

열교환기에서의 연성 시뮬레이션 해석

조재웅*, 한문식#

Ductile Simulation Analysis at Heat Exchanger

Jae-Ung Cho*, Moon-Sik Han#

ABSTRACT

This study is analyzed by the simulation of heat exchanger. As heat conduction happens as contact begins, the temperature increases until 70°C at the contact part. The displacement increases until 33mm at its maximum and maximum equivalent stress at final stage increases 20 times as much as that of first contact. The expenses about maintenance, repair and management of parts can be reduced largely by applying the simulation about various parts of heat exchanger.

Key Words : Pinball Region(핀볼 영역), Thermal Contact(열접촉), Heat Conduction(열전달), Surface to Surface Contact(면대면 표면접촉), Bi-directional Ductile Analysis(쌍방향연성해석)

1. 서 론

방열기는 열교환기^[1,2]의 일종으로, 열을 방출하는 것에 의해 난방을 목적으로 하는 것과 냉각을 목적으로 하는 것이 있다. 난방용 방열기는 주형 방열기, 대류 방열기와 같이 증기나 온수에 의해 실내를 난방하는 Type이다. 냉각용에는 내연기관의 실린더 냉각에 사용된 온도가 상승한 냉각수를 공기로 냉각하는 Type으로, 다수의 핀인 방열 핀이 조합되어 설치된다. 열 이동은 주로 열방사와 자연 대류이다. 또한 열교환기의 전열관의 일종으로서 방열기내에서 증기나 온수가 흘러 열을 방출하는 관인데, 방열관에서 관외의 열이동은 주로 방사, 대류에 방열을 촉진하기 위해 방열 핀을 설치하는 경우가 있다. 방열관의 재료

로서는 열전도율이 비교적 높은 금속이 선택된다. 구조 쪽의 변형은 온도장에 대하여 큰 영향을 받게 된다^[3-5]. 이는 열접촉으로서 접촉부에서 열의 이동이 발생하기 때문이다. 이런 경우에는 쌍방향 연성해석을 수행한다^[6]. ANSYS는 사용하기 편한 면 대 면(Surface to Surface)접촉 요소군을 이용하여 열 접촉에 관한 해석을 수행할 수 있다^[6,7].

이 열접촉 기능은 열해석에서 접촉 열저항의 표현에만 사용할 수도 있지만 구조 해석에 의한 접촉과 접촉에 의한 온도장의 변화를 연성해석으로 해결할 수 있다. 구조용 재료 특성으로 선팽창 계수를 부여하면 온도장의 변화에 의한 구조변형의 변화를 볼 수 있다. 이 구조 변형을 변화에 의해 접촉 상태가 변화하면, 쌍방향 연성해석을 수행한다. 본 연구에 있어서는 기존에 설계하여 사용하던 열교환기로서는 열판과 가스켓의 부품 손실이 컸으나, 본 연구에 있어서와 같이 물이 온도를 조절해 각 라인으로 보내는 역할을 하는 열교환기를 시뮬레이션을 하여 설계함

* 공주대학교 기계자동차공학부
교신저자 : 계명대학교 기계자동차공학부
E-mail : sheffhan@kmu.ac.kr

으로서 그 에너지 절감 효과 및 부품 교체시에 경제적 효과가 크다고 보인다. 또한 유지보수비 등 부품의 관리비에 있어서도 그 절감효과가 크다고 사료된다.

2. 모델 및 해석

본 연구 모델은 Plane13의 사각형 평면 요소를 사용하였다. Fig. 1과 같이 가로와 세로가 각각 50mm이고 요소수는 위와 아래의 평판이 2500개씩으로 되어 있다. 이 재료의 탄성 계수는 21×10^{10} Pa이고 선팽창 계수는 1×10^{-6} 이다. 가로 및 세로가 각각 50mm인 정사각형 판이 30mm 거리가 떨어져 있고, 아래쪽 평판이 위쪽 평판에 대하여 20mm 쪽으로 빗겨져 있다. 해석에 필요한 조건은 Fig. 1에 나타나 있다. 위판의 꼭대기 면에서는 100°C 로 온도가 고정되어 있고, 아래 판의 아래쪽 면에서는 40°C 로 온도가 고정되어 있다. 분위기 온도는 55°C 이고 열전달계수는 $50 \text{ W/m}^2\text{C}$ 이고 열전도율은 $42 \text{ W/m}^2\text{C}$ 이다.

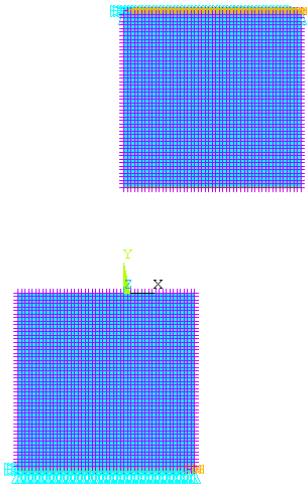


Fig. 1 Configuration and Finite Element Division of Model.

또한 Fig. 1과 같이 상하로 같은 치수의 사각형 모델이 옆으로 약간 이동된 위치에서 상하로 떨어져 있다. 이 모델을 천천히 접근시켜 접촉시킨다. 온도차

가 있기 때문에 접촉시에 접촉면에서 열이 이동한다. 두 면의 전열 조건은 접촉면 사이의 상태에 따라 변한다. 멀리 떨어져 있을 때는 분위기 온도(50°C)와의 열전달이 일어나며, 접촉면이 접근하여 핀볼(Pinball) 영역내(요소의 깊이가 1mm이므로 Pinball 영역은 2mm)가 되면 면 사이에서의 열전달(열전달계수는 $50 \text{ W/m}^2\text{C}$ 로 분위기와의 열전달계수와 같음)이 일어나며, 접촉하면 접촉시의 접촉 열전도율($1 \times 10^8 \text{ W/m}^2\text{C}$)로 바뀌도록 설정하였다. 상면(접촉하는 면)은 접촉 상태에 따라 변화시킨다. 멀리 떨어져 있을 때는 단열이지만, 면간 거리가 Pinball 영역내에 들어와 접촉할 때까지는 상측모델의 접촉면과 같은 조건이 된다.

Fig. 2는 접촉 직전에 윗면과 아래면의 사이가 1mm 떨어져 있을 때의 온도 분포를 보인 것이며 Fig. 3부터 Fig. 5에서는 그 사이가 접촉이 되어 각각 0, 1, 3 mm로서 윗면이 아랫면에 들어가는 경우로서의 온도 분포를 보인 것이다. Fig. 2와 같이 접촉 직전 1mm 부분에서는 위 상부의 사각형은 100°C 와 40°C 로 유지되다가 Fig. 3부터 Fig. 5에서는 접촉이 되어 접촉 부분에서 대략 70°C 의 분포를 이루면서 그 영역이 넓어지고 있다.

역시 Fig. 6은 접촉 직전에 윗면과 아래면의 사이가 1mm 떨어져 있을 때의 등가 응력의 분포를 보인 것이며 Fig. 7부터 Fig. 10에서는 그 사이가 접촉이 되어 각각 0, 1, 2, 3mm로서 윗면이 아랫면에 들어가는 경우로서의 등가 응력의 분포를 보인 것이다.

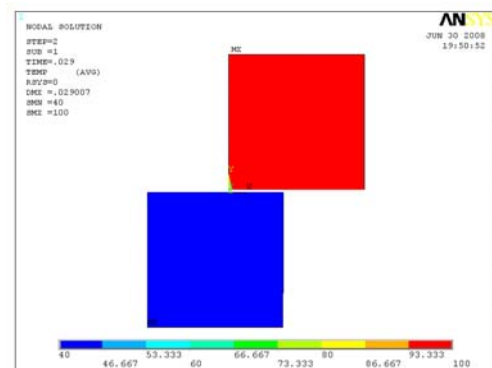


Fig. 2 Temperature Contour at the Gap Distance of 1mm between Upper and Lower Plates.(Unit: $^\circ\text{C}$)

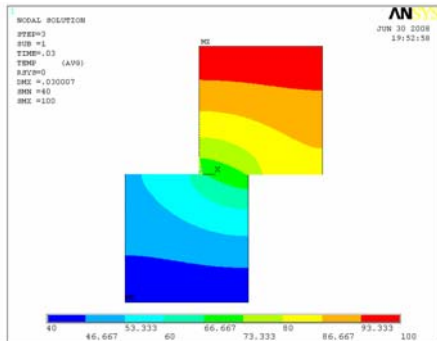


Fig. 3 Temperature Contour at the Distance of 0mm between Upper and Lower Plates(Contact). (Unit: $^{\circ}\text{C}$)

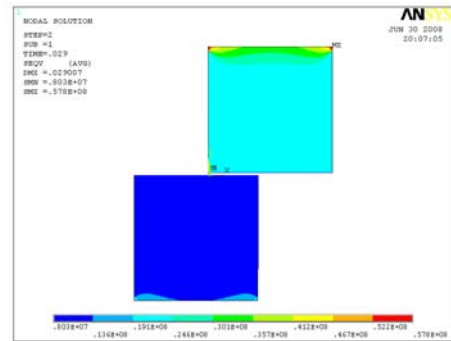


Fig. 6 Equivalent Stress Contour at the Gap Distance of 1mm between Upper and Lower Plates. (Unit: Pa)

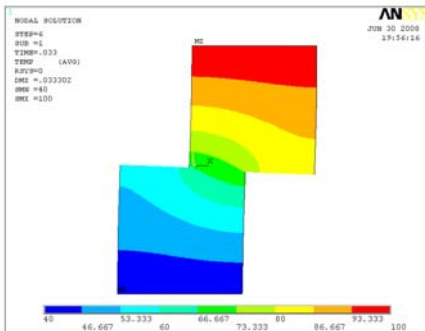


Fig. 4 Temperature Contour at the Penetrated Distance of 1mm at Lower Plate by Upper Plate. (Unit: $^{\circ}\text{C}$)

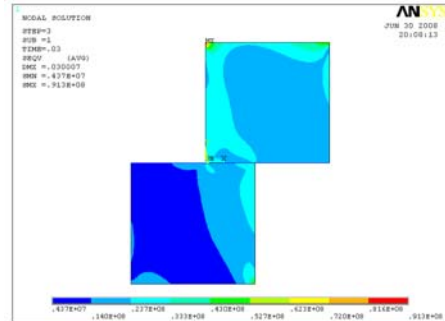


Fig. 7 Equivalent Stress Contour at the Distance of 0mm between Upper and Lower Plates (Contact). (Unit: Pa)

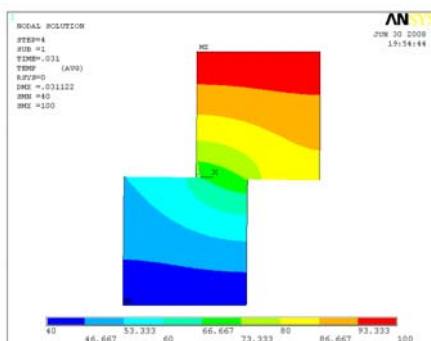


Fig. 5 Temperature Contour at the Penetrated Distance of 3mm at Lower Plate by Upper Plate. (Unit: $^{\circ}\text{C}$)

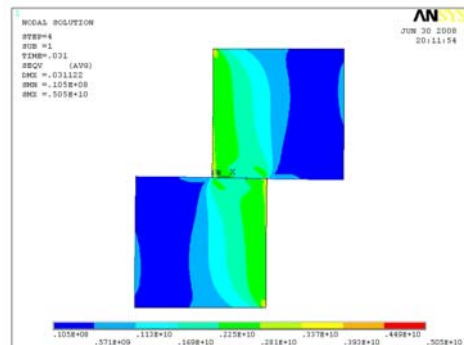


Fig. 8 Equivalent Stress Contour at the Penetrated Distance of 1mm at Lower Plate by Upper Plate. (Unit: Pa)

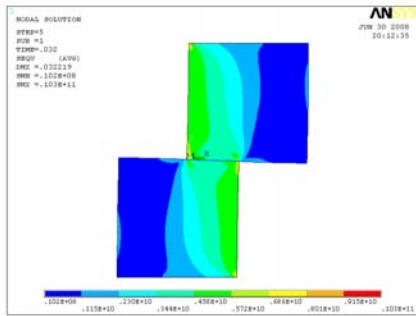


Fig. 9 Equivalent Stress Contour at the Penetrated Distance of 2mm at Lower Plate by Upper Plate. (Unit: Pa)

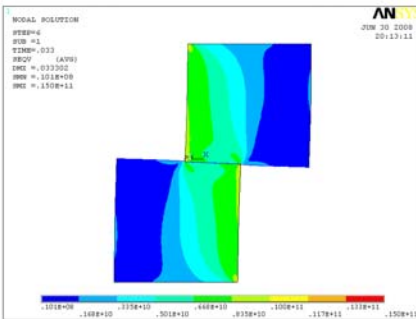


Fig. 10 Equivalent Stress Contour at the Penetrated Distance of 3mm at Lower Plate by Upper Plate. (Unit: Pa)

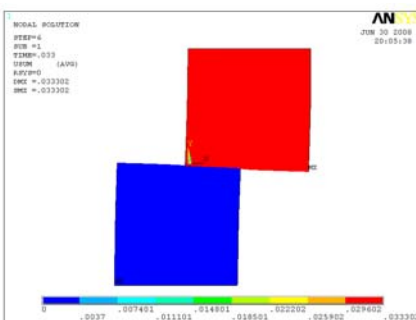


Fig. 11 Displacement Contour at the Penetrated Distance of 3mm at Lower Plate by Upper Plate(Last Stage). (Unit: m)

Fig. 6에서와 같이 최대 등가 응력은 초기 위치에는 $0.578 \times 10^8 \text{ Pa}$ 로 위의 누르는 면에서 크게 작용하다

가 Fig. 7부터 Fig. 9까지는 계속 증가된다. Fig. 10에서와 같이 마지막에 작용이 되어 가해지는 면에서는 $0.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$ 까지 증가되어 접촉의 초기인 Fig. 6 보다 20배까지 커짐을 알 수 있었다.

Fig. 11은 마지막 단계로서 윗면과 아랫면이 접촉이 되어 3mm로서 윗면이 아랫면에 들어가는 경우에서의 등가 응력의 분포를 보인 것이다.

마지막 단계로서 Fig. 11에서의 최대 변위는 33mm 까지 증가됨을 알 수 있다.

3. 결 론

본 연구는 열교환기를 시물레이션을 하여 설계함으로써 다음과 같은 해석 결과를 보았다.

1. 접촉되면서 열전도가 되는데 그 접촉부분에서 70°C 까지 온도가 증가됨을 알 수 있었다.
2. 접촉 부위에서는 변위가 최대 33mm까지 증가하였다.
3. 최대 등가 응력은 접촉의 초기 보다 20배까지 커짐을 알 수 있었다.
4. 열교환기의 여러 부품에 대한 시물레이션을 적용함으로써 부품의 유지보수 및 관리비에 있어서 그 절감효과가 크다고 사료된다.

참고문헌

1. Kim, S. H., "Simulation of a Cold - Storage System," International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 23, No. 3, pp. 212-220, 1994.
2. Lee, T. S., "Heat Exchanger Design," Transactions of the KSME, Vol. 7, No. 2, pp. 17-33, 1967.
3. 김주용, 민만기, 최영돈, "공동주택 온수배관 시스템의 적정난방 열공급을 위한 배관망 시물레이션," 대한설비공학회 학술발표대회논문집 1990年度 冬季學術大會, pp. 106-110, 1990.
4. 이관수, 박희용, 김창기, "맥동연소 온수기에서 열적 및 동적거동의 예측을 위한 컴퓨터 시물레이

- 선.” 대한기계학회 춘추학술대회. 제1권, pp. 721-725, 1987.
5. Park, S. I., “A Study on Prediction Model of Flow and Heat Transfer in the Circulating Fluidized Bed Heat Exchanger with Multiple Vertical Tubes,” International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 19, No. 3, pp. 263-268, 2007.
 6. Swanson, J., “Ansys Classic,” ANSYS Version 11.0, 2008.
 7. Woo, S. W., Hwang, K. I., Kim, J. H. and Shin, S. H., “A Performance Prediction of a Vertical-type Geothermal Heat Exchanger by CFD Analysis,” Journal of The Korean Solar Energy Society, Vol. 27, No. 3, pp. 117-125, 2007.