

박격포의 형상에 따른 열적 내구성의 해석에 대한 연구

한문식*, 조재웅**,#

*계명대학교 기계자동차공학과, **공주대학교 기계자동차공학부

A Study on the Analysis of Thermal Durability due to the Configuration of Mortar

Moonsik Han*, Jaeung Cho**,#

*Keimyung University Mechanical and Automotive Engineering Dept.

**Kongju National University Mechanical and Automotive Engineering Div.

(Received 23 September 2015; received in revised form 3 November 2015; accepted 4 November 2015)

ABSTRACT

This study investigates the thermal efficiency and the efficiency of heat transfer through thermal analysis when the same heat is applied to a mortar frame by firing with various configurations of mortar. As the inside diameter of the mortar increases, the additional material must be reinforced. In comparison with the extent of getting cold due to models, a mortar with the strut under the gun barrel becomes cooler than one with no strut. The thermal deformation at firing becomes different. According to the configuration of mortar and its inside diameter, the extent of getting cold becomes different. This study result can be effectively applied for improving the efficiency of the heat transfer of mortar.

Key Words : Mortar(박격포), Thermal Analysis(열해석), Efficiency of Heat Transfer(열전달 효율), Strut(스트럿), Thermal Deformation(열변형)

1. 서 론

군에서 사용되는 화기의 종류로는 개인화기인 소총으로부터 기관총과 같은 화기와 대대 및 중대에서 사용되는 화기인 박격포 등이 있다. 그 중 유용하게 적진에 발포를 할 수 있는 박격포로서 어떠한 모양과 크기의 박격포가 가장 그 효율이 뛰어나며, 더 내구성이 있게 오래 사용할 수 있는 설계를 고려할 필요가 있다. 본 연구에서는 이러한 여러 가지 조건들을 고려하여 어떠한 크기나 형상이 다른

박격포의 종류에 따라서 어떠한 부분에서 손상이 될 수 있고 오래 견딜 수 있는지에 대한 비교를 하였다^[1-4]. 그리고 박격포의 모델은 포의 구멍이 60 mm, 80 mm, 120 mm 등의 네 가지 모델들로 하였다^[5-9]. 또한 박격포의 모델은 CATIA를 이용하여 설계하였으며, ANSYS 해석 프로그램을 이용하여 열 응력 해석을 실시하였다^[10-13]. 따라서 본 연구를 통하여 박격포의 형상에 따라 어떠한 부분에서 열전달이 되어 손상이 되는 가를 파악할 수 있었다. 본 연구의 열 해석 결과를 고찰함으로써 박격포뿐만 아니라 여러 가지 기계기구나 구조물에 대하여 내구성이 있는 형상을 설계하는 데에 효율적으로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

Corresponding Author : jucho@kongju.ac.kr

Tel: +82-41-521-9271, Fax: +82-41-555-9123

2. 본 론

2.1 연구 모델

본 연구에서는 박격포를 모델로 삼고 박격포 포가 발사되는 부분에 열을 가했을 때 박격포 전체에서 나타나는 온도의 변화와 모델의 따라 다른 모습들을 비교하였다. 또한 1000 초를 기준으로 열이 식을 때 모델의 모양에 따라 얼마만큼 빨리 박격포의 온도가 떨어지는지에 대하여 실제 모델을 보고 CATIA를 이용하여 모델링한 후 ANSYS를 이용하여 해석하였다. 네 가지 모델들의 형상들은 Fig. 1과 같다. Fig 1. 에 Model 1부터 Model 4까지의 Geometry 파일을 순서대로 나열하였는데 각각의 모델에 대해서는 먼저 Model 1의 박격포는 대만의 T75 라는 모델이며 포의 구멍의 크기는 81 mm 박격포이다. Model 2의 박격포는 KM19 60 mm 박격포로 한국의 박격포이다. Model 3의 박격포는 km181 60 mm 박격포이다. 마지막으로 Model 4의

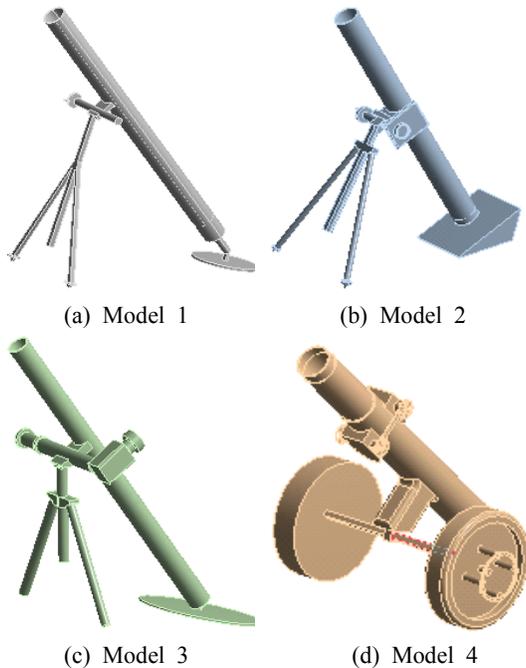


Fig. 1 Configurations of models

Table 1 Material property

Young's Modulus(GPa)	96
Poisson's Ratio	0.36
Density(kg/mm ³)	4.62×10^{-6}
Tensile Yield Strength(MPa)	930
Compressive Yield Strength(MPa)	930
Tensile Ultimate Strength(MPa)	1070
Compressive Ultimate Strength(MPa)	0
Coefficient of Thermal Expansion(C ⁻¹)	9.4×10^{-6}

Table 2 Nodes and elements at models

Model	Nodes	Elements
Model 1	23997	11439
Model 2	23326	11266
Model 3	18076	8679
Model 4	27062	12791

박격포는 미 해병대 M327 EFSS 120 mm 박격포이다.

본 연구에 쓰이는 물성치는 Table 1과 같고, Model 1,2,3,4에 대한 요소 수와 절점 수는 Table 2와 같다.

2.2 4가지 모델의 모델별 열 해석 결과와 비교

박격포 발사 시, 포 부분에 400℃ 가량의 온도가 순간적으로 발사되기 때문에 400℃를 포신 밑바닥에 주게 되었다. 또한 공기가 닿아 있는 모든 면에서 대류조건을 주었다. 그리고 박격포 전체의 온도 분포가 어떻게 되는지 ANSYS를 이용하여 해석을 해보았다. 바닥 부분에 400℃의 열을 가하였을 때 박격포의 발사되는 부분의 크기에 따라서, 그리고 각각의 모양에 따라서 온도분포가 다르게 나왔다. 또한 박격포 내에서도 온도가 낮은 부분과 높은 부분이 나뉘어져 나오게 되었다.

Fig. 2의 네 개의 모델들의 열 해석 결과에 대해서는 먼저 Model 1~4 모두 400°C 가량을 포신 밑바

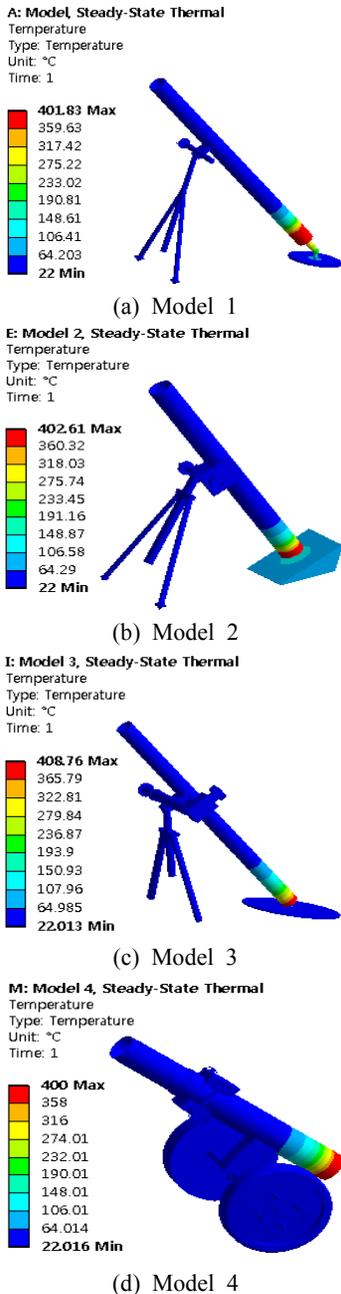


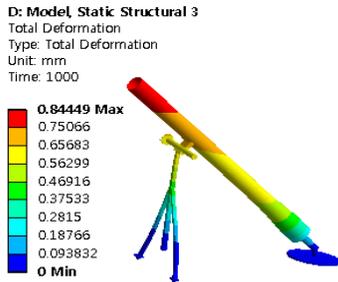
Fig. 2 Temperature of models at steady state

다에 가하였을 경우 포신의 크기와 두께에 따라서 그 온도의 범위가 다르다. 대체적으로 포신 끝과 포의 다리로 갈수록 차갑게 식고, 열을 가한 부분은 뜨거운 상태가 됨을 알 수가 있다. 또한 받침대는 100°C 가량에서 머물러 있는 것들을 볼 수가 있다. 그리고 열 해석은 Model 1~4를 비교해 보았을 때 각각의 모델이 조금의 차이는 있지만 비슷한 모양이므로 각각 모두 비슷한 열의 분포를 보인다.

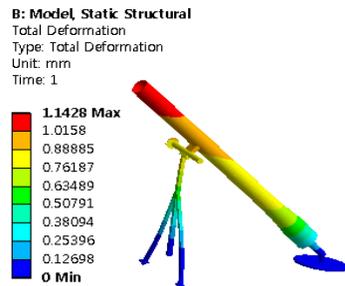
2.3 열에 의한 변형률에 대한 구조해석

열이 너무 많이 가해지게 되면 아무리 강한 것이 라도 변형이 이루어지게 된다. 지면에 닿아 있는 포신의 면들은 고정시켰다. 그럼 종류에 따라서 박격포는 어떠한 변형이 이루어지며 얼마만큼 견딜 수 있는지에 대해서 비교해 보았다.

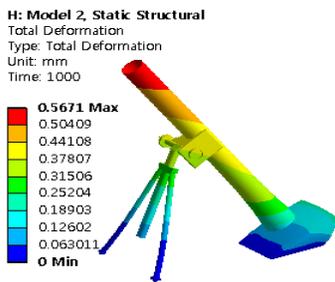
먼저 열이 가해짐에 따라 변형되는 정도를 각각의 모델에 따라 보게 될 때 모델 각각의 최대로 많이 변형이 일어나게 된 곳을 보게 되면 Model 1은 0.84 mm, Model 2는 0.56 mm Model 3은 0.35 mm Model 4는 0.94 mm 로 각각 나타나게 되었다. 이것을 봤을 때 변형이 많이 일어나게 된 순으로 나열하게 되면 Model 4, Model 1, Model 2, Model 3 순서로 많이 변형되었다. 이것은 분석해 보았을 때 포의 구멍의 크기에 따라 큰 순으로 각각 120 mm, 81 mm, 60 mm, 60 mm 순이 되겠다. 이것으로 보아 변형량은 포의 구멍이 클수록 같은 온도를 주었을 때 변형량이 큰 것으로 보인다. 열에 의한 변형률에 대한 구조 해석을 각각 모델에 따라 비교를 해 보았을 때 모델의 모양은 거의 관련이 없고, 박격포 포신의 끝 쪽인 포의 구멍의 크기에 따라서 크기가 큰 포 일수록 변형이 많이 일어나게 되는 것을 발견하였다. 또한 Fig. 3과 Fig. 4를 비교하게 되면 Fig. 4는 초기의 변형 상태이고 Fig. 3은 1000 초 후 변형 상태이다. 이를 비교했을 때 Model 2는 변화가 없고 나머지 다른 모델들은 모두 변형에 의한 변화가 다시 작아진 것으로 보인다. 그 변화율 중 가장 큰 것은 Model 3이 0.5mm 가량의 변화로 가장 변화가 큰 것으로 사료된다. 다음은 응력에 의한 변화가 아닌 작용하는 응력에 대한 사진 또한 초기와 1000 초 후의 상태를 비교해 보도록 하겠다.



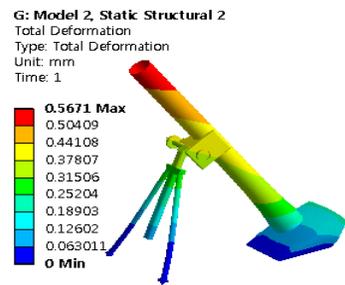
(a) Model 1



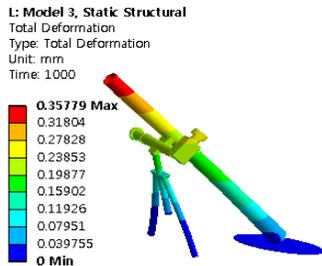
(a) Model 1



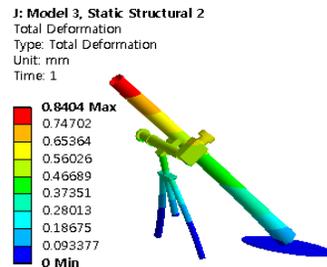
(b) Model 2



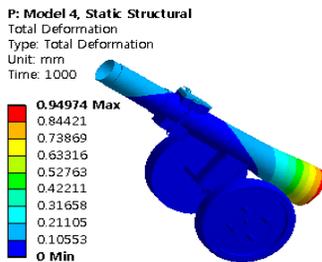
(b) Model 2



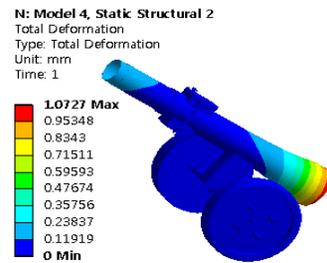
(c) Model 3



(c) Model 3



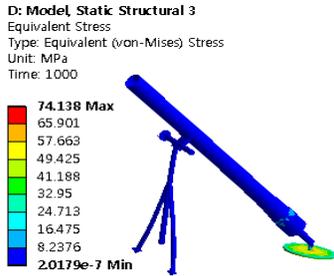
(d) Model 4



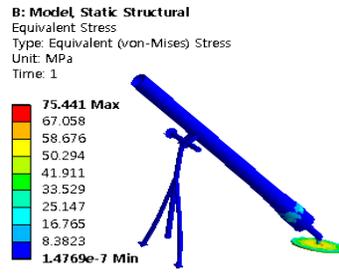
(d) Model 4

Fig. 3 Total deformations of models after 1000sec at transient state

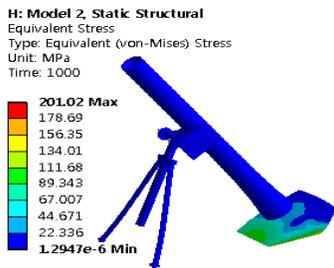
Fig. 4 Total deformations of models at initial state



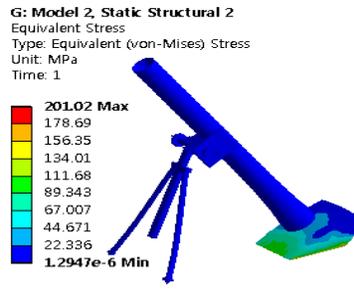
(a) Model 1



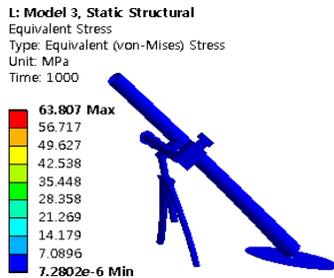
(a) Model 1



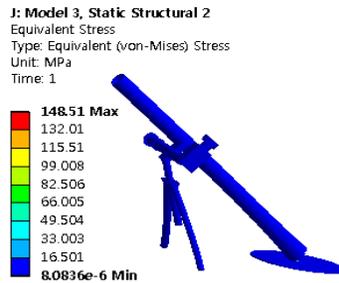
(b) Model 2



(b) Model 2



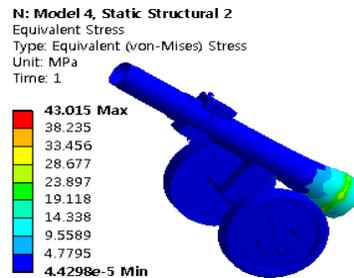
(c) Model 3



(c) Model 3



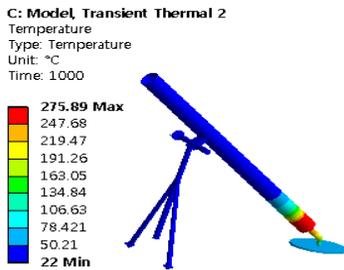
(d) Model 4



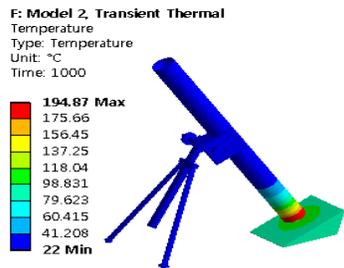
(d) Model 4

Fig. 5 Equivalent stresses of models after 1000sec at transient state

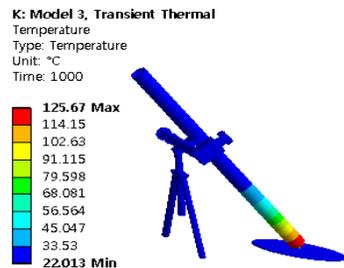
Fig. 6 Equivalent stresses of models at initial state



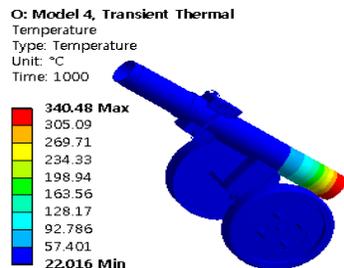
(a) Model 1



(b) Model 2



(c) Model 3



(d) Model 4

Fig. 7 Temperatures of models after 1000sec

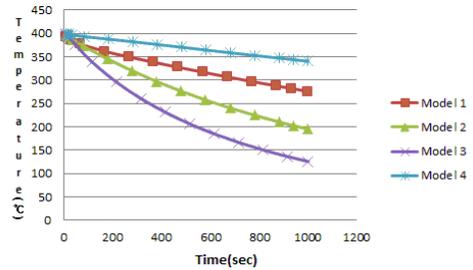


Fig. 8 Maximum temperatures due to times at transient state

Fig. 5와 Fig. 6은 응력에 대해서 초기응력과 1000초 후의 응력을 나열한 사진들이다. 이를 비교해봤을 때 Model 2는 응력이 줄어들지 않았고 나머지 Model 3개는 각각 응력이 줄어드는 것으로 보인다. Model 1은 1 MPa정도, Model 3은 80 MPa가량 그리고 Model 4는 19 MPa정도로 줄어들었고, Model 3이 가장 많이 줄어든 것으로 보인다.

2.4 일정시간동안 식는 속도 비교

Fig. 7은 1000 초가 경과된 후인 박격포를 모두 사용하고 나의 그 그림의 식는 온도 분포들을 Model별로 보았다. 그리고 Fig. 8은 1000 초 동안에 Model 1, 2, 3 및 4에서의 식는 최대 온도들을 비교하였다. 즉 각각의 박격포에 1000 초라는 일정 시간동안 상온에 놔두었을 때, 얼마만큼 박격포의 각 부분의 온도가 원래 상태로 돌아가는가를 ANSYS 해석을 이용하여 해석하였다.

Model 1~4를 1000 초라는 시간을 두고 보았을 때 식는 속도가 각각의 모양에 따라 비슷한 부분들도 있었고, 모델 별로 차이가 좀 있는 것들도 있었다. 전반적으로 각 모델별로 시간에 따라 일정 시간 동안 상온에 놔두었을 때 식는 속도에 대한 비교의 결과로 열에 의한 변형률에 대한 구조해석과 동일한 결과가 나왔다. 이 결과들은 구멍의 크기에 따른 순서대로 결과가 나왔으며 크기가 클수록 다시 회복되는 속도가 느린 것으로 결과가 나왔다. 위 그림에 모델의 사진과 함께 엑셀의 표로 표시되어 있는 것이 1000 초 동안 포의 가장 뜨거운 부분과 차가운 부분의 식는 속도를 도식화하여 나타낸 부

분이다. 차가운 부분은 처음부터 많이 뜨거워지지 않아서 계속 원래의 유지 상태를 유지한 것으로 보여지게 되고 가장 뜨거운 부분들을 비교해 보았을 때, 네 번째 모델만 특별하게 잘 식지 않는 것으로 보여진다. 이것은 네 번째 모델은 밑받침이 없기 때문으로 추측이 된다. 또한 논문의 각 모델을 보면 그 자체가 가진 체적이 포의 구경에 따라 다르기 때문에 박격포가 가진 열용량의 차이가 발생한다. 따라서 구경이 큰 박격포의 경우 그만큼 체적이 커기 때문에 냉각시간이 많이 소요되는 것입니다. 따라서 Model 4가 가장 늦게 냉각되는 경우로도 판단된다. 그리고 다시 네 개의 모델을 비교해 보았을 때 빨리 식는 순서대로 모델의 순서를 나열해 보자면 Model 3, Model 2, Model 1, Model 4의 순서대로 빨리 식는데 이것의 포의 구멍 크기를 비교해 보았을 때, 60 mm, 60 mm, 81 mm, 120 mm, 순서대로의 크기이다. 이것을 비교해 보았을 때 포의 구멍이 더 작을수록 열을 가한 후 식을 때의 속도 또한 빨라진다는 것을 알 수가 있다. 또한 포가 발사될 때 받침대의 유무에 따라 받침대가 있을 때 더 빨리 식을 수 있다는 사실 또한 알 수가 있다.

3. 결론

본 연구는 네 가지 종류의 박격포의 열전달의 효율성을 해석하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 열 해석은 Model 1~4를 비교해 보았을 때 각각의 모델이 조금의 차이는 있지만 비슷한 모양이므로 각각 모두 비슷한 열의 분포를 보인다.
2. 열에 의한 변형률에 대한 구조 해석을 각각 모델에 따라 비교를 해 보았을 때 모델의 모양은 거의 관련이 없고, 박격포 포신의 끝 쪽인 포의 구멍의 크기에 따라서 크기가 큰 포 일수록 변형이 많이 일어나게 되는 것을 발견하였다. 이 연구에서는 Model 4가 120 mm의 구경을 가지고 있으므로 가장 많은 변화율을 보였다. 또한 초기 상태의 응력과 1000 초 후에 식었을 때의 상태를 비교했을 때 각각 모델마다 응력이 줄어

드는 변화가 있었고 Model 1, 2, 4보다 Model 3이 가장 많이 줄어드는 변화가 있었다. 따라서 Model 3의 모양이 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

3. 다음 각 모델별로 시간에 따라 일정시간 동안 상온에 놔두었을 때 식는 속도에 대한 비교의 결과로 열에 의한 변형률에 대한 구조해석과 동일한 결과가 나왔다. 이 결과들은 구멍의 크기에 따른 순서대로 결과가 나왔으며 크기가 클수록 다시 회복되는 속도가 느린 것으로 결과가 나왔다. 따라서 이 연구에서 Model 4가 120 mm로 가장 포의 구경이 커서 식는 속도도 가장 느린 것으로 결과가 나오게 되었다. 또한 특별하게 Model 1, 2, 3은 받침대가 있는데 반하여 Model 4는 포신의 밑바닥 부분에 받침대를 사용하지 않았는데, 받침대를 사용하지 않았을 때 식는 속도가 확연하게 느린 것을 보아 받침대의 유무 또한 포의 식는 속도에 영향을 주는 것으로 보게 되었다. 또한 논문의 각 모델을 보면 그 자체가 가진 체적이 포의 구경에 따라 다르기 때문에 박격포가 가진 열용량의 차이가 발생한다. 따라서 구경이 큰 박격포의 경우 그만큼 체적이 커기 때문에 냉각시간이 많이 소요되어 Model 4가 가장 늦게 냉각된다. 결론적으로 포 구멍의 크기에 따라 포 발사 시 발생하는 열에 따른 변형이 다른 것으로 사료된다. 또한 온도의 식는 정도는 포의 구경에 따라 온도의 식는 정도가 차이가 나며 특별하게 받침대의 유무에 따라 다르게 나타나는 것을 보게 되었다. 따라서 포를 사용할 때 그 목적에 따라 포의 구경, 밑받침의 유무를 잘 살피고 선택해야 할 것으로 판단이 된다.

REFERENCES

1. Jeong, H. S., Yoo, H. Y., Kim, J. S. and Lee, Y. J., "LED Module Temperature Analysis for LED Chip Thermal Resistance Measurement," KIIEE Autumn Ann. Conf., pp. 164~167, 2009.
2. Chen, J. S., Yuan, J., Ni, J. and Wu, S. M.,

- “Thermal error modeling for volumetric error compensation,” ASME Prod. Eng. Div. Publ. Ped., pp. 113-125, ASME, 1992.
3. Lee, D. R., “Investigation of Aerodynamic Characteristics of a Medium-Size Vehicle,” Korean Soc. Power Syst. Eng., Vol. 10, No. 2, pp. 22-28, 2006.
 4. Kim, B. M., Kang, S. W., Choi, H. G. and Yoo, J. Y., “Flow Analysis around the Vehicle Model Using Unstructured Mesh,” KSME Symposium, pp. 2121-2126, 2002. 3.
 5. Jung, Y. R., Kang, D. M. and Park, W. G., “Numerical Analysis of Flow Characteristic Around an Automobile with Variation of Slant Angle of Rear End,” Trans. Korean Soc. Automot. Eng., Vol. 9, No. 1, pp. 75-83, 2001.
 6. Kang, S. W., Choi, H. G. and Yoo, J. Y., “Parallelized Dynamic Large Eddy Simulation of Turbulent Flow Around a Vehicle Model,” Proc.KSME 2002 Spring Conf., pp. 1562-1567, 2002.
 7. Kim, C. S., Lee, J. H., Lee, G. S., Lee, H. S., Kim, C. J. and Lee, B. H., “Heat Transfer Analysis and Evaluation of the Inverter Power Module for a Green Car,” Spring Conference of KSAE, pp. 1956-1961, 2013.
 8. Yi, C. S., Jang, H., Suh, J. S., Kimm, H. K. and Kim, H. C., “A Numerical Analysis on the Heat Transfer of LED Floodlight according to Heatsink Shape for Marine,” Spring Conference of KSMTE, pp. 321, 2013.
 9. Lee, S. Y. and Yun, B. S., “Heat Transfer Analysis of Friction Welding of A2024 to SM45C,” Trans. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng., Vol. 10, No. 1, pp. 65-70, 2001.
 10. Cho, J. U. and Han, M. S., “Thermal Analysis of Vehicle Radiator,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 8, No. 1, pp. 18-23, 2009.
 11. Cho, J. U. and Han, M. S., “Thermal Stress Analysis on Exhaust System of Car,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 9, No. 1, pp. 42-48, 2010.
 12. Shin, H. J. and Lee, J. K., “Study on Thermal Analysis for Heating System of Mobile Smart Device Cover Glass Molding Machine,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 13, No. 4, pp. 50-55, 2014.
 13. Ryu, M. R., Lee, D. H., Lee, S. B., Park, J. H. and Shim, J. J., “Study on Performance Experiment and Analysis of Aluminum Disc Brake,” J. Korean Soc. Manuf. Process Eng., Vol. 12, No. 6, pp. 60-68, 2013.