

# 에어컨디셔너의 냉매배관을 연결하는 커플링의 유동해석

이 수 열<sup>†</sup>, 김 우 승, 조 수\*, 성 욱 주\*  
박 희 문\*\*, 심 경 중\*\*

한양대학교 대학원 기계공학과, \*한국에너지기술연구원 건물열성능센터, \*\*(주)삼영

## Flux Analysis of Air-conditioner Coupling

Su-Yul Lee<sup>†</sup>, Woo-Seung Kim, Soo Cho\*, Uk-Joo Sung\*  
Hee Mun Park\*\*, kyung-Jong Sim\*\*

Department of Mechanical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

\*Building Energy Center Korea, Institute of Energy Research Center, Daejeon 305-343, Korea

\*\*SAMYOUNG CO., Ltd, Daejeon 306-818, Korea

**Abstract:** This study is intended to identify how quick disconnect coupling which connects with refrigerant piping of air-conditioner using R-22 refrigerant has effect on characteristics of flux. in the case where the air-conditioner installs utilizes quick disconnect coupling, COP has an effect on the quantity of cooling load because of changing flow rate and physical properties of refrigerant which flow into an entrance of expansion valve from coupling. Variation of flow rate can be regulated by changing expansion-contraction angle;  $\alpha$  of an entrance and an exit of coupling. In this study, quick disconnect coupling is presented flow of coupling by using FLUENT as heat flow program. To have an effect on the expansion entrance valve, and by changing expansion-contraction angle;  $\alpha$  of an entrance and an exit

**key words:** Air conditioning system(공조시스템), Quick disconnect coupling(급속분리커플링), Characteristics of flux(유량특성)

### 기 호 설 명

$V$ : 속도  
 $\rho$ : 밀도  
 $m$ : 유량

### 1. 서 론

오존층파괴와 지구온난화 같은 기후변화에 대처하기 위해 각 산업분야에서 환경오염저감에 관한

<sup>†</sup> Corresponding author

Tel.: +82-42-860-3723; Fax: +82-2-860-3202

E-mail address: suyul@kier.re.kr

연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 공조시스템분야에서는 환경에 큰 영향을 미치는 CFC 및 HCFC계열 냉매에 대한 관심이 커지고 있다. 이러한 프레온계열 냉매는 지구온난화에 영향을 끼치는 이산화탄소와 비교하여 수천/수만 배의 적외선 흡수능력을 가지며 화학적으로 안정되어 대기 중에서 잘 분해되지 않는 성질을 가진다. 이에 따라 환경에 영향을 주는 프레온계 냉매(R-22)를 사용하는 에어컨디셔너의 냉매사용에 관한 규제가 진행되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 에어컨디셔너의 재설치시 배관의 해체작업으로 발생하는 냉매로 인해 환경에 미치는 부정적인 영향을 줄이기 위한 목적으로 에어컨디셔너의 냉매배관을 신속하게 연결하거나 분리하기 위한 용도의 커플링을 제안하였다. 일반적으로 에어컨디셔너의 성능계수(Coefficient of Performance)는 제거 가능한 실내냉방부하에 대한 압축기 소비전력의 비로 나타낼 수 있으나 커플링이 설치된 에어컨디셔너인 경우 커플링을 통해 팽창밸브 입구와 압축기 입구에 유입되는 냉매물성 및 유량의 변화로 제거 가능한 냉방부하에 영향을 미친다. 이러한 에어컨디셔너의 성능계수에 영향을 끼치는 커플링에 의한 유량의 변화량은 커플링 입·출구의 확대·축소각을 변화시킴으로써 조절이 가능하다. 커플링과 관련된 연구는 유동해석 상용 프로그램을 이용한 다양한 연구가 수행되었다. Park<sup>1)</sup> 등은 FLUENT를 이용하여 트랙터나 콤팩트와 같은 건설·중장비에 설치된 R-134a 냉매를 사용하는 에어컨디셔너 커플링의 유동해석을 수행하여 속도, 압력, 유량에 따른 압력강하크기를 예측하고 이를 바탕으로 유동특성을 향상시킬 수 있는 커플러 내부유로 설계방안을 제시하였다. 또한 내부유로의 확대·축소가 유동에 미치는 영향을 파악하기 위해 Koo<sup>2)</sup> 등은 노즐의 내부유동현상을 모사할 수 있는 2차원 비압축성 정상상태의 수치해석을 통하여 노즐의 길이와 직경 비(L/d)에 대한 연구를 수행하여 L/d가 클수록 입구조건이 노즐출구에 미치는 영향이 작아지는 것을 확인하였으며 Kim<sup>3)</sup> 등은 경사각을 가지는 Sudden Contraction에서 3차원의 유동해석을 수행한 결과 경사각에 의해 주유동방향이 급격하게 변하면서 유선곡률 효과로 인한 횡단 압력구배의 영향으로 비대칭 2차유동이 발생하는 것을 확인하였다.

본 연구에서는 커플링이 에어컨디셔너의 운전압력에 따른 유량변화를 살펴보기 위해 상용 열·유

동 패키지인 FLUENT를 사용하여 커플링 내부유로를 따라 흐르는 냉매의 유동을 해석하였고 커플링 입·출구의 확대·축소각을 변화시키면서 유동특성을 파악하였다.

## 2. 해석 모델 및 수치해석 방법

### 2.1 해석모델

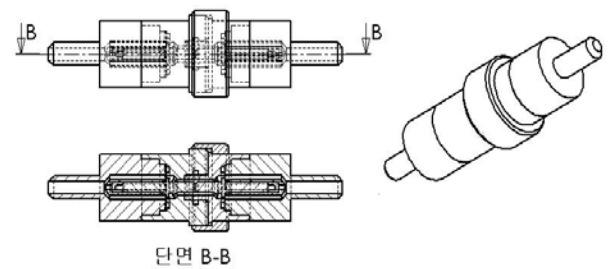


Fig. 1 Schematic diagram of quick disconnect coupling

Fig. 1은 R-22용 에어컨의 냉매배관을 연결하는 커플링의 개략도를 나타낸 것이다. 커플링은 압·수 커플링으로 이루어져 있고 각 커플링은 볼트에 의해 체결시 스프링에 의하여 밀폐되어 있던 압·수 커플링의 support가 밀리게 되어 유로가 형성되고 또한 반대로 볼트를 해체하면 support 끝단의 스프링에 의해 유동이 즉시 차단되는 특징을 가지고 있다. 냉매배관과 동일한 직경을 가진 커플링 입구로 유입되는 냉매는 각각의 압·수 커플링을 지지하는 support와 외부케이스 사이의 공간을 따라 흐르게 되고 이에 따라 발생하는 유동단면의 변화에 의해 유체의 수평, 수직 속도성분을 발생시킴으로써 유동교란을 일으키게 된다. 이러한 내부유로의 비연속적인 단면으로 인해 발생하는 유로의 급격한 확대(sudden expansion) 또는 급격한 축소(sudden contraction)는 압력강하를 유발하게 되며, 이때 압력의 변화 상태를 살펴보기 위하여 다음과 같은 이론식<sup>4)</sup>을 사용하였다.

• sudden expansion

$$P_2 - P_1 = \rho V_1^2 A_1^2 \left( \frac{1}{A_1 A_2} - \frac{1}{A_2^2} \right) \quad (1)$$

• sudden contraction

$$P_2 - P_1 = 0.7 \left[ \frac{1}{A_1^2} - \frac{1}{A_2^2} \right] \rho m^2 \quad (2)$$

식(1), 식(2)에 의하면 비연속적인 단면을 흐르는 유체에 발생하는 수두손실은 유체속도에 비례함으로 입구압력은 각 단계별로 동일하게 유지한 상태로 커플링 내부유로 단면적의 확대-축소로 인해 커플링 출구의 유체속도에 영향을 주는 인자인 커플링 입·출구의 확대-축소 각을 Table 1과 같이 변화시키면서 동압변화에 따른 커플링의 압력강하와 출구속도를 해석하였다.



**Fig. 2** The internal shape of quick disconnect coupling

**Table 1** Expansion-Contraction angle of quick disconnect coupling

	Expansion-Contraction angle( $\alpha$ )
case I	15
case II	30
case III	45

## 2.2 지배방정식 및 경계조건

에어컨디셔너의 고압냉매배관을 연결하는 커플링의 입구로 들어오는 냉매는 응축기를 통과하면서 충분히 냉각되어 일정한 물성치를 갖는 비압축성 액체상태의 냉매로 가정하였다. 본 연구에서 사용된 지배방정식은 다음과 같이 표현되며 R-22 냉매의 액체상태의 물성치<sup>6)</sup>는 Table 2와 같다.

· 연속방정식

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho U_i) = 0$$

· 운동량방정식

$$\frac{\partial}{\partial x_i} (\rho U_j U_i) = - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right) - \overline{\rho u_i u_j} \right]$$

**Table 2** Properties of supercooling R-22 refrigerant

Density( $kg/m^3$ )	1113
Viscosity( $kg/m \cdot K$ )	0.000133
Specific heat( $J/kg \cdot K$ )	1362
Thermal conductivity( $W/m \cdot K$ )	0.07538

커플링의 내부유로를 따라 흐르는 냉매(R-22)를 해석하기 위해 상용코드(FLUENT 6.2.16)를 사용하였다. 커플링의 경계조건으로는 입구압력이 1.7MPa이며, 입·출구를 제외한 모든 커플링의 벽면조건은 standard wall functions조건을 사용하였으며 viscous Model은 k- $\epsilon$  standard eq.을 사용하였다. 커플링의 격자는 0.2 size의 Hex/Wedge와 Tet/Hybrid Type으로 구성되어 있으며, Cell이 133,212여개, Face와 Node는 각각 285,090여개와 32,012여개인 3차원 격자계로 구성하였다.

## 3. 결과 및 고찰

일반적으로 밸브를 통과하는 유체의 내부 유동(internal flow)시 발생하는 대부분의 압력손실은 점성유체인 냉매가 유동함에 있어 유로의 단면적이나 유동방향 변화에 따른 동압의 변화에 의해 발생된다. 따라서 유동방향에 영향을 주는 커플링 입·출구의 확대-축소각 변화에 따른 유량특성은 다음과 같다.

### 3.1 case I

Fig. 2~Fig. 3은 커플링의 입구압력이 1.7 MPa이고 확대-축소각이 15°일 때의 압력강하와 속도 분포를 나타낸 것이다.

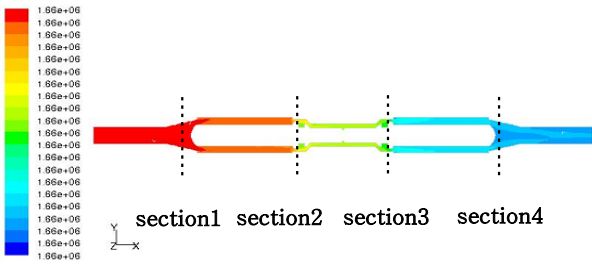


Fig. 2 Total pressure Distribution of quick disconnect coupling(case I)

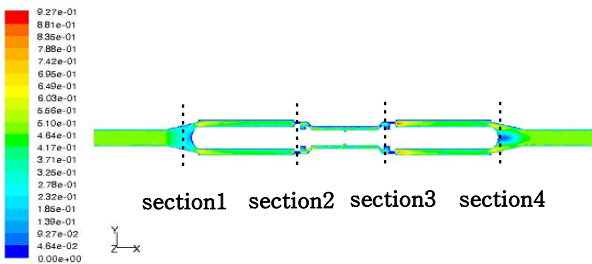


Fig. 3 Velocity Distribution of quick disconnect coupling(case I)

Table 3 Total pressure conjugation and Velocity of quick disconnect coupling(case I)

구간별	전압력	압력분포(pa)	속도분포(m/s)
입구	(x=1cm)	1657611	0.39
section 1	(x=2cm)	1657522	0.61
section 2	(x=4cm)	1656986	0.46
section 3	(x=6.5cm)	1656768	0.37
section 4	(x=9.5cm)	1656182	0.48
출구	(x=10.5cm)	1656140	0.4
입·출구	압력강하	1471	0.92(max)

커플링의 입구압력이 1.7 MPa일 때, 전체 압력 강하는 Table 3에서 보여지는 것과 같이 약 0.001 MPa로 나타났으며 Fig. 2의 section 1~section 2 구간과 section 3~section 4구간에서 나타나는 것처럼 암·수 커플러의 복잡한 내부 면적변화로 인해 전체 압력강하의 약 31%가 발생하는 것을 알 수 있었다. 커플링의 입구속도는 약 0.39m/s이며, 최대유속은 압력강하의 폭이 가장 높게 나타난 section 3부근에서 약 0.92m/s로 국부적으로 나타났으며 출구속도는 약 0.4m/s 이다.

### 3.1 case II

Fig. 4~Fig. 5는 커플링의 입구압력이 1.7 MPa 이고 확대-축소각이 30°일 때의 압력강하와 속도 분포를 나타낸 것이다.

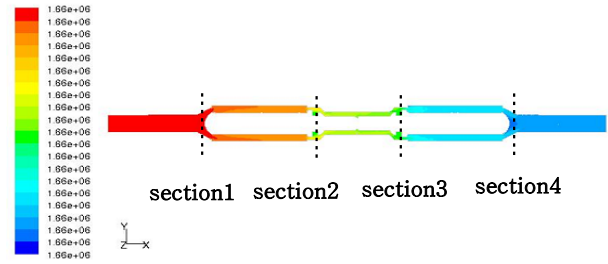


Fig. 4 Total pressure Distribution of quick disconnect coupling(case II)

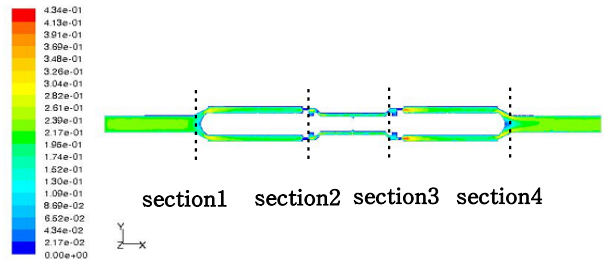


Fig. 5 Velocity Distribution of quick disconnect coupling(case II)

Table 4 Total pressure conjugation and Velocity of quick disconnect coupling(case II)

구간별	전압력	압력분포(pa)	속도분포(m/s)
입구	(x=1cm)	1657597	0.17
section 1	(x=2cm)	1657591	0.21
section 2	(x=4cm)	1657459	0.2
section 3	(x=6.5cm)	1657406	0.24
section 4	(x=9.5cm)	1657283	0.23
출구	(x=10.5cm)	1657271	0.18
입·출구	압력강하	326	0.43(max)

커플링의 입구압력이 1.7 MPa일 때, 전체 압력 강하는 Table 4에서 보여지는 것과 같이 약 0.0003 MPa로 나타났으며 Fig. 4의 section 1~section 2구간과 section 3~section 4구간에서 나타나는 것처럼 암·수 커플러의 복잡한 내부 면적변화로 인해 전체 압력강하의 약 27%가 발생하는 것을 알 수 있었다. 커플링의 입구속도는 약 0.17m/s이며, 최대유속은 압력강하의 폭이 가장 높게 나타난 section 3부근에서 약 0.43m/s로 국부적으로 나타났으며 출구속도는 약 0.18m/s 이다.

### 3.1 case III

Fig. 6~Fig. 7은 커플링의 입구압력이 1.7 MPa 이고 확대-축소각이 45°일 때의 압력강하와 속도

분포를 나타낸 것이다.

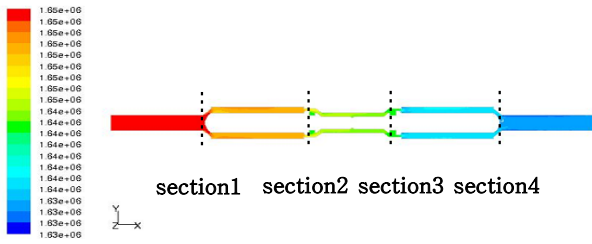


Fig. 6 Total pressure Distribution of quick disconnect coupling(case III)

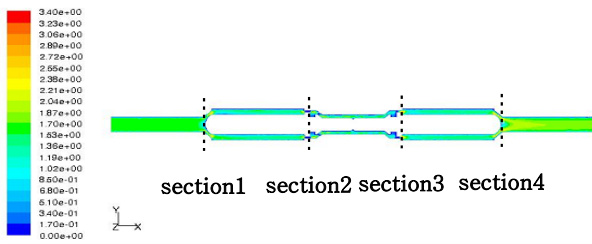


Fig. 7 Velocity Distribution of quick disconnect coupling(case III)

Table 5 Total pressure conjugation and Velocity of quick disconnect coupling(case III)

구간별	전압력	압력분포(pa)	속도분포(m/s)
입구	(x=1cm)	1654130	1.38
section 1	(x=2cm)	1653396	2.58
section 2	(x=4cm)	1645599	2.17
section 3	(x=6.5cm)	1641741	2.88
section 4	(x=9.5cm)	1635214	2.37
출구	(x=10.5cm)	1633644	1.41
입·출구	압력강하	20486	3.4(max)

커플링의 입구압력이 1.7 MPa일 때, 전체 압력 강하는 Table 5에서 보여지는 것과 같이 약 0.02 MPa로 나타났으며 Fig. 6의 section 1~section 2 구간과 section 3~section 4 구간에서 나타나는 것처럼 압·수 커플러의 복잡한 내부 면적변화로 인해 전체 압력강하의 약 60%가 발생하는 것을 알 수 있었다. 커플링의 입구속도는 약 1.3m/s이며, 최대유속은 압력강하의 폭이 가장 높게 나타난 section 3부근에서 약 3.5m/s로 국부적으로 나타났으며 출구속도는 약 1.4m/s 이다.

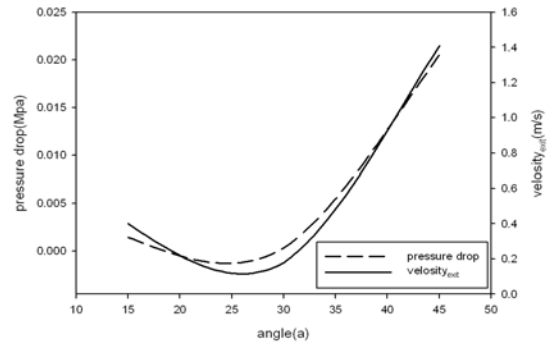


Fig. 8 Mass flow of relevant to expansion-contraction angle

Fig. 8은 커플링 입·출구의 확대-축소각 변화에 따라 유로내부의 압력강하와 출구속도분포를 나타낸 것이다. 입구압력이 1.7Mpa일 때, 단면적이 축소되는 section 2에서 압력강하의 폭이 상대적으로 큰 것으로 나타났으며 section 3과 같은 확대구간에서는 유로의 가장자리에서 국부적으로 주변보다 낮은 압력이 발생되어 작동유체의 속도가 최고로 증가하는 현상이 관찰되었다. 이와 관련하여 커플링의 유량특성은 통과하는 유체속도에 비례하여 Fig. 11과 유사한 형상을 보이며, 커플링 입·출구의 확대-축소 각도( $\alpha$ )에 따라 출구유량이  $15^\circ(0.0099 \text{ kg/s})$ ,  $30^\circ(0.0045 \text{ kg/s})$ ,  $45^\circ(0.0349 \text{ kg/s})$ 인 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

에어컨디셔너의 냉매배관을 연결하는 커플링의 2차원 유동해석을 수행하였다. 커플링의 입·출구의 확대-축소각의 변화에 따라 커플링을 통과하는 유량변화를 해석하였다.

1. 확대각이 있는 커플링의 입구의 유동은 면적축소지점에서 가까운 하류에서부터 확대각이  $15^\circ \sim 45^\circ$ 로 증가함에 따라 급격한 면적축소를 동반한 주유동방향과 관벽사이의 유동각이 증가하였다. 그 결과 유동충돌현상에 의한 상단부와 하단부의 비대칭형태의 압력구배가 관찰되었으며 커플링 축방향에 대한 비대칭적인 압력의 영향은 case II, case I, case III순서로 나타났으며, 출구유량의 크기는 case III, case I, case II순으로 나타났다.

2. 축소각이 있는 커플링의 출구의 유동은 축소각이 15~45°로 증가함에 따라 주유동방향과 유동의 중심부(y=0)와의 입사각이 증가함으로 커플링 축방향의 길이에 따른 비대칭적인 압력의 영향은 감소하였으나 압력강하의 폭은 증가하는 것을 알 수 있었다.

본 연구는 중소기업청의 산·연 공동기술개발 지원사업 과제인 ‘냉매전용 체결배관 냉방시스템 개발’ 연구결과의 일부임을 알려드립니다.

#### 참 고 문 헌

- 1) T. J. Park, 2001, "Performance Analysis of a Refrigeration and Air Conditioning Couper using FLUENT code" KSME. pp.135~140
- 2) J. Y. Koo, 1996, "Calculation of the internal Flow in a Fuel Nozzle", KSME. Vol. 20 pp.1971~1982
- 3) Y. M. Kim, 1996, "Computation of the three-Dimensional Flow Field Through Sudden Contraction", KSAS, pp.63-69
- 4) 김영준, 1983, "유로의 확대 및 축소에 따른 압력변화에 대한 연구", 大田工業專門大學 論文集 33권 1호
- 5) NIST REFPROP DATABASE Version 6.01
- 6) S. Y. Lee, 2008, "A Study on Performance of Air-condition Linked by Quick Disconnect Coupling", SAREK pp. 551-556