

고속 발사체의 마찰열이 내부의 관성 측정 장치에 미치는 열 전달 특성 Heat transfer characteristic that frictional heat gets to inertia measuring device of inside of high speed projectile

*박동진¹, #이석순², 이종수³, 최용준³, 탁승민¹, 강민규¹

*D. J. Park¹, #S. S. Lee(leess@gsnu.ac.kr)², J. S. Lee³, S. M. Tak¹, M. K. Kang¹, Y. J. Choi³
¹경상대학교 기계공학과, ²경상대학교 기계항공공학부, ³경인테크주

Key words : Heat transfer, Numerical analysis

1. 서론

1944년 9월 8일, 최초의 유도 탄인 독일의 V2가 사용되었는데 이 시기의 유도화 무기는 상당히 획기적인 전략 체계였으나 속도나 정밀도, 그리고 개발비용이 많이 요구되었기 때문에 상당히 많은 문제점을 안고 있었다. 그러나 2차 대전 이후로 유도무기는 사거리, 속도, 정밀도 등에서 많은 발전을 이뤘었다. 최근 유도무기는 더욱 비약적으로 발전하여 수많은 종류의 유도화 무기가 개발되었고 그리고 계속 개발 중이다.

유도화 무기와 재래식 무기의 가장 큰 차이점은 유도탄 제어시스템의 탑재 여부인데 재래식 무기는 개발비용에 대해서 유도화 무기보다 훨씬 큰 이점을 지니고는 있지만 사용시 요구되는 인적 자원과 그리고 무기의 가장 중요한 특성인 정밀도에 대해서는 관련 기술이나 숙달 정도에 의해서 많이 좌우되기 때문에 특히 신속하고 정밀한 공격이 요구되는 현대전에서는 유도화 무기에 비해 경쟁력이 상당히 떨어진다.

따라서 유도화 무기에서 제어 시스템의 이상 유무는 상당히 중요한 변수라고 할 수 있는데 본 논문에서는 이러한 유도탄 제어 시스템 중 하나인 관성 측정 장치에 대한 열 전달 특성에 대해 다루어 열에 의한 제어 시스템의 안전성에 대한 검증을 목적으로 한다.

2. 관성 측정 장치의 형상 및 시스템

관성 측정 장치는 다른 장치와 마찬가지로 여러 가지 환경 시험을 거치게 된다. 그 중 외부에서 발생하는 마찰열에 의해 전달되는 열에 의한 내구성 검사가 이 환경 시험에 포함된다. 유도를 하기 위한 신호를 처리하는 과정에서 장치 내부의 신호처리보드와 센서보드에서 열이 발생하게 되지만 외부에서 가해지는 온도에 비해 발열량이 현저히 낮기 때문에 고려 대상에 제외하였다.

따라서 상온(25°C)상태인 장치에 외부로부터 70°C의 열을 2시간 동안 가하여 내부로의 열 전달 정도를 측정하여 Fig. 1과 같이 중요한 부품인 센서보드와 신호처리보드의 오작동 여부를 판단하게 된다.

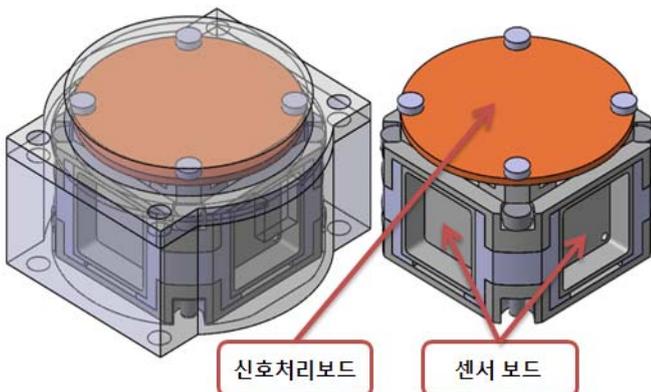


Fig. 1 Whole model and signal processing board, sensor board

Table 1 Material property

Material	A7075-T6	STS316	FR4
Thermal Conductivity (W/m-K)	130	16.3	0.35
Specific Heat (kJ/kg-K)	0.96	0.5	1.3

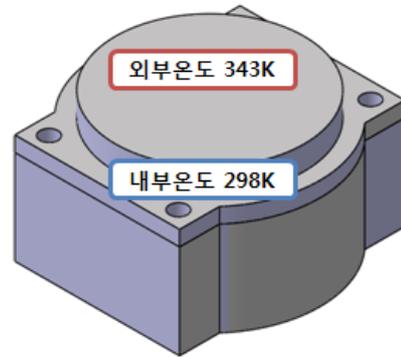


Fig. 2 Temperature of inside and outside of whole system

3. 유한요소해석(Finite Element Analysis)

상용 프로그램 ABAQUS를 사용하여 유한요소(Mesh)를 생성하였다. 생성된 유한요소의 종류는 한 요소당 절점의 개수가 4개인 C3D4로 생성하였고, 전체 Element의 개수는 105,251개, Node의 개수는 43,471개이다.

각 부품에 대한 재질은 Table 1에서 나타낸 것과 같이 CPU와 ISC 보드, 그리고 6개의 센서보드는 FR4, Bolt는 STS316이며, 나머지 부품들의 재질은 A7075-T6을 적용하였다.

본 연구에서는 응력이나 변위가 아닌 Transient state(과도 상태)에서 열 전달에 대한 문제만을 다루기 때문에 각 재질에 대한 물성치는 열 전달에 관련된 물성치인 Thermal Conductivity(열전도도)와 Specific Heat(비열) 두 가지만을 적용하였다.

경계조건(Boundary Condition)은 외부 온도가 70°C이기 때문에 절대온도단위(Kelvin)로 환산한 값인 343K를 상, 하부 Housing의 외부에 적용하였다. 나머지 각 부품의 초기 온도는 상온(298K)으로 적용하였고, 각 부품간에 접촉해 있는 부분은 모두 접촉조건을 적용하였다. 각 부품간의 접촉 시간격의 차이에 따라 열전도율이 달라진다. 일반적으로 두 부품간의 간격이 좁을수록 열전도도는 높아지는데, 본 해석에서는 두 부품간의 거리가 0mm일 때 100,000W/m²-K을, 1mm일 때 100W/m²-K을 적용하였다.

ABAQUS에서는 두 매질이 접촉해 있을 경우 에너지 차단 막 역할을 하는 Surface film condition을 적용하게 되는데 이 값은 고체, 액체, 기체와 같이 액상에 따라 달라진다. 본 해석에서는 고체와 고체간의 열 전달만을 고려하게 되므로 이 조건에서의 설정 값인 Film coefficient 28W/m²-K로 설정하였다.

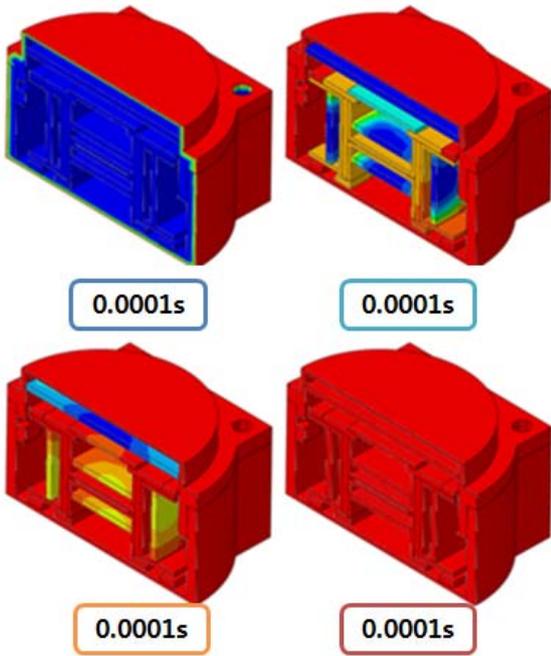


Fig. 3 Temperature change by time

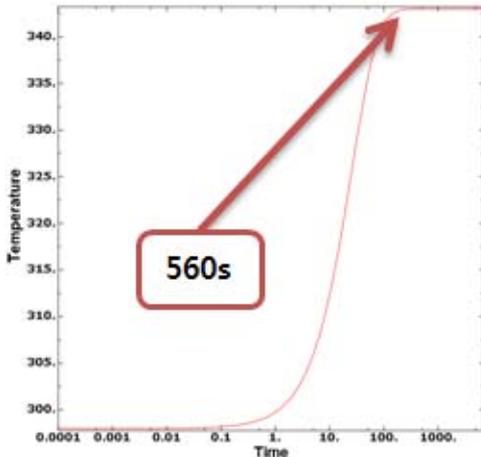


Fig. 4 Temperature change on signal processing board

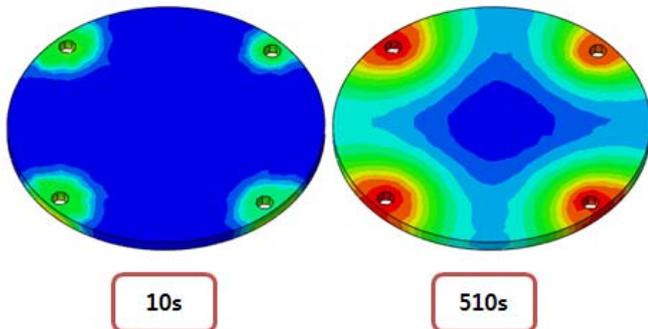


Fig. 5 Temperature change by time

4. 유한요소해석결과(Finite Element Analysis Result)

해석 결과, 외부의 온도가 내부의 온도보다 높기 때문에 Fig. 3 과 같이 외부로부터 열이 시간이 지남에 따라 내부의 신호처리보드와 센서보드를 포함한 여러 부품에 전달되었다.

신호처리보드에서 초기 상태부터 약 1 초가 지난 뒤 온도가 급격히 증가하다가 약 2 분이 지난 뒤 시간에 따른

온도 변화율은 낮아지기 시작하여 약 9 분 이후부터 343K로 열 평형 상태에 도달하게 되었다.

신호처리보드는 4 개의 볼트가 체결되어 있는데 이 볼트로부터 열이 전달되어 Fig. 5 와 같이 평형상태에 도달하게 된다.

5. 결론

엔트로피 증가의 법칙에 따라 열은 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 전달되게 된다.

외부온도 343K 가 내부의 온도인 298K 보다 45K 정도 높기 때문에 시간이 지나면서 외부에서 내부로 열이 전달되는 것을 확인할 수 있었다.

1 분이 지났을 때의 신호처리보드의 온도는 약 330K 이다. 실제로 포의 비행 시간은 목표물에 도달하기까지 1 분도 채 되지 않기 때문에 이 시간대에서의 결과를 보는 것이 타당하다고 할 수 있다.

이 관성 측정 장치를 포함한 포탄은 일회성인 소모품이기 때문에 열 적 피로에 의한 오작동은 고려하지 않아도 된다.

하지만 신호처리보드나 센서보드는 상당히 민감한 부품들이기 때문에 목표물에 정확히 도달하기 위해서는 내부의 장치에 대한 열 전달이 가능한 최소화 되어야 한다.

단순히 열 전달에 관한 결과만을 검토 한다면 이 관성 측정 장치에 사용되는 재료를 열 전도도가 가능한 낮은 재료로 사용하여 내부로의 열 전달을 최소화 하는 것이 이 장치에 대한 안전성을 높이는데 중요한 변수가 될 수 있다.

후기

본 연구는 2 단계 지역대학 육성사업(BK21)과 창원단지혁신클러스터 추진단의 지원에 의해서 연구 되었다. 모든 지원에 감사 드린다.

참고문헌

1. Incropera, Frank., DeWitt, Dave., "Introduction to Heat Transfer," Vol.5,pp. 106~168, 2007
2. Peterson, G. P., and L. S. Fletcher., "Thermal Contact Resistance of Silicon Chip Bonding Material," Proceeding of the International Symposium on Cooling Technology for Electronic Equipment, Honolulu, pp. 438~448.
3. Cahill, D. G., W. K. Ford, K. E. Goodson, G. D. Mahan, A. Majumdar, H. J. Maris, R. Merlin, and S. R. Phillpot, App. Phys >Rev., 93, 793, 2003.