 냉매와는 달리 벽면의 과열도가 커짐에 따라 시스템 압력의 영향이 없어지고 있다. 단일 냉매의 경우 비등 열전달계수가 벽면 과열도의 지수 함수로 증가하고 지수값은 시스템 압력과 상관없이 냉매 별로 일정한 값을 가지며, 핵 비등 영역에서 과열도가 증가하면서 시스템 압력의 영향이 더욱 현저하게 나타나지만 삼중 혼합 냉매 R407C의 경우 비등 열전달계수가 전체적으로 벽면 과열도의 좌승에 비례하여 증가하지만 과열도가 커짐에 따라 압력에 상관없이 비등 열전달계수가 점근적으로 접근하고 있다. 본 연구의 실험 범위에서 R407C의 비등 열전달계수 실험식 식 (3)에 나타내었다.

$$h = A(\text{Pr})\Delta T^2 + B(\text{Pr})\Delta T + C(\text{Pr}) \quad (3)$$

여기서 시스템 압력의 영향을 나타내는 계수  $A(\text{Pr})$ ,  $B(\text{Pr})$ ,  $C(\text{Pr})$ 는 시스템 압력을 R407C의 임계 압력으로 나눈 reduced pressure  $\text{Pr}$ 의 함수로서 다음과 같다.

$$A(\text{Pr}) = -5105.71\text{Pr}^2 + 1932.44\text{Pr} - 142.654$$

$$B(\text{Pr}) = 130410\text{Pr}^2 - 53356.1\text{Pr} + 5610.2 \quad (4)$$

Fig.7 Nucleate boiling heat transfer coefficient & empirical correlation of R-32 for the various system pressure

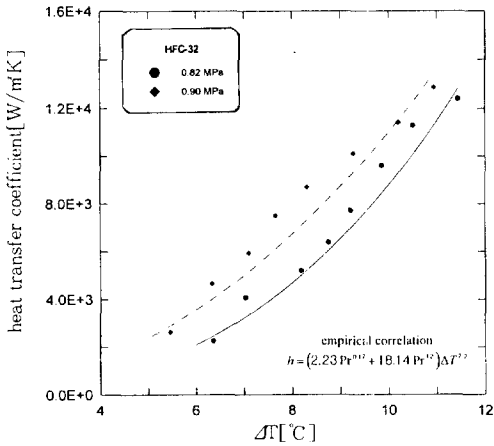
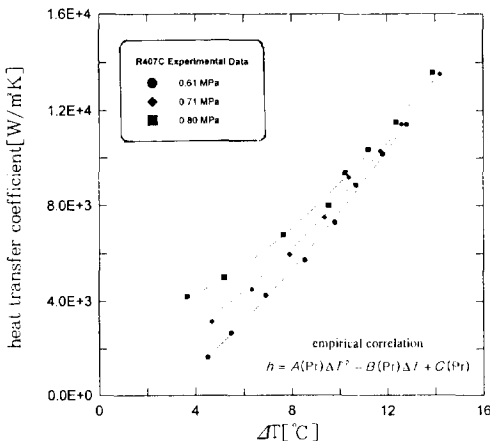


Fig.8 Nucleate boiling heat transfer coefficient for ternary refrigerant R407C



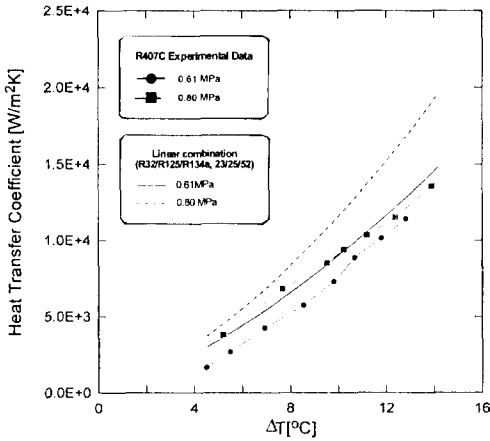


Fig.9 Comparison of nucleate boiling heat transfer coefficient for ternary refrigerant R407C & linear combination of constituent refrigerant

$$C(\text{Pr}) = -649770\text{Pr}^2 + 321322\text{Pr} - 34294$$

Fig.9는 삼중 혼합 냉매 R407C의 실험 결과와 R407C를 이루고 있는 각각의 단일 냉매로부터 얻어진 실험식들에 냉매의 혼합 질량 비율을 곱하여 얻은 선형 조합을 함께 나타내었다(일부 결과는 개발된 실험식을 외삽하였음). 실험에 의한 비등 열전달계수가 선형 조합에 의한 값보다 비교적 낮은 것으로 나타나고 있으며 이러한 비등 열전달 계수의 저하는 물질 전달 저항의 존재로 인하여 야기된다고 알려져 있다. 또한, 압력의 변화에 대하여 과열도가 증가함에 따라 비등 열전달계수의 차이가 감소하는 경향을 보이는 실험 결과와 달리 선형 조합에서는 그 차이가 커지는 것을 볼 수 있다.

#### 4. 결 론

HCFC-22의 대체 냉매인 삼중 혼합 냉매 R407C에 대한 핵비등 열전달 실험을 수행하였다. 또한 R407C를 이루고 있는 각각의 단일 냉매에 대해서도 실험을 수행하였으며, 각각의 냉매에 대한 실험식을 개발하였고 혼합물에 대한 이론적 연구의 기초를 마련하였다. R407C의 핵비등 열전달 계수는 유사한 물성치를 가지는 HCFC-22에 비하여 낮으

며 삼중 혼합 냉매 R407C를 이루고 있는 각각의 단일 냉매를 선형 조합한 결과보다 낮은 값을 나타내고 있다. 그러므로 R407C의 비등 열전달을 예측하기 위한 이론적 연구가 필요하며, 본 연구에서 얻은 각 단일 냉매 및 삼중 혼합 냉매 R407C의 비등 열전달 계수는 제한된 압력 범위에서의 결과이긴 하지만 이론적인 연구를 위한 기본적인 데이터로 활용되어질 수 있을 것이다.

#### 후 기

본 연구는 학술 진흥 재단과 첨단 유체 공학 연구센터의 지원으로 수행하였으므로 관계자 여러분에게 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. Chen, J. C., 1966, "A Correlation for Boiling Heat Transfer to Saturated Fluids in Convective Flow", Industrial and Engineering Chemistry, Process Design and Development, Vol. 5, No. 3, pp. 322~329.
2. Kandlikar, S. G., 1990, "A General Correlation for Saturated Two-Phase Flow Boiling Heat Transfer inside Horizontal and Vertical Tubes", Journal of Heat Transfer, Vol. 112, pp. 219~228.
3. Forester, H. K. and Zuber, N., 1955, "Dynamics of Bubbles and Boiling Heat Transfer", AIChE J., Vol. 1, p. 531.
4. Rohsenow, W. M., 1952, "A Method of Correlating Heat Transfer Data for Surface Boiling of Liquids", Journal of Heat Transfer, Vol. 74, p.969.
5. Mostinskii, I. L., 1963, "Calculation of Heat Transfer and Critical Heat Fluxes in Liquids", Teploenergetika, Vol. 10, No. 5, p. 66.
6. Bier, K., Schmadl, J., and Gorenflo, D., 1983, "Influence of Heat Flux and Saturat-

- tion Pressure on Pool Boiling Heat Transfer to Binary Mixtures”, Chem. Eng. Fundam., Vol. 1, No. 2, p. 79.
7. Cooper, M. G., 1984, “Saturation Nucleate Pool Boiling—a Simple Correlation. I”, Chem. Eng. Symp. Ser., Vol. 86, No. 2, p. 785.
  8. Alpay H. E. and Balkan F., 1989, “Nucleate Pool Boiling Performance of Acetone-Ethanol and Methylene Chloride-Ethanol Binary Mixture”, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 32, No. 12, pp. 2403~2408.
  9. Thome, J. R., 1983, “Prediction of Binary Mixture Boiling Heat Transfer Coefficients Using only Phase Equilibrium Data”, Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 26, No. 7, pp 965~974.
  10. Gorenflo, D., Blein, P., Herres, G., Rott, W., Schomann, H., Sokol, P., 1988, “Heat Transfer at Pool Boiling of Mixtures with R22 and R114”, Rev. Int. Froid, Vol. 11, pp. 257~263.
  11. Reddy, R. P. and Lienhard, J. H., 1989, “The Peak Boiling Heat Flux in Saturated Ethanol-Water Mixtures”, Journal of Heat Transfer, Vol. 111, pp. 480~486.
  12. S. Yoshida, H. Mori, and T. Matsunaga, 1994, “Prediction of Heat Transfer Coefficients for Refrigerant flowing in Horizontal Evaporator”, Transaction of JAR, Vol. 11, No. 1, pp. 67~78.
  13. T. D. Bui and V. K. Dhir, 1985, “Transition Boiling Heat Transfer on a Vertical Surface”, Journal of Heat Transfer, Vol. 107 pp. 756~763.
  14. W. M. Rohsenow, 1952, “A Method of Correlating Heat Transfer Data for Surface Boiling of Liquids”, Transaction of ASME, Vol. 74, pp. 969~976.