

DFSS 해석적 기법을 이용한 터보차저 Heat shield 강건 최적화

홍창우^{*1)} · 김동철¹⁾ · 송명익¹⁾ · 이채규²⁾
현대위아 PT해석팀¹⁾, 현대위아 PT개발실²⁾

Robust optimization of Turbocharger heat shield using the analytic DFSS methodology

Changwoo Hong^{*1)} · Dongchul Kim¹⁾ · Myeongeui Song^{*1)} · Chaegy Lee²⁾

¹⁾ Powertrain CAE Team, HYUNDAI WIA, 37, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

²⁾ Powertrain Development Group, HYUNDAI WIA, 37, Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

Abstract : The sealing performance of heat shield for turbocharger is governed by the shape of it. The layout of assembly for the heat shield and the change of the heat shield is parameters of the sealing performance. The later affects more than the former. This paper was studied on the analysis of verification for the sealing performance of heat shield and robust optimization of heat shield's shape by DFSS methodology. To verify, the effect of the clamping force and temperature between the heat shield and peripheral parts were compared by the result of contact pressure. The results of contact pressure according to the changed shape of heat shield were compared. The finite element analysis for the verifying of sealing performance was carried out using Abaqus.

Key words : Heat shield(열막음 장치), DFSS(design for six sigma), Robust optimization(강건 최적화), Contact pressure(접촉 면압), FEA(유한요소해석)

1. 서 론

터보차저에서 Heat shield(HS)는 고온의 배기가스로 인해 회전체가 열해 됨을 방지하는 기능과 윤활유 및 내부 압의 손실을 막는 기밀성 유지 기능을 한다. 터보차저에서 발생하는 온도 변화는 HS 주변 접촉 부품의 열 변형을 발생시키고 이 과정에서 접촉 부 변화로 인해 기밀성능이 약화되는 현상이 발생 할 수 있다. 이런 이유로 본 논문에서는 HS 주변 부품의 열 변형에도 접촉 부 영역의 감소를 최소화 하고 HS 형상 변경으로 발생 예상되는 응력 집중 문제를 사전에 예방 하고자 DFSS

(Design for Six Sigma)기법을 적용 하였고 HS 기능을 최소의 편차 값으로 유지 시키고자 강건 최적화 방법을 이용하였다. 최적 값 도출을 위해 선정된 인자를 반영한 HS 모델의 접촉 면압 해석 결과를 바탕으로 기밀 성능을 검증하였고 이 결과를 다시 S/N 비(Signal /Noise Ratio)와 Mean 값으로 분석하였다. 최적의 형상으로 도출된 HS 모델의 응력 집중 결과 비교를 통해 최적의 형상을 확인 하였다.

2. 형상 강건 최적화

본 논문은 DFSS의 강건 최적화 기법을 활용하여 HS 최적 형상을 도출한 내용으로 사전 단계 설명은 생략하고 최적화 과정을 중심으로 서술하였다.

* 홍창우, E-mail: seceo@hyundai-wia.com

HS 주변품의 열 변형과 접촉 부 영역의 특성을 반영 할 수 있는 HS의 형상 인자 3개와 재질을 제어 인자로 선정하였고 열 변형의 원인이 되는 온도와 접촉 면압에 영향을 주는 체결 토크를 노이즈 인자로 선정하였다. 3수준 4개의 인자를 바탕으로 L9 직교표를 작성하였다. Fig. 1은 선정된 인자로 구성된 P-Diagram 구성도를 나타낸다.

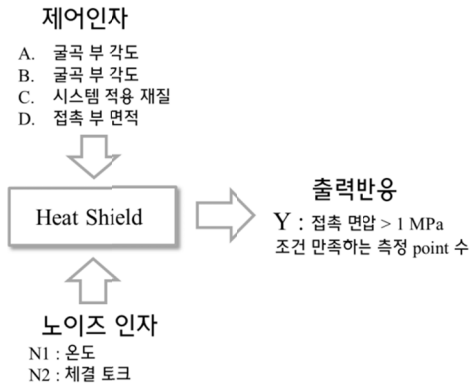


Fig. 1 P-Diagram 구성도

Fig. 2 선정된 2개 사양의 접촉 면압 해석 결과

해석 조건	주변 부품간 접촉 면 면압 결과	
	■ 면압 > 1 MPa	■ 면압 < 1 MPa
	#2	#3
Cold(°C), High torque	Upper Surface	Upper Surface
	Lower Surface	Lower Surface
Hot(°C), Low torque	Upper Surface	Upper Surface
	Lower Surface	Lower Surface

L9 직교표의 9개의 사양 중에서 Best 및 Worst

로 예상되는 사양을 선정하여 FE 해석을 수행 하였고 면압 형성 결과 비교를 통해 최적 형상에 대한 판별 가능성을 확인 하였다. Fig.2는 선정된 2개 사양의 접촉 면압 결과를 나타낸다.

접촉 면압이 넓게 분포 될 수록 기밀성을 높일 수 있는 설계 인자로 선정 가능한 망대특성으로 최적화를 수행하였다. Fig. 3은 기준 값을 만족하는 출력 값 산정에 적용된 HS 내 접촉 면압 분포 영역을 나타낸다.

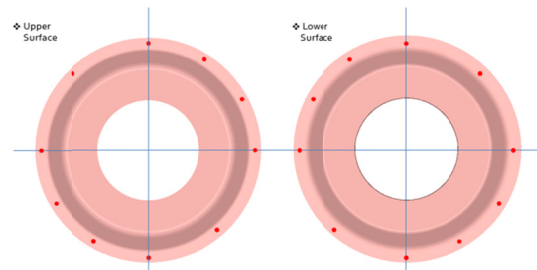


Fig. 3 접촉 면압 산정 영역

3. 결과 확인 및 검증

FE 해석 결과 HS 내 기준(접촉 면압 최소 크기 > 1MPa)을 만족하는 접촉 면압의 분포 수를 망대특성으로 9개 사양에 대한 해석을 수행하였고 그 결과 값을 토대로 S/N Ratio 와 Mean 값을 평가하였다. 초기 사양 결과와 최적 값에 대한 Gain 값은 S/N 비 3.48dB, Mean 값 0.7이며 이 값은 산포 약 30% 감소와 성능 70% 의 개선을 의미한다. Table.1 도출된 S/N Ratio 와 Mean 값을 나타낸다.

Table 1 S/N 비 및 Mean 값

구분	해석 결과	
	S/N 비	Mean
초기	7.39	2.95
최적화	10.87	3.65
GAIN	3.48	0.7

도출된 결과를 통해 3개의 최적 사양이 선정되었고 그 3 사양의 응력 집중 해석 결과 값 비교로 최적의 사양을 선정 할 수 있었다. Fig.4는 최적사양으로

선정된 5번 모델의 응력 결과를 나타낸다.

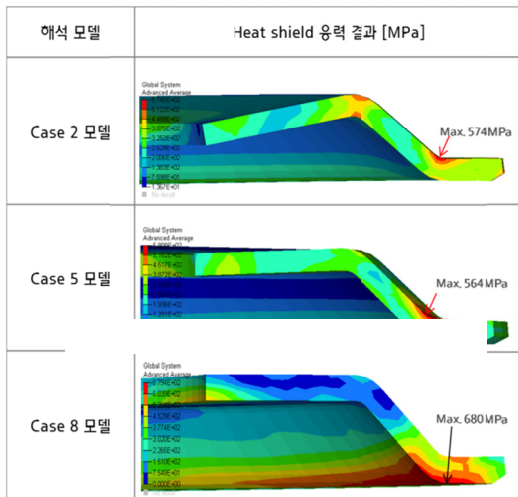


Fig. 4 도출된 3개 사양의 최대응력 해석 결과

4. 결 론

본 논문에서 연구된 최적의 기밀 성능을 갖는 HS의 형상은 DFSS 해석적 기법을 통한 검증과 강건 최적화를 통해 도출하였으며 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 접촉 면압 해석과 DFSS 강건 최적화를 이용하여 HS 최적 형상을 도출하기 위한 절차를 구축하였다.
- 2) 해석 결과를 바탕으로 한 DFSS 기법을 통해 초기 설계 사양 대비 최적화 사양에서 S/N 비 30%, Mean 값은 70% 개선을 확인 하였다.
- 3) 최적화 인자들로 구성된 3개의 사양을 도출하였고 응력 결과를 기준으로 최적의 사양을 선정하였다.

References

- 1) W.H. Choi, G.S. OH, J.S. Park, J.H. Cho, C.H. Lee, "An analysis on the thermal characteristics by section shape of heat protector part for transport equipment", KSAE, 2014.10
- 2) S. Jung, M.H. Kim, "Robust Rear Center-

Hinge Bracket Optimization Based on Taguch Method", KSAE 22(3)

3) HYUNDAI WIA Automotive parts R&D Support Team, Design for six sigma Ver.01