

## 수평증발관내 R22/R114 혼합냉매의 열전달 특성에 관한 연구

윤 치 한\*, 이 종 인\*, 하 옥 남\*

\*조선대학교 기계공학과 일반대학원, 조선대학교 기계공학과

### A Study for Evaporation Heat Transfer Characteristic of R22/R114 Refrigerant Mixtures in a Horizontal Tube

C. H. Yun\*, J. I. Lee\*, O. N. Ha†

\*Graduate School, Department of Mechanical Engineering, chosun university

Department of Mechanical Engineering, chosun university

(Received January 27, 1999; revision received March 8, 2000)

**ABSTRACT:** Evaporation heat transfer characteristics were studied in a horizontal tube using R22/R114 non-azeotropic refrigerant mixture. the heat transfer coefficient was high in the upper part for pure refrigerants, and heat transfer coefficient was low in the lower part for refrigerant mixtures. In the low quality region where nucleate boiling was dominant, the average heat transfer coefficient was low. In the region where forced convection was dominant, heat transfer coefficient was high. Results show that the heat transfer coefficient for pure refrigerants obtained by experiments were lower than those of Yoshida et al. but agreed well with Jung et al., and Chen et al. data. But the heat transfer coefficients for refrigerant mixtures were lower about 20% than those predicted by the equation for pure refrigerant.

**Key Words:** Non-azeotropic refrigerant mixture(비공비혼합냉매), Quality(건도), Forced convection(강제대류), Nucleate boiling(핵비등)

#### 기 호 설 명

$A$  : 시험부 단면적 [ $m^2$ ]

$d$  : 시험부 내경 [ $m$ ]

$F$  : 대류비등인자

$G$  : 질량유량 [ $kg/m^2s$ ]

$k$  : 열전도 계수 [ $W/mK$ ]

$Q$  : 건도

$S$  : 대류비등역제인자

$T$  : 시험부 온도[K]

$X_{tt}$  : Martinelli parameter

† Corresponding author

Tel.: +82-62-230-7050; fax: +82-62-230-7050

E-mail address: onha@mail.chosun.ac.kr

그리스 문자

$\alpha$  : 열전달 계수 [ $W/m^2K$ ]

$\sigma$  : 표면장력 [N/m]  
 $\mu$  : 점성계수 [Pa·s]  
 $\rho$  : 밀도 [kg/m<sup>3</sup>]

### 하첨자

av : 평균  
 cec : 대류증발  
 nbc : 핵비등  
 tp : 2상  
 r : 냉매  
 w : 관벽  
 ws : 측벽  
 wt : 상벽

## 1. 서 론

20세기말에 이르러 세계 인류는 과학기술의 발달에 의한 선진화 및 산업화에 따른 지구환경의 오염문제에 관심을 갖고 이를 해결하지 않으면 안되는 급박한 상황에 직면하게 되었다. 따라서, 1980년대 중반부터 범세계적인 지구환경 보호에 관한 협약들이 체결되었다. 이는 오존층 보호를 위한 국제적 정보교환 및 연구협력 체계의 구축을 목표로 하고 있으며, 1985년 3월에 채택된 Vienna 협약과 1987년 9월에 채택된 CFC를 포함한 특정물질들의 생산 및 사용규제, 그리고 1989년 1월부터 시행된 Montreal 의정서는 이와 같은 것을 잘 나타내고 있다.<sup>(1,2)</sup> 이와 같은 국제적인 규제에 대비하여 10 여년 전부터 선진국들은 오존층을 파괴하지 않으며, 에너지를 절감해서 지구 온난화 현상도 완화시킬 수 있는 CFC 대체물질의 연구개발 및 생산을 시작하였다. 그 결과로 CFC12는 HFC134a로 대체가 거의 완료되었으며 우리 나라에서도 신냉매인 OS-12a가 개발되어 1997년 초부터 시판되어 사용되고 있다. 이러한 대체냉매들의 한 종류로 각광받고 있는 것이 순수냉매들을 혼합한 혼합냉매들이다. 예로서 Singal 등<sup>(3)</sup>은 R13/R12, Ross 등<sup>(4)</sup>은 R13B1/R152a 혼합냉매를 가지고 실험하였으며, 그밖에도 R22/R114<sup>(5)</sup>, R12/R152a, R12/R22, R32/R134a와 같은 2성분 혼합냉매들이 있고, R32/R125/R134a와 같은 3성분 혼합냉매에 대한

실험이 진행 중에 있다.<sup>(6)</sup>

본 실험에서는 비공비혼합냉매인 R22/R114 혼합냉매를 이용해 수평관내 강제대류에 대한 전열특성을 조사하고자 한다. R114는 이른바 CFC 문제에서 규제 대상이 된 특정 CFC의 일종이지만, 노점과 비점의 차가 큰 경우, 혼합냉매 특유의 전열특성이 현저하다는 점과 물성치가 비교적 잘 알려져 있다는<sup>(7)</sup> 점으로부터 R22/R114 혼합냉매를 선정하였다. 따라서, 이 혼합냉매 그 자체가 이후 실용에 이용될 가능성은 적지만, 혼합냉매의 일반적인 전열특성을 분명히 하려는 목적으로 이 혼합냉매를 사용하였다.

## 2. 실험

### 2.1 열전달 계수

순수냉매의 관길이 방향 국부 평균 열전달 계수  $\alpha$ 는 다음의 식(1)과 같이 구하였다.

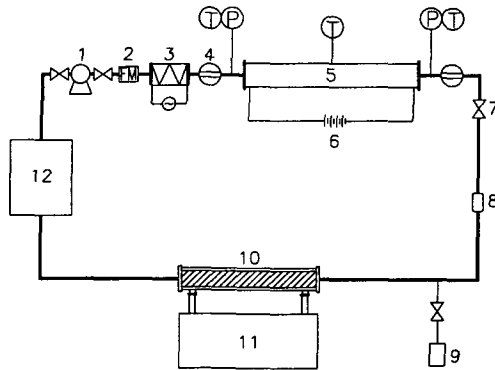
$$\alpha = \frac{Q}{A(T_w - T_r)} \quad (1)$$

관내벽 온도인  $T_w$ 는 관벽 사이에서 열발생이 일정하고, 관 외부는 단열 조건이라 가정 한 1차원 반경방향 정상상태 열전도 방정식인 식(2)에 의해 구하였고, 식(3)은 관 외벽온도  $T_{wo}$ 를 계산하기 위한 식이다.

$$T_w = T_{wo} - \frac{Q \ln \frac{r_o}{r_i}}{2\pi\Delta L k_w} \quad (2)$$

$$T_{wo} = \frac{T_{wt} + 2T_{ws} + T_{wb}}{4} \quad (3)$$

또한 냉매온도  $T_r$ 은 열전대를 시험부에 설치할 경우 내부유동 저항이 발생하여 열전달 계수에 큰 영향을 주기 때문에 저항을 최소화하도록 직경이 가장 작은 열전대를 관내에 삽입하여 냉매온도를 측정하였고, 시험부 입구, 중간 그리고 출구에 설치된 압력 변환계에 의해 측정된 압력과 비교하여 구하였다.



1. Pump 2. Flowmeter 3. Preheater 4. Sight glass  
5. Evaporator 6. Heater 7. Valve 8. Filter & Dryer 9. Sampling port 10. Condenser 11. Chiller  
12. Receiver (P) Pressure gauge (T) Thermocouple

Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus.

## 2.2 실험장치

Fig. 1은 본 실험에 사용된 시험장치의 개략도이다. 시험부는 길이 4000 mm, 내경 8 mm, 외경 9.6 mm인 스테인리스강관으로 구성되었고, 시험부에 가열기를 설치하였다. 시험부 출구에는 드라이어(dryer), 필터(filter) 그리고 열교환기를 설치하였으며, 냉매의 순환을 위한 순환펌프와 혼합냉매의 성분분석을 위한 가스크로마토그래피(gas chromatography), 시험부의 압력을 측정하기 위한 압력 변환계, 유량측정과 유량조절을 위해 전자 유량계 및 유량 조절밸브를 설치하였다. 냉매 충전밸브는 유량계 전에 설치하였다.

Fig. 2는 실험에 사용된 시험부의 상세도이다. 가열된 관의 외벽온도 측정을 위해 그림에서 보여주는 것처럼 가열된 길이의 시작으로부터 400 mm 간격으로 10개소에 동-콘스탄탄 열전대를 설치하였다. 각 개소에는 정부, 측부 및 저부에 모두 3개의 열전대가 설치되었으며, 그들은 얇은 막인 PTFE(테플론) 테이프에 의해 전기적으로 관으로부터 절연되었다. 냉매의 내부 유동 온도 측정을 위해 시험부 입구에 1 mm의 구멍을 마련하여 열전대를 설치하였다. 또한, 시험부의 압력을 측정하기 위해 그림과 같이 4개소에 압력

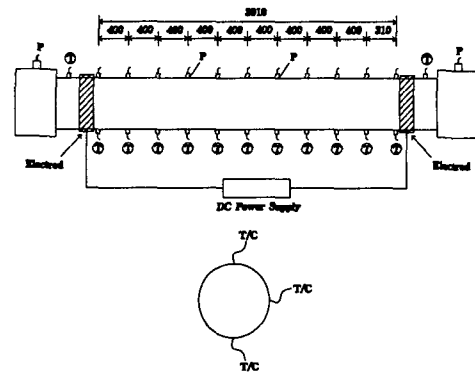


Fig. 2 Schematic of the test section.

변환계를 설치하였다.

## 2.3 실험방법

시험부의 균일한 가열을 위해 직류 전원을 이용한 직접 통전 방식으로 가열했다. 여기서 시험부 길이는 열전달 계수에 영향을 주는 열입구 부분을 제외하고 계산하였으며, 낮은 열유속에서도 높은 출구건도를 이루기 위해 긴 시험부를 사용하였다.<sup>(8)</sup>

냉매 순환펌프에서 나온 냉매는 시험부 입구전에 설치된 전자 유량계와 유량 조절밸브에 의해 냉매의 유량을 측정하고 제어했다. 시험부인 증발기로 들어간 냉매는 증발기에서 완전히 증발하고 증발기를 나온 냉매는 열교환기를 거치면서 과냉으로 완전 응축된 후 수액기로 들어간다. 그 후, 사이클을 완성하기 위해 수액기로부터 과냉액을 순환펌프를 이용하여 다시 시험부로 보낸다.

시험부 입구 및 출구 냉매의 유동양식을 관찰하기 위해 시험부 입구와 출구에 투시창(sight glass)를 각각 설치하였다. 또한, 시험부에 일정한 열유속을 주기 위해 시험부 양 끝단에 낮은 전압 (0~30V), 높은 전류(0~300A)의 직류전원을 통전시켜 직접 가열하였다. 시험부에 생성된 포화증기는 -20℃로 냉각된 브라인에 의해 응축기에서 응축된다. 주위로부터 흡열 및 열손실을 피하기 위해 발포제와 단열재에 의해 단열되었고, 모든 시험은 시험부 입구의 상태가 과냉액

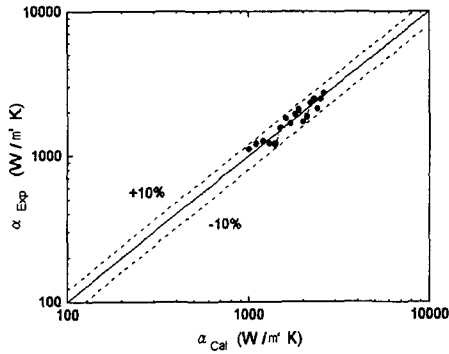


Fig. 3 Comparison of  $\alpha_{Cal}$  with  $\alpha_{Exp}$ .

일 때 행하였다. 또한, 시험부에서 발생하는 압력 강하를 측정하기 위해 시험부 입구, 중간 그리고 출구에 설치된 압력 변환계에 의해 측정되었다.

압력 변환계의 출력 전압은 1~5V로 계측기 본체로 입력되고, RS232C를 거쳐서 컴퓨터로 전송된다. 혼합냉매의 성분은 가스 크로마토그래피에 의해 분석되었다.

본 실험에서의 측정오차는 전기가열에 있어서는 정도 2% 이내, 유량에 있어서는 3% 이내, 온도는  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ , 압력 변환계의 측정 정도는  $\pm 0.25\%$  이내이다. 또한, 본 연구에서는 냉매의 열역학적 물성치를 계산하기 위해 널리 사용되는 CSD 상태방정식을 사용하였다.<sup>(9)</sup>

#### 2.4 실험자료의 검증

실험장치의 타당성을 점검하기 위하여 몇 가지 단상 가열 시험을 순수한 냉매와 혼합 냉매에 대해 실행하였고, 결과를 잘 알려진 Dittus-Boelter 방정식<sup>(10)</sup>과 비교하였다. Dittus-Boelter 방정식은 간결성과 대중성 때문에 많이 이용되며, 본 실험에서는 다음과 같은 방정식을 사용하였다.

$$\alpha_l = 0.023 \frac{k_l}{d} \left( \frac{Gd}{\mu_l} \right)^{0.8} \left( \frac{C_{pl}\mu_l}{k_l} \right)^{0.4} \quad (4)$$

Fig. 3은 Dittus-Boelter 방정식에 의해 구한 열전달 계수와 실험에 의해 구한 열전달 계수를 비교한 것으로서, 모든 단상 가열 실험 자료는

방정식(4)로부터 평균 편차  $\pm 10\%$  사이에서 일치하였다. 이들 각각의 실험에 대해서, 에너지 평형 분석은 전체 시험부에 대해서 행해졌고, 전체 시험부를 지나는 냉매에 의해 얻어진 에너지는 측정된 내부 유동 온도, 질량 유량, 그리고 유체의 비열에 의해서 계산되었다. 이것은 전력입력의 합과 그리고 주위로부터 얻어진 열에 비교되었다.

#### 2.5 2상 열전달 계수 $\alpha_{tp}$

Chen<sup>(11)</sup>은 포화핵비등구역과 이상강제대류구역을 모두 포함하는 다음과 같은 상관식을 제안하였다.

$$\alpha_{tp} = \alpha_{nbc} + \alpha_{cec} \quad (5)$$

여기서  $\alpha_{nbc}$ 는 핵비등에 의한 값이고,  $\alpha_{cec}$ 는 강제대류로 인한 값으로  $\alpha_{cec}$ 는 수정된 Dittus-Boelter식인 다음 식에서 계산할 수 있다.

$$\alpha_{cec} = 0.023 \left( \frac{k_l}{D} \right) Re_l^{0.8} Pr_l^{0.4} F \quad (6)$$

$$X_u = \left( \frac{1-x}{x} \right)^{0.9} \left( \frac{\rho_v}{\rho_l} \right)^{0.5} \left( \frac{\mu_l}{\mu_v} \right)^{0.1} \quad (7)$$

$$F = 2.35 \left( \frac{1}{X_u} + 0.213 \right)^{0.736} \quad (8)$$

또한 대류비등인자  $F$ 를 Martinelli parameter  $X_u$ 의 함수로 나타내었다.

핵비등 열전달 계수  $\alpha_{nbc}$ 는 수정된 Forster-Zuber<sup>(12)</sup>식인 다음 식과 같다.

$$\alpha_{nbc} = 0.00122 \left( \frac{k_l^{0.79} c_{pl}^{0.45} \rho_l^{0.49}}{\sigma^{0.5} \mu_l^{0.29} h_{fg}^{0.24} \rho_v^{0.24}} \right) \Delta T_{sat}^{0.24} \Delta P_{sat}^{0.75} S \quad (9)$$

$$S = \frac{1}{(1 + 0.42 Re_{TP}^{0.78})} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} Re_{TP} &= F^{1.25} Re_l \\ &= F^{1.25} \left[ \frac{G(1-x)D}{\mu_l} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

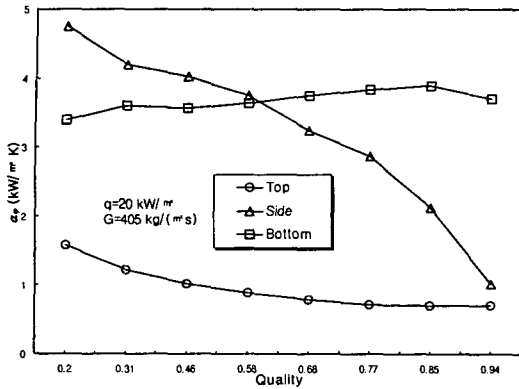


Fig. 4 The local heat transfer coefficient of pure R114 with respect to quality

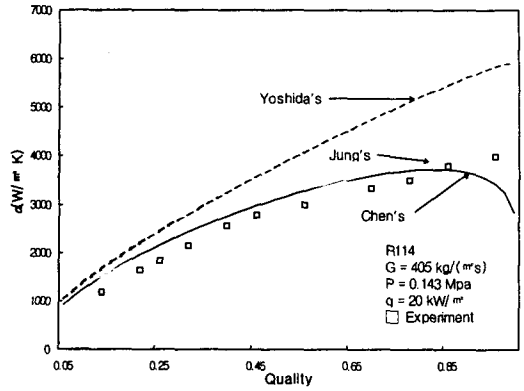


Fig. 6 Comparison of R114 data with correlations of Chen, Yoshida and Jung.

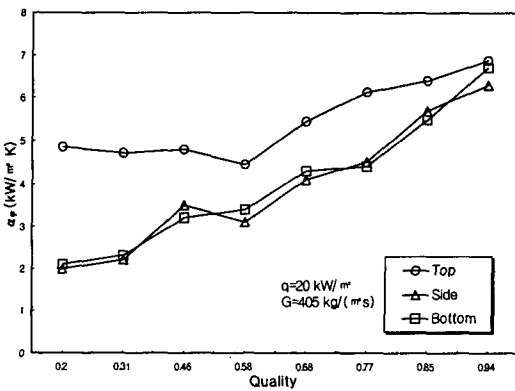


Fig. 5 The local heat transfer coefficient of pure R22 with respect to quality.

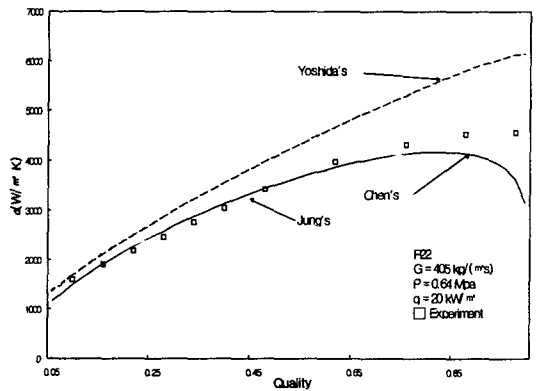


Fig. 7 Comparison of R22 data with correlations of Chen, Yoshida and Jung.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 순수냉매

Fig. 4는 시험조건이 질량 유량 405 kg/m<sup>2</sup>s, 압력 0.143 MPa, 열유속 20 kW/m<sup>2</sup> 일 때 건도에 따른 순수한 R114의 국부 열전달 계수를 보여주고 있다.

관 측부의 국부 열전달 계수는 건도 약 0.6 까지 가장 높은 값을 보이고 있지만, 저건도 영역에서부터 계속적으로 감소하여 고건도 영역에서는 관 상부의 국부 열전달 계수 값보다 약간 큰 값

을 갖는다

관 하부의 국부 열전달 계수는 건도 약 0.6 까지 관 측부의 값보다는 적다. 하지만 국부 열전달 계수가 계속적으로 증가하여 고건도 영역에서는 가장 큰 값을 갖는다. 관 상부의 국부 열전달 계수가 계속적으로 증가하여 고건도 영역에서는 가장 큰 값을 갖는다. 관 상부의 국부 열전달 계수는 가장 낮은 값을 보이고, 건도가 증가할수록 점점 감소하고 있다.

Fig. 5는 시험조건이 질량 유량 405 kg/m<sup>2</sup>s, 압력 0.64 MPa, 열유속 20 kW/m<sup>2</sup> 일 때 건도에 따른 순수한 R22의 국부 열전달 계수를 보여주고 있다. 저건도 영역에서 관 상부의 국부 열전달

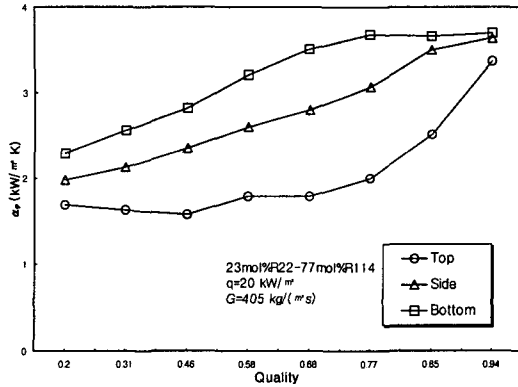


Fig. 8 The local heat transfer coefficient of 23mol%R22-77mol%R114 with respect to quality.

계수는 가장 높은 값을 보이고, 건도가 증가함에 따라 약간 감소하다 다시 증가하고 있음을 알 수 있다. 관 측부와 하부의 국부 열전달 계수는 저 건도 영역에서 관 측부의 값이 더 높게 나타나지만, 건도가 증가함에 따라 비슷한 값들을 보이고 있다.

또한 고건도 영역에서 관 상부, 측부 그리고 하부의 국부 열전달 계수는 거의 일치하고 있음을 알 수 있다. 이와같이, 관 상부의 국부 열전달 계수가 가장 높게 나타나는 이유는 유동이 환상류이지만 증력의 영향으로 관 상부보다 하부의 액막 두께가 더 두꺼워진다. 이 때문에 관 바닥에서는 열저항이 증가하고, 내벽온도가 더 높아지며, 또한 국부 열전달 계수가 감소한다.

Fig. 4와 Fig. 5에서 관 상부의 국부 열전달 계수 값이 서로 상반되게 나타나는 이유는 순수한 R114에서는 관 상부가 완전한 환상류로 되지 않고, 또한 R114의 증발잠열이 작아 액막이 얇게 되는 관 상부가 건조한 상태가 되기 때문이라고 생각할 수 있다.

Fig. 6과 Fig. 7은 질량 유량 405 kg/m<sup>2</sup>s, 압력 0.143 MPa, 열유속 20 kW/m<sup>2</sup> 일 때 순수한 R114와 질량 유량 405 kg/m<sup>2</sup>s, 압력 0.64 MPa, 열유속 20 kW/m<sup>2</sup> 일 때 순수한 R22에 대한 열전달 계수를 Chen과 Jung<sup>(5)</sup> 그리고 Yoshida<sup>(7)</sup>의 정리식으로 구한 값과 본 실험에 의해 구한 실험치와 비교한 결과를 각각 보여주고 있다.

점선은 Yoshida, 굵은 실선은 Chen, 가는 실선

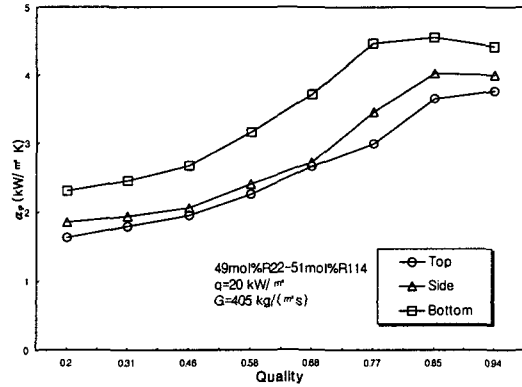


Fig. 9 The local heat transfer coefficient of 49mol%R22-51mol%R114 with respect to quality.

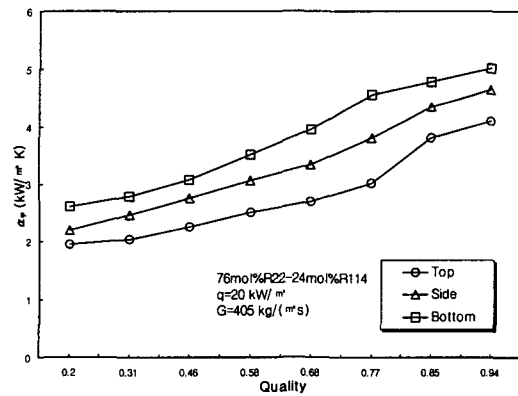


Fig. 10 The local heat transfer coefficient of 76mol%R22-24mol%R114 with respect to quality.

은 Jung의 식으로부터 구한 값을 나타내고 있고, Fig. 6과 Fig. 7의 사각형기호(□)는 본 실험에서 구한 실험치이다. 먼저 Fig. 6에서, 건도가 증가할수록 열전달 계수 값은 증가하고 있다. 또한, 본 실험에서 구한 실험치는 Yoshida의 값보다 최대 33% 정도 낮은 값을 나타내고 있다. 하지만 Jung과 Chen의 값에는 거의 일치하고 있음을 볼 수 있다.

Fig. 7은 Fig. 6과 마찬가지로 건도가 증가함에 따라 열전달 계수가 증가함을 알 수가 있고, 전체적인 열전달 계수 값은 R22가 높게 나타나고

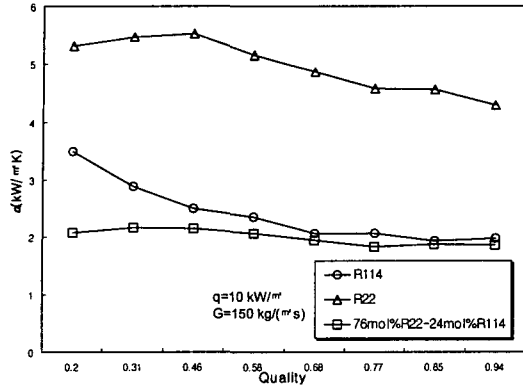


Fig. 11 Comparison of local heat transfer coefficient of pure refrigerants and 76mol% R22-24mol% R114 refrigerant mixture at a lower flow rate.

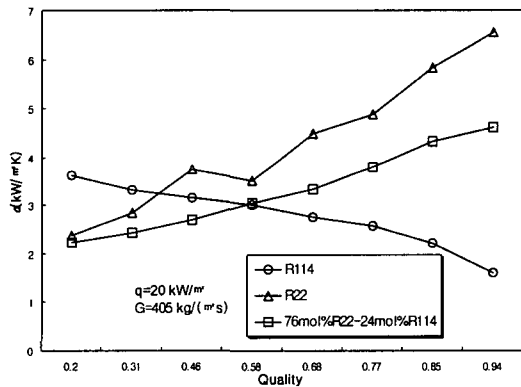


Fig. 12 Comparison of local heat transfer coefficient of pure refrigerant and 76mol% R22-24mol% R114 refrigerant mixture at a higher flow rate.

있다.

본 실험에 의해 구한 열전달 계수는 Yoshida의 정리식에 의해 구한 값보다 최대 26%정도 낮게 나타났고, Chen과 Jung의 값들과는 거의 일치함을 보여주고 있다.

### 3.2 혼합냉매

Fig. 8, 9, 10은 열유속 20 kW/m<sup>2</sup>, 질량 유량

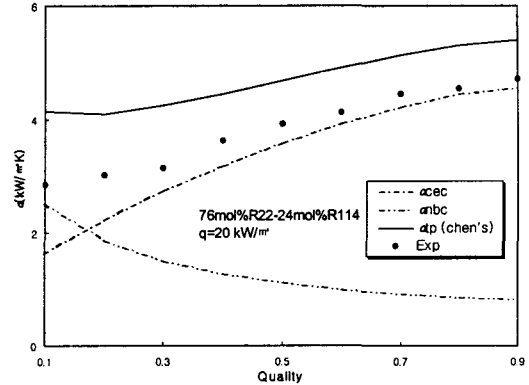


Fig. 13 Comparison with Chen's correlation and the experimental heat transfer coefficients at different qualities.

405 kg/m<sup>2</sup>s일 때 건도에 따른 혼합냉매 23mol% R22-77mol%R114, 49mol%R22-51mol%R114, 76mol%R22-24mol%R114의 국부 열전달 계수를 각각 보여주고 있다.

시험부에서 관 하부의 국부 열전달 계수는 높은 값을 보여주고 있고, 건도가 증가 할수록 관 하부의 국부 열전달 계수는 점점 증가하고 있다. 그러나 고건도 영역에 이르러서는 국부 열전달 계수의 증가율이 약간 감소하는 경향을 보이고 있다. 고건도 영역에서 국부 열전달 계수의 감소는 R22의 혼합비율이 49mol% 일 때 가장 크게 나타나고 있다.

관 측부의 국부 열전달 계수는 하부의 값보다는 낮은 값을 갖으며 건도의 증가에 따라 증가하고 있다. 관 상부의 국부 열전달 계수는 가장 낮은 값을 갖지만 건도가 증가함에 따라 국부 열전달 계수가 점점 증가하고 있음을 알 수 있다.

R22의 혼합비율이 23mol%, 49mol%, 76mol%로 증가함에 따라 시험부의 국부 열전달 계수는 점점 증가하고 있다. 이와같이, 관 하부의 국부 열전달 계수가 가장 높게 나타나는 것은 Ross와 Jung의 실험에서도 나타났는데, 관 상부의 액막에서는 고비점성분 즉, R22의 농도가 하부보다 높기 때문이라고 생각한다.

Fig. 11, 12는 각각 열유속 10 kW/m<sup>2</sup>, 20 kW/m<sup>2</sup>, 질량 유량 150 kg/m<sup>2</sup>s, 405 kg/m<sup>2</sup>s 일 때 순수냉매인 R114, R22와 그리고 혼합냉매인 76mol%R22-24mol%R114의 국부 열전달 계수를

비교한 것이다.

Fig. 11은 저유량 영역으로, 순수냉매인 R22의 국부 열전달 계수는 가장 높게 나타나고 있고, 혼합냉매 76mol%R22-24mol%R114의 국부 열전달 계수는 가장 낮게 나타나고 있다. 하지만 건도가 증가함에 따라 순수냉매와 혼합냉매의 국부 열전달 계수는 감소하고 있으며, 낮은 평균 열전달 계수의 값을 갖고 있다.

Fig. 12는 고유량 영역으로, 순수냉매인 R22의 국부 열전달 계수는 저건도 영역에서는 혼합 냉매보다 약간 높은 값을 보이나, 건도가 증가함에 따라 국부 열전달 계수는 급격한 상승을 하고 있다. 하지만, 순수냉매인 R22와는 반대로 R114의 경우에는 저건도의 영역에서는 가장 높은 값을 보이나, 건도가 증가함에 따라 국부 열전달 계수는 감소하여 고건도 영역에서는 가장 낮은 값을 보여주고 있다. 또한 혼합냉매인 76mol%R22-24mol%R114의 국부 열전달 계수는 저건도 영역에서 가장 낮은 값을 갖지만, 건도가 증가함에 따라 평균 열전달 계수는 증가하고, 고건도 영역에서는 순수냉매인 R114 보다 더 높은 값을 갖음을 알 수 있다.

Fig. 13은 Chen의 열전달 상관식(5)에서 구한 2상열전달 계수와 본 실험에서 구한 혼합냉매 76mol%R22-24mol%R114의 2상열전달 계수와 비교를 열유속 20 kW/m<sup>2</sup> 일 때 건도의 변화에 따라 나타낸 것이다. 일점쇄선 및 이점쇄선으로 나타낸  $\alpha_{cec}$  과  $\alpha_{nbc}$  는 강제대류 증발 열전달과 핵비등 열전달의 계산결과이고, 실선은 강제대류 증발 열전달과 핵비등 열전달을 합한 것이며, 원형기호(●)는 본 실험결과를 나타낸 것이다.

저건도 영역에서는 강제대류 증발 열전달 계수보다 핵비등에 의한 열전달 계수 값이 더 크게 나타나지만, 건도가 증가함에 따라 핵비등 열전달 계수 값은 점점 감소하고, 강제대류 증발 열전달 계수 값은 점점 커짐을 알 수 있다. 고건도 영역에서는 핵비등 열전달 계수 값보다 강제대류 열전달 계수 값이 훨씬 큼을 알 수 있다. 이와 같이 고건도 영역에서 강제대류 열전달 계수 값이 크게 나타나는 이유는 저건도 영역에서 왕성하게 발생하던 핵비등이 건도가 증가함에 따라 억제되기 때문이다. 또한 Chen의 결과치와 비교하면 본 실험결과치가 약 20%정도 낮게 나타났다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 순수냉매와 비-공비혼합냉매를 이용하여 수평관내 강제대류에 있어서 전열특성을 연구하는 것을 목적으로 하고 있다. 순수냉매로서 R22와 R114를 이용하였고, 비-공비혼합냉매로는 R22/R114를 이용하여 수평 증발관내의 내벽온도와 열전달 계수를 실험으로 구하고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 순수냉매 R114의 경우, 국부 열전달 계수는 관 하부의 값이 가장 높고, 건도가 증가함에 따라 감소하였다.

(2) 순수냉매 R22의 경우, 관 상부의 국부 열전달 계수가 가장 높고, 건도가 증가함에 따라 증가하였다.

(3) 순수냉매에 있어서, 실험식에 의해 구한 열전달 계수는 Yoshida등의 값보다는 낮았으나, Jung등 과 Chen의 값과는 좋은 일치를 보였다.

(4) 혼합냉매의 경우에 있어서, 유량에 관계없이 관 하부의 국부 열전달 계수가 가장 높게 나타났으며, R22의 혼합비율이 증가함에 따라 평균 열전달 계수는 증가하였다.

(5) 76mol%R22-24mol%R114 혼합냉매의 2상대류 열전달 계수는 Chen의 값보다는 약 20%정도 낮게 나타났다.

#### 후 기

본 연구는 조선대학교 1999년 교내 학술 연구비로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. J. T. Oh, O. N. Ha. 1996, Forced Convective Boiling Heat Transfer of HFCs Refrigerants Inside a Horizontal Tubes, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers, Ho-nam subdivision 96-R-102, pp. 25-30.
2. D. S. Jung, 1996, Worldwide trends of alternative refrigerants, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol 25, No 6, pp. 479-488.
3. Singal, L. C. Sharma, C. P. and Varma, H. K. 1983, Experimental heat transfer



- coefficient for binary refrigerant mixtures of R13 and R12, ASHRAE Trans. No. 2747, pp. 175-188.
4. Radermacher, R. Ross, H. and Didion, D. 1983, Experimental determination of forced convective evaporative heat transfer coefficients for nonazeotropic refrigerant mixtures, ASME National Heat Transfer Conference, ASME 83-WA/HT54.
  5. D. S. Jung, M. McLinden, R. Radermacher and D. Didion, 1989, Horizontal flow boiling heat transfer experiments with a mixture of R22/R114, Int. J. Heat Transfer, Vol. 32, No. 1, pp. 131-145.
  6. T. Y. Choi, M. S. Kim, S. T. Ro, 1997, An Experiment about Evaporative Heat Transfer of HFC Refrigerants in a Horizontal Tube, Proceedings of the KSME 1997 Spring Annual meeting B, pp. 399-404.
  7. Suguru Yoshida, Takashi Matsunaga, Hideo Mori and Katsumi Ohishi, 1989, Heat transfer to Non-azeotropic mixtures of refrigerants flowing in a horizontal evaporator tube.
  8. I. G. Choi, S. H. Cho, S. T. Ro, 1996, Heat Transfer, edition by Bo-sung.
  9. Morrison, G. and McLinden, M. O., 1996, NBS Technical Note, 1226.
  10. F. W. Dittus and L. M. K. Boelter, 1930, Univ. Calif. Publ. Eng. 2, 443.
  11. Chen, J. C., 1988, Correlation for boiling heat transfer to saturated fluids in convective flow, Int. Eng. Chem. Proc. Des. Dev., Vol. 5, p. 322.
  12. Forster, H. K. and N. Zuber, 1955, Dynamics of vapour bubbles and boiling heat transfer, AIChE J., Vol. 1, pp. 531-535.