

## 쿨러 자켓의 유동해석

이종선<sup>1\*</sup>

# Computational Fluid Dynamic Analysis of Cooler Jacket

Jong-Sun Lee<sup>1\*</sup>

**요 약** 본 논문은 CPU의 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 쿨러 자켓의 제작시 설계 자료로 이용하고자 한다.

**Abstract** The objective of this study is CFD analysis of CPU cooler jacket. The ANSYS code using was for this CFD analysis. In order to analysis of CPU cooler jacket, many variables such as boundary condition, conductivity, mass density, specific heat were considered. This analysis results are compare to small inner size jacket and large inner size jacket.

**Key Words** : Cooler jacket, CFD analysis, Temperature, Conductivity, Specific heat

### 1. 서 론

컴퓨터가 빠른 속도로 성능이 향상됨에 따라 고성능의 CPU를 필요로 하며 이를 안정적으로 구동하기 위하여 기존의 150W의 Power Supply에서 350W이상의 Power Supply가 요구된다. 이에 따라 CPU, Main Board에서 발생하는 열은 기존의 공냉식 쿨러로 냉각하기에 무리가 있다.

또한 열을 식히기 위하여 컴퓨터 케이스에 흡입구를 많이 만들어 외부의 공기를 흡입하므로 기관과 냉각팬에 많은 먼지가 쌓이게 되며 냉각성능이 저하되거나 쿨러에 먼지가 끼어 멈추었을 때 CPU나 Main Board가 과열되고 심한 경우 먼지에 불이 붙는 상황이 발생된다. 일반 컴퓨터의 발열부품들은 공냉식을 채택하고 있는데 일반적으로 공냉식은 열을 발생하는 부품에 Heatsink와 팬을 부착하여 CPU에서 발생된 열이 Heatsink에 전달된 후 Heatsink에 바람을 불어 식히는 방식이다. Heatsink의 사이즈를 크게 하는 방법 또는 그 외 방법들이 냉각효율성을 개선 시키고 있으나, 공기가 액체보다 열전도율이 매우 낮을 뿐 아니라 속도도 느리므로 여전히 한계가 있다. 따라서 팬을 더 빠른 속도로 작동시킬 수 밖에 없으며 그

결과 냉각효율이 높을 수록 팬에서 발생하는 소음도 커지게 되고 시스템이 업그레이드 됨에 따라 Heatsink의 크기가 커지고 소음은 높아지게 된다. 때문에 위와 같은 단점을 보완하기 위해 고성능 컴퓨터의 경우 수냉식 쿨러를 사용하고 있으나 기존의 수냉식 쿨러는 이종금속 접촉부식(galvanic corrosion)과 방열 면적의 협소로 인한 성능 저하 등의 문제점을 안고 있으므로 단일 금속을 사용하고 접촉면적을 최대화하여 설계함으로써 수명과 성능을 동시에 만족시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 상용 유한요소 해석코드인 ANSYS[1-2]를 활용하여 자켓 밑면에 열을 가하고 내부면에 냉각수의 온도와 비열 등을 설정하여 유동해석[3-5]을 수행한다.

### 2. 쿨러 자켓의 설계

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

그림 1~그림 3은 SolidWorks를 이용한 3D 형상[6]을 설계한 것으로 상·하부 자켓의 형상을 보여주고 있다. 냉각수의 입구와 출구는 상부에 두어 내부에 냉각수가 전부 채워질 수 있도록 함으로써 효율을 높이고, 체결부분

<sup>1</sup>대전대학교 컴퓨터응용기계설계공학과  
\*교신저자 : 이종선(jongsun@daejin.ac.kr)

에 고무링을 결합하여 누수를 방지하였다.

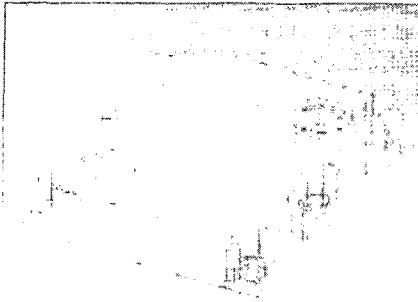


그림 1. 상부형상

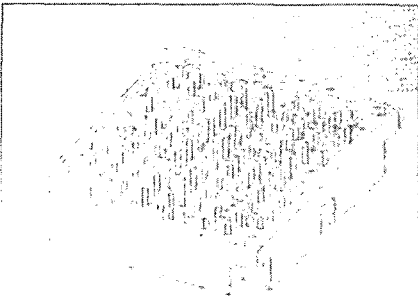


그림 2. 하부형상

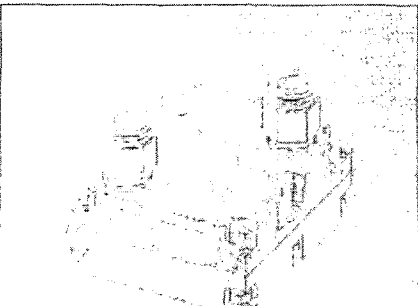


그림 3. 조립형상

### 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 재료로는 열전도율이 좋은 구리로 하였으며 물성치[7]는 표 1과 같다.

표 1. 구리의 재료물성치

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

표 2. 해석조건

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 쿨러 자켓의 작동에 있어서 밀면에서 얼어지는 열을 내부면에서 냉각수에 의해 열이 방출될 때의 온도분포가 어떻게 변화하는지 알아보기 위하여 표 2와 같이 CPU 온도 100°C, 외부 공기온도 22°C로 고정하고 냉각수가 쿨러 자켓으로부터 얻어진 열을 Radiator에서 식혀 다시 쿨러 자켓으로 들어가는 온도를 25°C, 27°C, 29°C, 유속은 0.000084(m/sec)로 해석하였다.

CPU의 사용정도에 따라 CPU의 온도가 올라감은 물론 그 주위의 온도와 냉각수 온도 또한 증가하므로 열원의 값을 다방향으로 생각해 볼 필요가 있어 여러 경우의 해석을 실시하였고 또한 결과 값의 정확도를 높이기 위해 자켓 밀면에 직접 열원을 가하지 않고 실제로 CPU에서 자켓으로 열이 전달되게 하여 유한요소해석 코드인 ANSYS로 해석하였다.

표 3은 절점과 요소의 개수를 나타내며 그림 4와 그림 5는 요소망의 형상을 나타낸 것이다.

수냉식 쿨러자켓의 Heat flux와 Heat flow를 생각해 볼 때 내부의 표면적 넓이가 큰 요인이 된다. 그림 4는 쿨러 자켓 내부에 사각형 돌출이 있는 것으로 표면적이 최대한 클 경우와 그림 5의 형상처럼 사각형 돌출이 없는 것으로 표면적이 최대한 작을 경우이며 두 가지 경우를 온도변화에 따라 해석하고 그 결과를 비교한다.

표 3. 해석시 절점수와 요소수

	Large area	Small area
Nodes	89096	60344
Elements	21450	16373
Elements Shape	Hex Dominant	Hex Dominant

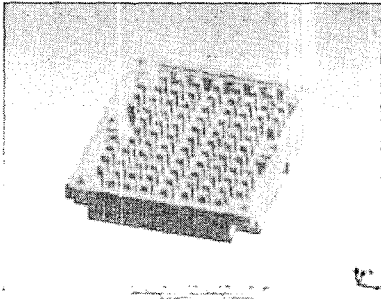


그림 4. 큰 면적의 메쉬형상

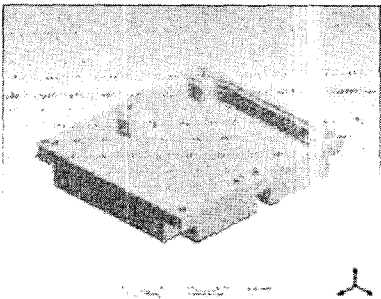


그림 5. 작은 면적의 메쉬형상

### 3.2 쿨러 자켓의 해석

그림 6은 쿨러 자켓 내부에서 냉각수의 압력에 따른 유동경로를 나타낸 것으로 입·출구의 방향이 모두 상부로 되어 있어 내부의 모든면이 냉각수가 지나감에 따라 냉각 효율을 높일 수 있다.

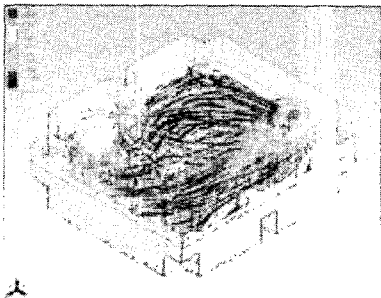


그림 6. 유동경로

본 쿨러 자켓은 내부로 냉각수가 원활히 흐르게 할 수 있도록 수로의 공간을 확보하여 설계 하였으며 유동해석을 통하여 쿨러 자켓 내부에 사각기둥이 있어도 냉각수 흐름에는 큰 영향이 없다는 것을 알 수 있었다.

Heat Flux 해석은 위의 표 2와 같이 여러 조건을 설정하여 해석을 통해 쿨러 자켓 내부면적이 큰 것과 작은 것의 결과값을 산출하여 표 4와 표 5에 나타내었다.

표 4. 큰 면적의 Heat flux

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

표 5. 작은 면적의 Heat flux

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

쿨러 자켓의 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 값이 작다. 즉 면적이 클수록 쿨러 자켓의 Heat flux는 작아진다.

그림 7~그림 18은 면적이 큰 경우와 작은 경우의 온도분포 및 열유동을 보여주고 있다.

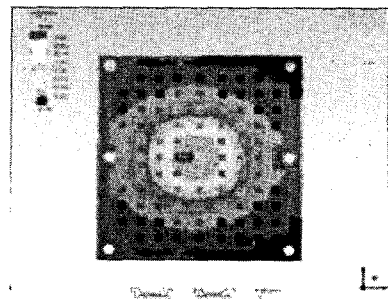


그림 7. 큰 면적의 온도분포(25°C)

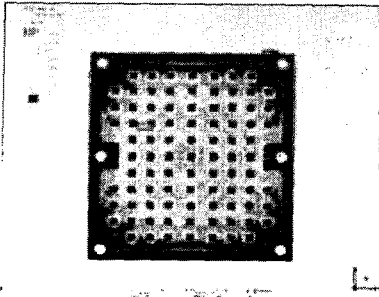


그림 8. 큰 면적의 Heat flux(25°C)

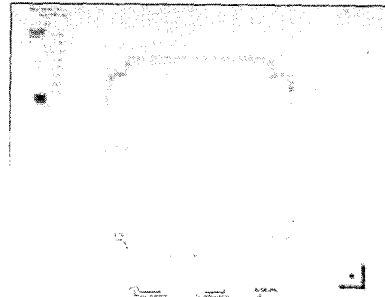


그림 12. 작은 면적의 Vector(25°C)

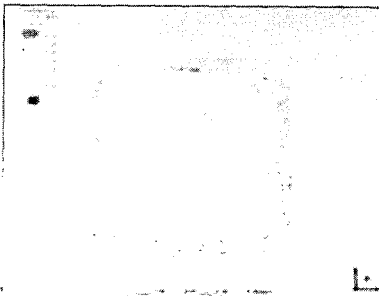


그림 9. 큰 면적의 Vector(25°C)

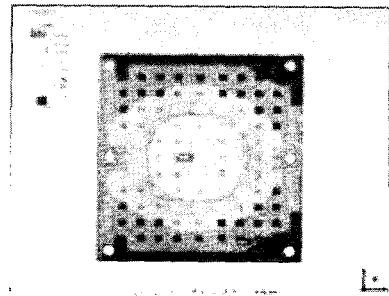


그림 13. 큰 면적의 온도분포(29°C)

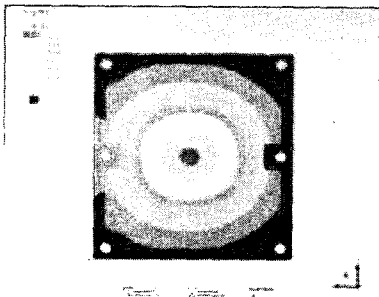


그림 10. 작은 면적의 온도분포(25°C)

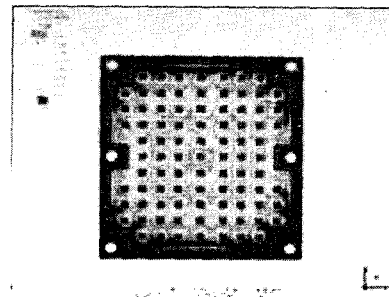


그림 14. 큰 면적의 Heat flux(29°C)

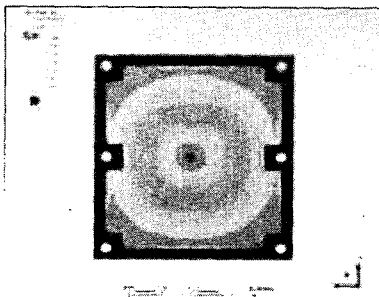


그림 11. 작은 면적의 Heat flux(25°C)

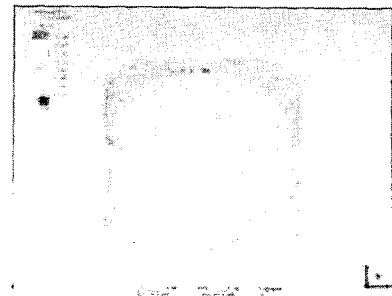


그림 15. 큰 면적의 Vector(29°C)

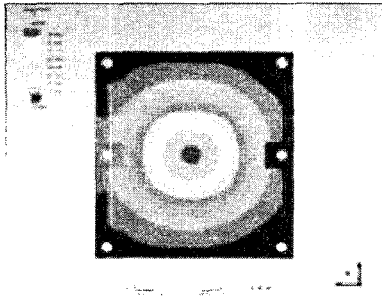


그림 16. 작은 면적의 온도분포(29°C)

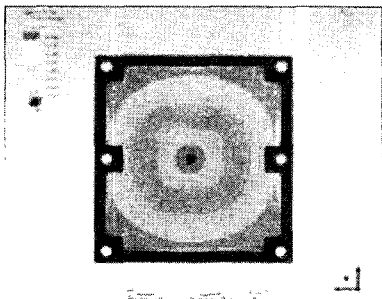


그림 17. 작은 면적의 Heat flux(29°C)

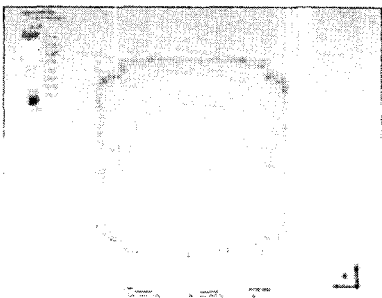


그림 18. 작은 면적의 Vector(29°C)

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

두 쿨러 자켓의 내부 표면적 차는 10680mm<sup>2</sup>이며 표 6의 온도 해석 결과를 보면 온도는 0.7°C 가량 차이가 남을 알 수 있다. 이는 표면적이 늘어남에 따라 방열이 원활해지고 그에 따른 온도는 감소한다는 것을 알 수 있었고 결과를 쿨러 자켓의 설계 자료로 활용하였다.

표 6. 큰 면적과 작은 면적의 온도분포

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

#### 4. 결론

뛰어난 성능의 쿨러 자켓을 만들기 위하여 3차원 유한 요소 해석코드인 ANSYS를 활용한 유동해석의 결과는 쿨러 자켓의 기초설계에 적용하였으며, 해석결과는 다음과 같다.

- 1) 성능 면에서 쿨러 자켓은 고성능 컴퓨터의 성능을 뒷받침할 수 있다.
- 2) 쿨러 자켓의 내부 면적이 클 때와 작을 때의 최대값을 보면 모두 냉각수의 온도가 올라감에 따라 점차 값이 작아짐을 알 수 있다. 또한 면적이 클 때와 작을 때를 비교해 보면 면적이 클 때가 값이 작다. 즉 면적이 클수록 쿨러 자켓의 Heat flux는 작아진다.
- 3) 쿨러 자켓 내부의 표면적이 클 때가 표면적이 작을 경우보다 냉각수를 통한 열전달이 원활하다는 것을 알 수 있었다. 이는 기존의 팬 방식의 냉각방법 보다 온도가 현저히 낮고 온도 편차도 작다.

#### 5. 참고문헌

- [1] ANSYS User's Manual Revision 7.0, Swanson Analysis System, Inc., 2000.
- [2] 고재용, ANSYS 유한요소법, 시그마프레스, 2001.
- [3] 이종선, 원종진, 홍석주, 윤희중, “아이스콘 금형의 유동해석”, 한국산학기술학회논문지, Vol.3, No.4, pp.285-289, 2002.
- [4] 이종선, 백두성, “유니베이크 오븐의 유동해석”, 한국산학기술학회논문지, Vol.5, No.5, pp.371-376, 2004.
- [5] T. R. Chandrupatla and A. D. Belegundu, Introduction to Finite Elements in engineering, Prentice Hall, 1991.
- [6] 이건우, “컴퓨터 그래픽스와 CAD”, 영지문화사, 1997.

[7] James shakelford and William Alexander, "Material Science and Engineering Hand Book", CRC Press., 1994.

---

이 종 선(Jong-Sun Lee)

[종신회원]



- 1982년 2월 : 국민대학교 기계설계학과 (공학사)
- 1984년 2월 : 국민대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 국민대학교 기계설계학과(공학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대진대학교 컴퓨터응용기계설계공학과 부교수

<관심분야>

최적설계, 생산공학