

# 냉장고 냉매유동 개선을 위한 내부 덕트 구조 설계에 관한 연구

## Design of a flow-duct for uniform flow of chilly air in a refrigerator

\*유재현<sup>1</sup>, 김판근<sup>1</sup>, \*박상후<sup>2</sup>, 배원병<sup>2</sup>, 김주완<sup>3</sup>

\*J. H. Yu<sup>1</sup>, #S. H. Park(sanhu@pusan.ac.kr)<sup>2</sup>, P.G.Kim<sup>2</sup>, W.B.Bae<sup>2</sup>, J.W.Kim

<sup>1</sup>부산대학교 기계공학부 대학원, <sup>2</sup>부산대학교 기계공학부/ 정밀정형 및 금형가공연구소, <sup>3</sup> 부산대학교 기계공학부, <sup>3</sup>LG전자 HA사업본부 냉장고연구소

Key words : Flow Duct, Refrigerator, Uniform Flow

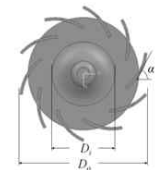
### 1. 서론

최근 지구온난화 등의 기후적 영향으로 친환경, 고효율 제품에 대한 세계적인 관심이 증가함에 따라 냉장고를 포함한 냉동 시스템 산업에서도 에너지 효율이 중요한 이슈로 취급되고 있다. 냉동 시스템에서 에너지 효율을 올리는 방법 중에 하나는 시스템 외부로 냉기유출을 줄이는 방법과 냉기의 균일한 흐름을 유도하여 냉장고 내에서 국부적인 온도차이를 줄여서 냉동 주기를 늘여서 에너지를 줄이는 방법 등이 있다. 본 연구에서는 이러한 냉장고의 냉기유동을 균일화 하기 위한 유동 덕트(flow duct) 구조에 관한 것으로 유동 덕트 설계변수에 따라 유동특성에 어떠한 영향을 주는지 알아보았다.

### 2. 지배방정식 및 경계조건

냉동실 내에서의 유동특성을 분석하기 위하여 냉장고에 사용되는 팬의 유동특성을 분석하였다. 본 논문에서는 냉장고의 소음 문제해결 및 성능향상을 위하여 냉장고에 주로 사용되는 원심형 팬(centrifugal fan)을 사용하였다.<sup>1</sup> 해석에 사용되어진 팬의 재원은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Geometry of a centrifugal fan

	Outer diameter, Do	51.9mm
	Inner diameter, Di	35.4mm
	Number of blades	10EA
	Blade width, w	2mm
	Blade angle, a	31.6°
	rpm	1000

팬은 1000rpm으로 회전을 함으로 마하수(Mach number)가 0.3 보다 작기 때문에 비압축성으로 가

정하여 계산하였다. 지배방정식은 연속방정식과 Navier-Stokes 방정식을 사용하였다. 난류유동해석을 하기 위해서는 다양한 난류모델을 적용하여 사용할 수 있는데 본 연구에서는 선 회류를 고려한  $k-\epsilon$  난류 모델을 사용하였다.<sup>2</sup>

### 3. 기존모델의 현상분석

기존모델의 각 토출구 지점의 유량 및 유동현상 분석을 위해 먼저 Fig1과 같이 각 토출구 구간을 정하였다.

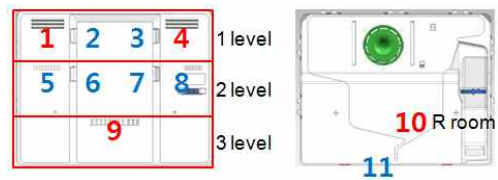


Fig.1 Each outlet in the freezer

Fig2는 각 Level의 토출비를 나타낸 그래프이다. Fig2에서와 같이 1Level과 2,3Level의 유량 차이가 2배가량 차이가 나는 것을 확인할 수 있다.

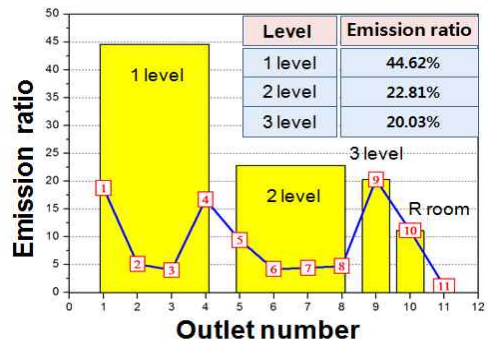
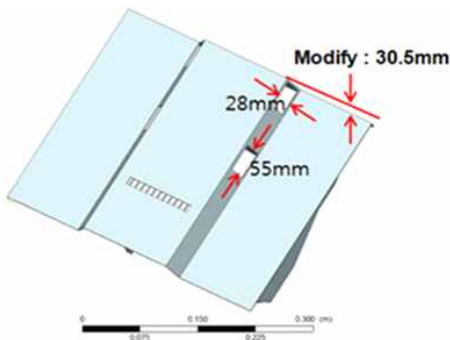


Fig.2 Comparison of emission ratio at the outlet of grill plate

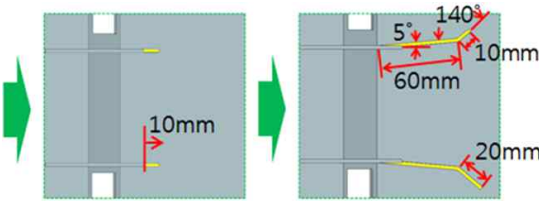
이러한 유량의 불균형 문제를 해결하기 위하여 유로형상에 대한 개선을 통하여 개선안을 도출하였다.

#### 4. 개선안 도출

적절한 냉기 분배를 위하여 Fig 3 와 같이 슈라우드 형상수정 및 리브 형상에 변수를 두고 재설계를 수행하였다. 유동장의 형상변화와 기존리브 형상에서 리브를 10mm 돌출 시켜 보았으며, 마지막으로는 보다 더 냉장실로 가는 입구면적 증가를 위하여 리브에 각도를 부여하는 방법을 사용하였다.



(a) Schematic shape of new grill plate



(b) Flow-duct shape

Fig.3 (a) Schematic shape of new grill plate: (b) flow-duct shape

해석결과 개선안의 토출비는 Table2와 같이 기존 모델에서의 문제점이었던 1Level 쪽과 3Level 쪽에서 24.59%의 토출량 차이를 11.46%까지 줄일 수 있게 되었다.

Table 2 Value of mass flow and discharge rate for improvement model

Level	Mass flow(kg/sec)	Discharge rate(%)
1	0.00533602	32.54
2	0.00504395	30.76
3	0.00345699	21.08

#### 5. 결론

본 연구에서는 가정용(Top mount)냉장고 팬 영역에서의 냉기 순환유동특성 향상을 위하여 내부 덕트 구조 설계에 관한 방법을 제안하고자 하였다. 냉동실 내부의 순환 유동특성의 경우 각 토출구에서의 질량유량을 이용하여 유한요소해법을 이용하여 수치적으로 예측하였으며 그 결과를 바탕으로 슈라우드의 유로형상을 임의로 설계하여 그 효과를 도출해내었다.

1. 기존의 냉장고에 설치된 냉기 유출구의 경우 냉기가 상층부에 44.62%, 하층부의 20.03%의 편중적인 유동을 하여 온도 분포가 균일하지 않았다.
2. CFD 를 이용하여 최적의 유로 형상을 도출하였고, 시뮬레이션결과 냉기의 분사정도의 차이가 24.59%에서 11.46%까지 확연히 줄어드는 것을 확인하였다.

#### 참고문헌

1. Lee, K.-C., Kim, C.-J., Hur, N. and Jeon, W.-H., "Flow Analysis of a Low-Noise Turbo Fan for a Vacuum Cleaner," J. of KFMS, Vol. 6, No. 4, pp. 14~20, 2003.
2. Oh, K. J. and Bae, C. K., "Numerical Analysis of the Viscous Flow Around a Front End Cooling Fan of the Car," Trans. of KOSIA Vol. 10, No. 4, pp. 221~226, 2007.
3. Morinushi, K., "The Influence of Geometric Parameters on F. C. Centrifugal Fan Noise," Trans. of the ASME, Vol. 109, pp. 227~234, 1987.
4. Raj, D. and Swim, W. B. "Measurements of the Mean Flow Velocity and Velocity Fluctuations at the Exit of a FC Centrifugal Fan Rotor," Trans. of the ASME, Vol. 103, pp. 393~399, 1981.
5. Griffin, L.W. and Dorney, D. J., "Simulation of the Unsteady Flow Through the Fastrac Supersonic Turbine," Trans. of Turbomachinery Vol. 122, pp225~233, 2000
6. Petit, O., Page, M., Beaudoin, M. and Nilsson, H., "The ERCOFTAC Centrifugal Pump OpenFOAM Case-study," 3rd IAHR Int. Meeting of Workgroup on Cavitation and Dynamic Problems in Hydraulic Machinery and Systems, Oct. 14-16, Brno, Czech Republic, 2009.