

CPU 수냉식 쿨러 자켓의 유동해석

이종선*, 박동석*

*대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과

CFD Analysis of CPU Water Cooler Jacket

Jong-sun Lee*, Dong-Seuk Park*

* Dept of Mechanical Design Engineering, Daejin University

요 약

본 논문은 CPU의 수냉식 쿨러 자켓에 대하여 CFD(computational fluid dynamics) 해석을 수행하여 내부면적이 큰 쿨러 자켓의 효율이 어느 정도 좋은 지를 내부면적이 작은 쿨러 자켓과 비교분석한다. 쿨러 자켓이 냉각수와 열 교류를 원활히 할 수 있도록 쿨러 자켓의 온도분포를 통하여 적절한 형상을 설계하여 CPU 수냉식 쿨러 자켓의 제작시 설계 자료로 이용하고자 한다.

2. 수냉식 쿨러 자켓의 설계

1. 서론

일반 컴퓨터의 발열부품들은 공냉식을 채택하고 있는데 이것은 열을 발생하는 부품에 Heatsink와 팬을 부착하여 바람을 불어 식히는 방식이다. Heatsink의 사이즈를 크게 하는 방법이 냉각을 개선시키고 있으나, 공기가 액체보다 열전도율이 매우 낮을 뿐 아니라 속도도 느리므로 여전히 한계가 있다. 따라서 팬을 더 빠른 속도로 작동시킬 수 밖에 없으며 그 결과 냉각을 높일수록 팬에서 발생하는 소음도 커지게 되고 시스템이 업그레이드됨에 따라 Heatsink의 크기가 커지게 되고 기존의 공냉식 쿨러로 냉각하기에 무리가 있을 수 있다. 이 같은 단점을 보완하기 위해 고성능 컴퓨터의 경우 수냉식 쿨러를 사용하고 있으나 기존의 수냉식 쿨러 자켓은 이종금속 접촉부식(galvanic corrosion)의 문제와 방열 면적의 협소로 인한 성능 저하 등의 문제점을 안고 있으므로 단일 금속을 사용하고 접촉면적을 최대화하여 설계함으로써 수명과 성능을 동시에 만족시킬 수 있다.

본 논문에서는 상용 유한요소 해석코드인 ANSYS를 활용하여 쿨러 자켓의 유동해석을 수행한다.

수냉식 쿨러 자켓 내부의 방열면적을 최대한 높이기 위하여 표면돌출형으로 하고 구리재질로서 68mm x 77mm x 15mm의 크기로 한다. 또한 수냉식 쿨러 자켓의 무게도 중요하기 때문에 이에 중점을 두어 설계하였다.

Fig. 1은 SolidWorks를 이용한 3D 형상을 설계한 것으로 쿨러 자켓의 형상을 보여주고 있다. 냉각수의 입구와 출구는 상부에 두어 내부에 냉각수가 전부 채워질 수 있도록 함으로써 효율을 높이고, 체결 부분에 고무링을 결합하여 누수를 방지하였다.

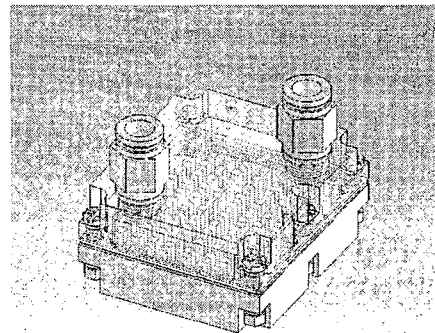


Fig. 1 The assemble geometry

3. 쿨러 자켓의 유동해석

3.1. 해석조건

쿨러 자켓의 온도분포를 평가하기 위하여 온도분포와 heat flux의 해석을 실시하였다. 온도에 영향을 주지 않는 아크릴재질의 상부커버와 고무링, 볼트 등은 해석대상에서 제외하였다.

쿨러 자켓 밀부분 재질로는 열전도율이 좋은 구리로 하였으며 물성치는 Table 1과 같다.

Table 1 Material property of copper

Property	Value
Thermal conductivity (cal/cm ² sec ² °C)	0.94
Specific resistance (Ωmm ² /m)	0.0178
Conductivity rate (% 은:100%일 때)	92.8
Mass Density(kg/m ³)	8300
Specific heat (J/kg·°C)	385

Table 2 Condition of analysis

CPU Temperature fixed	100°C
Outer Air Temperature fixed	22°C
Water Temperature change	25°C, 27°C, 29°C
current	0.000084 m/sec

해석 시 자켓의 작동에 있어서 밀면에서 얻어지는 열을 내부면에서 냉각수에 의해 열이 방출될 때의 온도분포가 어떻게 변화하는지 알아보기 위하여 Table 2와 같이 CPU 온도 100°C, 외부 공기온도 22°C로 고정하고 냉각수 온도 25°C, 27°C, 29°C, 유속은 0.000084(m/sec)로 발생 할 수 있는 온도 상황을 주었으며 유한요소해석 코드인 ANSYS로 해석하였다. 쿨러 자켓의 Heat flux와 Heat flow를 생각해 볼 때 내부의 표면적 넓이가 큰 요인이 되므로 쿨러 자켓 내부의 표면적이 최대한 클 경우와 작을 경우를 온도변화에 따라 해석하고 그 결과를 비교한다.

3.2 쿨러 자켓의 해석

Fig. 2는 쿨러 자켓 내부에서 냉각수의 유동경로를 나타낸 것으로 입·출구의 방향이 모두 상부로 되어 있어 내부의 모든면에 냉각수가 지나감으로 많은 열을 식힌다.

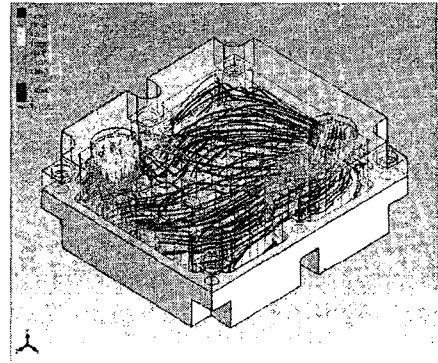


Fig. 2 Flow Trajectory

본 자켓은 내부 수로의 공간을 확보하여 설계 하였으며 유동경로해석을 통하여 쿨러자켓 내부에 사각기둥이 있어도 냉각수 흐름에는 큰 영향이 없다는 것을 알 수 있었다.

Heat Flux 해석은 위의 Table 2와 같이 설정하여 6번의 해석을 통해 쿨러 자켓 내부면적이 큰 것과 작은 것의 결과값을 산출하여 Table 3과 Table 4에 나타내었다.

Table 3 Heat flux of a large area

Water (°C)	Minimum (W/mm ²)	Maximum (W/mm ²)
25°C	1.1957e-005	2.1618e-002
27°C	1.6777e-005	2.1001e-002
29°C	5.5103e-006	2.0383e-002

Table 4 Heat flux of a small area

Water (°C)	Minimum (W/mm ²)	Maximum (W/mm ²)
25°C	1.4959e-005	2.3035e-002
27°C	6.047e-006	2.2431e-002
29°C	2.3538e-005	2.1827e-002

쿨러자켓의 내부 면적이 클 때와 작을 때의 최대값을 보면 두 가지 경우 모두 냉각수의 온도가 올라감에 따라 점차 값이 작아짐을 알 수 있다. 또한 면적이 클 때와 작을 때를 비교해 보면 면적이 클 때가 면적이 작을 때보다 값이 작다. 이는 두 쿨러 자켓의 면적 차이만큼 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 즉 면적이 클수록 자켓의 Heat flux는 작아진다.

Fig. 3 ~ Fig. 8은 온도분포 및 열유동을 보여주고 있다.

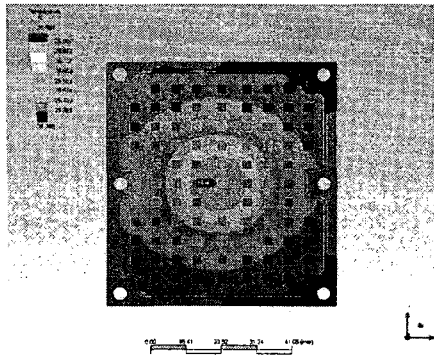


Fig. 3 Temperature of a large area and outer air temperature 25°C

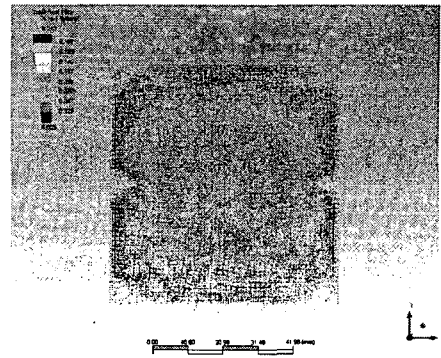


Fig. 6 Heat flux of a large area and outer air temperature 27°C

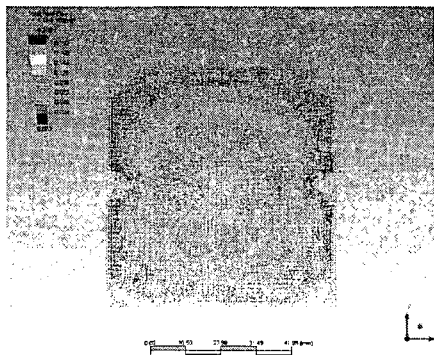


Fig. 4 Heat flux of a large area and outer air temperature 25°C

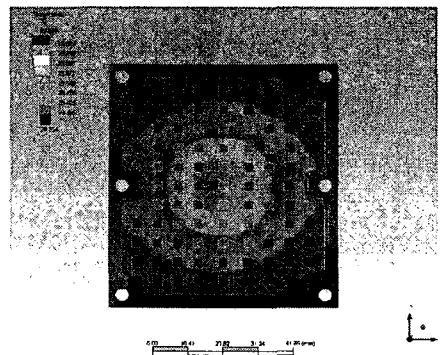


Fig. 7 Temperature of a large area and outer air temperature 29°C

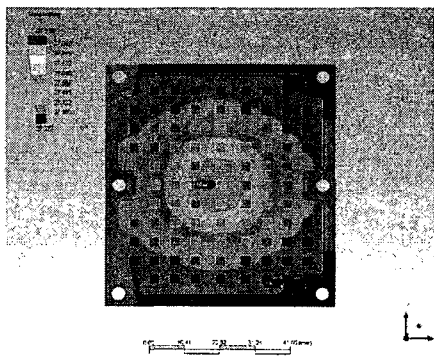


Fig. 5 Temperature of a large area and outer air temperature 27°C

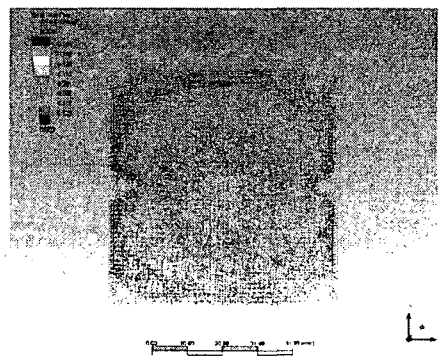


Fig. 8 Heat flux of a large area and outer air temperature 29°C

해석 결과에서 알 수 있듯이 전체적으로 냉각수의 온도가 변화 될 때마다 Heat flux의 결과값은 $0.07e-005W/mm^2$ 내외의 차이를 보이지만 표면적으로 비교해보면 $0.2e-005W/mm^2$ 내외의 차이를 보여 쿨러 자켓 내부의 표면적이 클 때가 표면적이 작을 경우 보다 열전달이 원활하다.

Table 5 Temperature of a large area

Water	Large area		Small area	
	Min.	Max.	Min.	Max.
25°C	25.29°C	25.96°C	25.93	26.74
27°C	27.27°C	27.93°C	27.89	28.69
29°C	29.26°C	29.89°C	29.85	30.62

두 쿨러 자켓의 내부 표면적 차는 10680mm^2 이며 Table 5의 온도 해석 결과를 보면 큰 면적과 작은 면적의 온도는 0.7°C 가량 차이가 남을 볼 수 있다. 이는 표면적이 늘어남에 따라 방열이 원활해지고 그에 따른 온도는 감소한다는 것을 알 수 있었고 이 결과를 수냉식 쿨러 자켓의 설계 자료로 활용하였다.

4. 결론

3차원 유한요소 해석코드인 ANSYS를 활용한 유동해석의 결과는 쿨러 자켓의 기초설계에 적용하였으며, 해석결과는 다음과 같다.

- 1) 성능 면에서 우수한 CPU 수냉식 쿨러 자켓은 고성능 컴퓨터의 성능을 뒷받침할 수 있다.
- 2) 컴퓨터의 무소음 구현이 가능하며 공냉식 냉각 방법으로 인한 팬의 소음과 많은 먼지가 기판에 묻는 것이 해소될 수 있다.
- 3) 쿨러 자켓 내부의 표면적이 클 때가 표면적이 작을 경우보다 냉각수를 통한 열전달이 원활하다는 것을 알 수 있었다. 이는 기존의 팬 방식의 냉각방법보다 온도가 현저히 낮고 온도 편차도 작으므로 수냉식 쿨러 자켓에 대한 설계기준을 확립하였다.
- 4) 유동해석의 결과를 이용하여 상용 CAD 소프트웨어인 Solid Works로 확립된 설계기준에 따라 설계하였다.

5. 참고문헌

- [1] 이건우, "컴퓨터 그래픽스와 CAD", 영지문화사, 1997.
- [2] ANSYS User's Manual Revision 7.0, 2000, Swanson Analysis System, Inc.
- [3] James shakelford and William Alexander, 1994, "Material Science and Engineering Hand Book", CRC Press.
- [4] 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001.
- [5] 김낙수, 임용택, 진중태 공역, 공업재료 가공학, 반도출판사, 1994.
- [6] T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, Introduction to Finite Elements in engineering, Prentice Hall, 1991.