

피스톤 헤드의 형상에 따른 열응력 해석에 관한 융합 연구

오범석, 조재웅*
공주대학교 기계자동차공학부 교수

A Convergent Investigation on Thermal Stress Analysis due to Piston Head Shape

Bum-Suk Oh, Jae-Ung Cho*
Professor, Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju National University

요약 본 연구에서는 피스톤 헤드의 형상별 열응력해석을 진행하여 내구성이 있는 피스톤의 형상을 고찰하기 위한 연구를 진행하였다. 그 결과로서는 온도가 가해지는 부분에서부터 거리가 멀수록 낮은 온도를 볼 수 있다. 피스톤 헤드의 형상에 따라 열을 받는 면적이 다르기 때문에 피스톤 기둥 부분과 스커트부에 영향을 끼치게 된 점을 볼 수 있었다. 본 연구에서는 세 모델이 동일하게 피스톤 헤드의 중심부에서 가장 적은 응력이 나오는 것을 알 수 있었다. Model A는 다른 두 모델에 비해 항복이 발생하는 응력이 가장 작은 것을 알 수 있었다. Model B는 접시형 피스톤헤드로서 피스톤 헤드부가 오목한 형상으로 되어 있어 피스톤 헤드 중심부에서는 주변 부분에 영향을 가장 덜 끼치는 모델임을 알 수 있었다. Model C는 항복이 발생하게 되는 응력이 가장 크게 보였다. 또한 본 연구결과는 내구성이 있는 피스톤의 형상 설계에 유용하게 적용할 수 있다고 사료된다. 피스톤 헤드의 형상에 따른 열응력 해석을 적용함으로써, 본 연구가 미적인 융합에 부합된다고 사료된다.

주제어 : 피스톤 헤드, 열해석, 온도, 응력, 내구성, 융합

Abstract In this study, thermal stress analysis by shape of piston head was conducted to investigate the shape of a durable piston. As the result, the farther the temperature is from the part where the temperature is applied, the lower the temperature can be seen. Depending on the shape of the piston head, the heated area became different. So, it could be seen that it affected the piston column part and the skirt part. This study showed that three models produced the least stress from the center of the piston head in the same way. Model A showed the smallest stress resulting in the yield compared to the other two models. Model B is a plate type piston head with a concave shape of the piston head, indicating that it is the model that has the least effect on the surrounding area at the center of the piston head. Model C showed the greatest stress resulting from the yield. The results of this study are also thought to be useful for designing the shape of durable pistons. By utilizing the thermal stress analysis due to piston head shape, this study is thought to conform with the aesthetic design.

Key Words : Piston head, Thermal analysis, Temperature, Stress, Durability, Convergence

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho(jucho@kongju.ac.kr)

Received April 20, 2020
Accepted July 20, 2020

Revised June 12, 2020
Published July 28, 2020

1. 서론

현대 사회에 자동차는 없어서는 안 될 중요한 수단이다. 환경오염이 심해지는 상황에 전기자동차 같이 내연기관이 아닌 자동차도 많아지는 추세이다. 하지만 근시일내에 내연기관은 없어지지 않는다. 내연기관 엔진의 성능을 좌우하는 것은 연료의 연소에 달려있다. 연료의 폭발과 관련된 가장 가까운 부분은 바로 피스톤 헤드이다. 직접적으로 영향을 미치는 피스톤 헤드의 형상은 매우 중요하게 여겨진다. 하지만 피스톤 헤드는 수많은 폭발압력과 온도를 받게 된다. 그러기에 피스톤 헤드의 형상은 연료의 종류에 따라, 연소조건을 다르게 주는 것에 따라 여러 형상을 띄게 된다. 이러한 형상은 스윙이나 텀블, 연료의 압축등 많은 영향을 끼친다. 이러한 이유로, 본 연구에서는 피스톤 헤드의 형상에 따른 열응력해석[1-5]을 진행하여 내구성이 있는 피스톤의 설계[6-10]에 유용하게 적용할 수 있다고 사료된다. 본 연구 결과는 실제적으로 피스톤 헤드의 형상에 따른 열응력을 측정하지 않고서도 그 열응력을 예측하는 데에 효율적으로 이용할 수 있다 [11-16]. 또한 피스톤 헤드의 형상에 따른 열응력 해석 결과를 이용함으로써 본 연구가 미적인 설계에 부합된다고 보여진다[6-12].

2. 연구 모델의 형상 및 해석 조건

본 연구에서는 피스톤의 형상에 따른 열응력 해석을 진행하여 최적 형상을 도출하였다. 이러한 최적 형상에 대한 연구를 진행하기 위하여 아래의 Fig. 1과 같은 형상을 나타내었다. CATIA 프로그램을 이용하여 3D 모델링을 진행하여 나타내었다. Table 1에는 피스톤의 형상에 따른 노드와 엘레멘트의 개수를 나타내었다. 3개의 모델은 피스톤 헤드의 형상에 따라 다른 차이를 알아보기 위해 동일한 조건에서 헤드부의 형상만 다르게 모델링을 하였다. 해석 조건은 Fig. 2와 같이, 하부를 고정하고 대표적으로 모델 1에서 피스톤 상면은 350℃로 적용하고 열 대류 조건으로서 22℃의 외부기체와 $1.2 \times 10^{-3} \text{ W/mm}^2\text{C}$ 의 대류 열전달 계수를 가지고 접촉되고 있다. 피스톤 상부에는 9 MPa의 응력이 작용되고 있다. 그리고 피스톤 안쪽에 구멍내면에서 고정하였다.

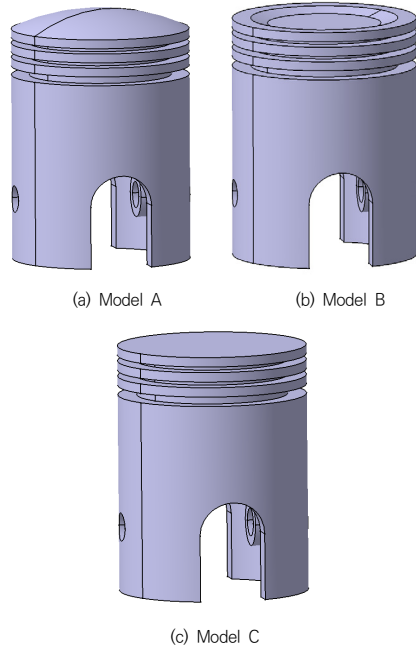
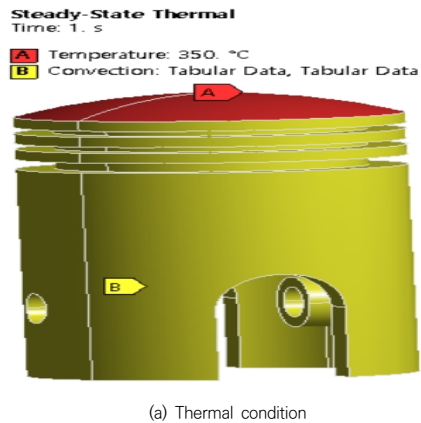


Fig. 1. Configurations of models

Table 1. Numbers of nodes and elements at models A, B and C

Model	Nodes	Elements
Model A	43748	28266
Model B	40960	26185
Model C	41253	26433



(a) Thermal condition

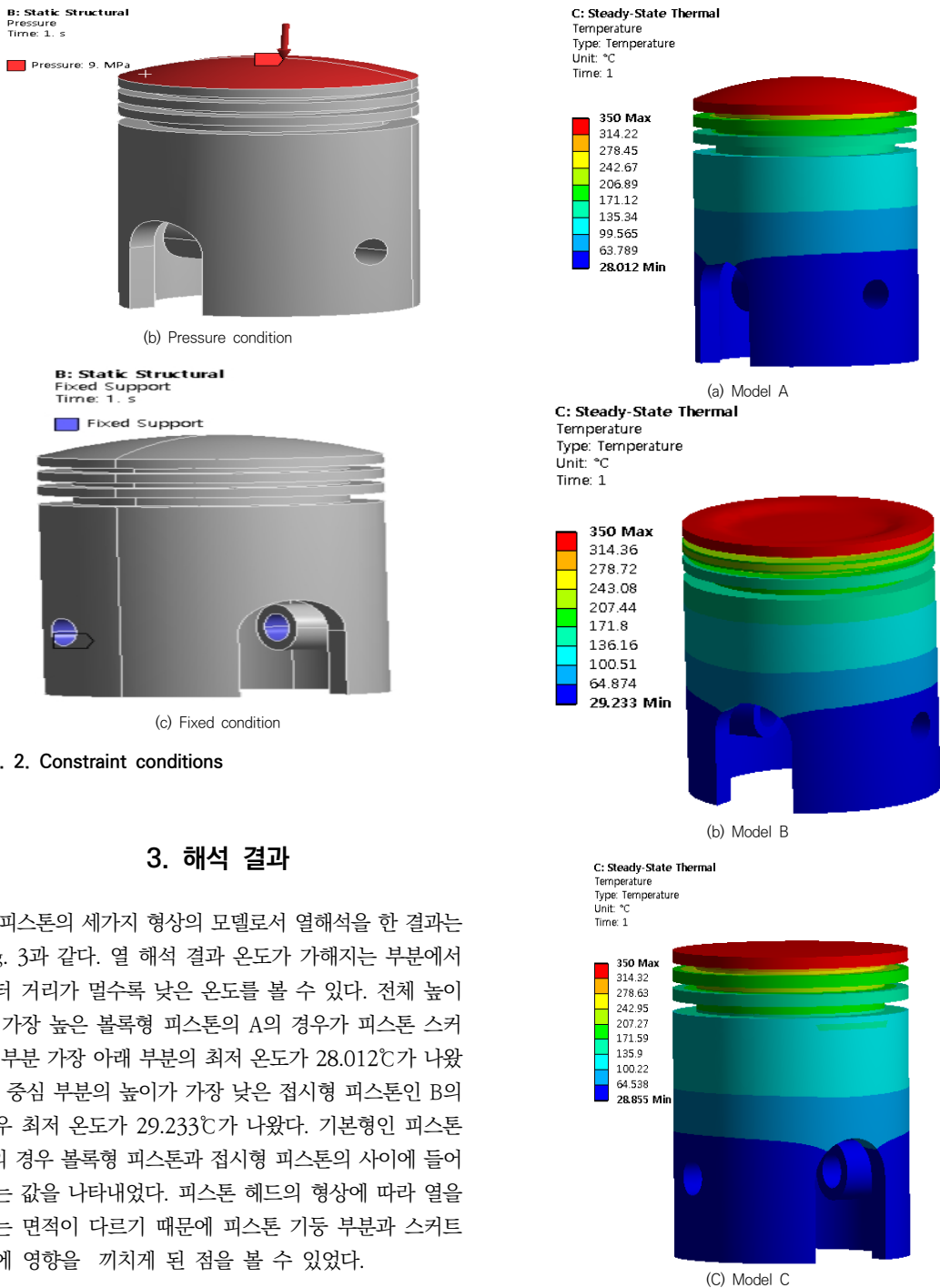


Fig. 2. Constraint conditions

3. 해석 결과

피스톤의 세가지 형상의 모델로서 열해석을 한 결과는 Fig. 3과 같다. 열 해석 결과 온도가 가해지는 부분에서 부터 거리가 멀수록 낮은 온도를 볼 수 있다. 전체 높이가 가장 높은 볼록형 피스톤의 A의 경우가 피스톤 스커트 부분 가장 아래 부분의 최저 온도가 28.012°C가 나왔다. 중심 부분의 높이가 가장 낮은 접시형 피스톤인 B의 경우 최저 온도가 29.233°C가 나왔다. 기본형인 피스톤 C의 경우 볼록형 피스톤과 접시형 피스톤의 사이에 들어 오는 값을 나타내었다. 피스톤 헤드의 형상에 따라 열을 받는 면적이 다르기 때문에 피스톤 기둥 부분과 스커트 부에 영향을 끼치게 된 점을 볼 수 있었다.

Fig. 3. Contours of thermal analyses at models

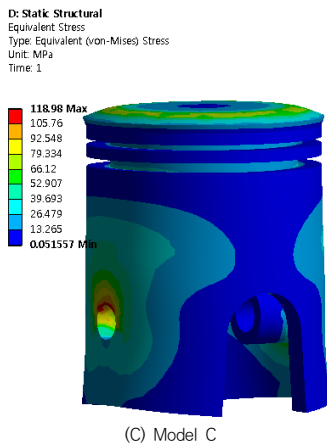
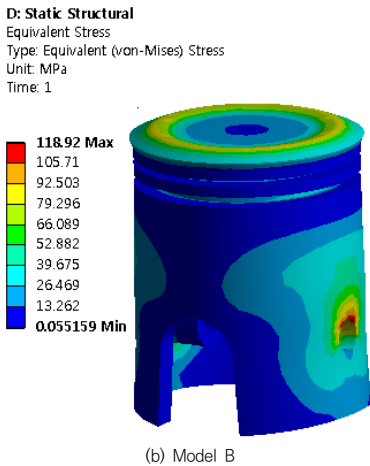
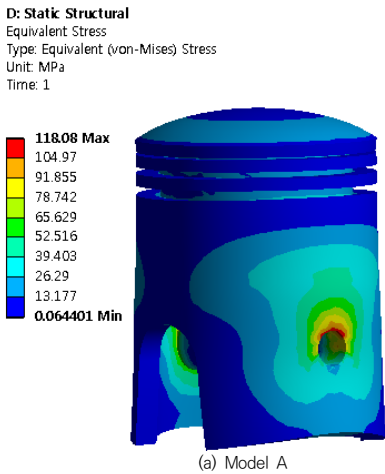


Fig. 4. Contours of equivalent stresses at models

Fig. 4는 피스톤헤드의 형상에 따른 등가응력을 비교하였다. 모델별 등가응력을 비교하여 항복발생 여부를 확인할 수 있었다. Model A에서의 최대 응력은 118.08 MPa이 나온 것을 알 수 있었고 Model B에서는 118.92 MPa의 최대 응력이 나온 것을 알 수 있었다. Model C는 118.98Mpa의 최대응력이 나왔다. 세 모델이 동일하게 피스톤 헤드의 중심부에서 가장 적은 응력이 나오는 것을 알 수 있었다. Model A는 다른 두 모델에 비해 항복이 발생하는 응력이 가장 작은 것을 알 수 있었다. Model B는 접시형 피스톤헤드로 피스톤 헤드부가 오목한 형상으로 되어 있어 피스톤 헤드 중심부의 변형이 일어나도 주변 부분에 영향을 가장 덜 끼치는 모델임을 알 수 있었다. Model C는 항복이 발생하게 되는 응력이 가장 큰 것을 알 수 있었다[11-16].

4. 결론

본 논문에서는 피스톤 헤드의 형상별 열응력해석을 진행하여 내구성이 있는 피스톤의 형상에 대한 해석 결과를 도출하였다. 그에 대한 결론은 아래와 같다.

1. 열 해석 결과 온도가 가해지는 부분에서부터 거리가 멀수록 낮은 온도를 볼 수 있다. 피스톤 헤드의 형상에 따라 열을 받는 면적이 다르기 때문에 피스톤 기동 부분과 스커트부에 영향을 끼치게 된 점을 볼 수 있었다.
2. 세 모델이 동일하게 피스톤 헤드의 중심부에서 가장 적은 응력이 나오는 것을 알 수 있었다. Model A는 다른 두 모델에 비해 항복이 발생하는 응력이 가장 작은 것을 알 수 있었다. Model B는 접시형 피스톤헤드로 피스톤 헤드부가 오목한 형상으로 되어 있어 피스톤 헤드 중심부의 변형이 일어나도 주변 부분에 영향을 가장 덜 끼치는 모델임을 알 수 있었다. Model C는 항복이 발생하게 되는 응력이 가장 큰 것을 알 수 있었다.
3. 본 연구 결과는 내구성이 있는 피스톤의 형상 설계에 유용하게 적용할 수 있다고 사료된다. 또한 피스톤 헤드의 형상에 따른 열응력 해석 결과를 이용함으로써 본 연구가 미적인 설계에 부합된다고 보여진다.

REFERENCES

[1] G. G. Choi & J. U. Cho (2017). Convergence Study due to the Configuration of Radiant Heat Panel of Automotive LED Heat Lamp. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(3), 199-204. DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.3.199

[2] H. H. Hyeon, B. H. Jeong, J. W. Kim & K. Y. Lee. (2019). A Comparison of Performance on the Orthogonal and Refraction Heat Exchanger Shape in Air Ventilation System. *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(7), 281-287. DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.7.281

[3] S. H. Jo, J. I. Park & K. W. Nam. (2006). Numerical Simulation in the IC Engine Lubricating Gerotor Oil Pump. *Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers B*, 30(10), 1019-1025. DOI : 10.3795/KSME-B.2006.30.10.1019

[4] S. H. Lee & N. K. Hur. (2007). Numerical Study on Effects of Design Factors on Flow Characteristics of a Vane Pump. *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, 10(6), 24-31. DOI : 10.5293/KFMA.2007.10.6.024

[5] C. S. Won, N. K. Hur & S. H. Kwon. (2013). Flow Analysis of Automotive Oil Pump of Gerotor Type. *The KSFM Journal of Fluid Machinery*, 6(4), 7-13. Doi : 10.5293/KFMA.2003.6.4.007

[6] J. W. Choi & D. G. Kwag. (2019). A Study on the Thermal Analysis of the Valve in the Selective Catalytic Reduction(SCR) System. *Journal of the Korea Convergence Society*, 10(8), 153-158. DOI : 10.15207/JKCS.2019.10.8.153

[7] J. H. Lee & J. U. Cho. (2015). Study on the Convergent Life Evaluation due to the Bumper Configuration of Multipurpose Vehicle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(5), 85-90. DOI : 10.15207/JKCS.2015.6.5.085

[8] J. U. Cho. (2014). Analytical Study on Durability due to the Load of Artificial Knee Joint. *Journal of the Korea Convergence Society*, 5(2), 7-11. DOI : 10.15207/JKCS.2014.5.2.007

[9] J. W. Park & J. U. Cho. (2017). Convergence Study on Composite Material of Unidirectional CFRP and SM 45C Sandwich Type that Differs in Stacking Angle. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(7), 231-236. DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.7.231

[10] J. U. Cho. (2015). Study on Convergence Technique through Strength Analysis of Stabilizer Link by Type. *Journal of the Korea Convergence Society*, 6(1), 57-63. DOI : 10.15207/JKCS.2015.6.1.057

[11] Y. K. Park & B. G. Lee. (2018). A Study on the Structural Analysis of the Spindle of Swiss Turn Type Lathe for Ultra Precision Convergence Machining. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(5), 145-150. DOI : 10.15207/JKCS.2018.9.5.145

[12] J. W. Park. (2017). Structural Analysis of a Tractor Cabin Considering Structure Production Error. *Journal of the Korea Convergence Society*, 8(5), 155-160. DOI : 10.15207/JKCS.2017.8.5.155

[13] J. H. Wang & Y. C. Kwon. (2018). Structural Analysis of Center Pillar according to Applied Load. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 20(4), 401-406. DOI : 10.17958/ksmt.20.4.201808.401

[14] J. H. Wang & Y. C. Kwon. (2018). Structural Analysis according to Load of Height-adjustable Table. *Journal of the Korean Society of Mechanical Technology*, 20(3), 273-278. DOI : 10.17958/ksmt.20.3.201806.273

[15] S. H. Ha, S. J. Kim & J. I. Song. (2014). Structure Analysis and Torque Reduction Design of Industrial Ball Valve. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 13(6), 37-45. DOI : 10.14775/ksmpe.2014.13.6.037

[16] S. W. Choo & S. H. Jeong. (2017). Structural and Dynamic Characteristic Analysis of a Feeder for an Automatic Assembly System of an LED Convergent Lighting Module. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers*, 16(1), 124-133. DOI : 10.14775/ksmpe.2016.16.1.124

오 범 석(Bum-Suk Oh)

[정회원]

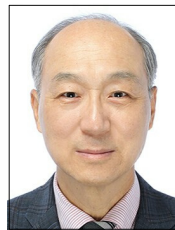


- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1987년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1989년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

· 관심분야 : 기계 및 자동차 부품의 강도평가 및 파손해석
· E-Mail : bumsoh@kongju.ac.kr

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

· 관심분야 : 기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석
· E-Mail : jucho@kongju.ac.kr