

자동차부품 왕복구동용 오일씰의 저온특성에 관한 해석 Analysis on the Low-Temperature Characteristics of oil seal for reciprocating driving of automobile part

*최현진¹, #김종갑²(kabi95@jy-oilseal.com), 권영두³

*H.J. Choi¹, #J.G. Kim², Y.D. Gwon³

¹ 대구기계부품연구원, ²(주)진양오일씰, ³경북대학교 기계공학과

Key words : Shock Absorber, Oil Seal, Low-Temperature, Durability

1. 서론

자동차의 왕복구동용 부품 중 조향성과 승차감에 직접적인 영향을 미치는 속업쇼바는 오일과 가스에 의한 완충작용으로 감쇄역할을 하게 되는데, 원활한 완충기능을 위해서는 완벽한 내부 밀봉 유지와 적절한 마찰력, 고/저온환경에서의 유연한 특성을 가지는 오일씰이 매우 중요하며, 오일씰의 성능과 수명이 속업쇼바의 내구성을 좌우한다고 할 수 있다. 특히, 속업쇼바는 외부로 노출되어 있어 주행환경이 동유럽과 시베리아, 중국 등과 같이 극한지역에서는 관련 부품의 결빙 및 고착으로 인해 누유발생 우려가 있다. 따라서 오일씰 역시 소재의 저온특성 보강과 저온환경에서도 유연한 최적설계형상이 필요하다. Fig. 1은 속업쇼바 어셈블리 구조도를 보여준다.

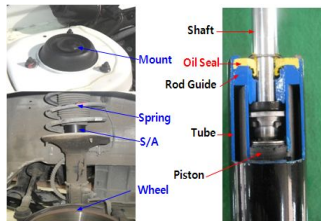


Fig. 1 Structure of shock absorber assembly

본 논문에서는 오일씰의 여러 가지 형상설계 변수 값들 중 씰링 특성과 상관성이 있는 요소 변수 값에 따른 오일씰의 접촉하중 및 상대부의 움직임에 따른 응력 변화 값을 상용 유한요소 해석 S/W인 MSC. Marc를 활용하고, 실험계획법을 적용하여, 최적의 씰링성을 발휘할 수 있는 최적 설계값을 제안하였다.

2. 실험계획법을 통한 설계변수

실험계획법의 제어인자는 실험자가 수준을 변

경할 수 있고, 변경정도에 따라서 특성치에 영향을 미치는 인자이다. Fig. 2와 같이 오일씰에 있어서 밀봉과 직접적인 요소는 메인 Lip이며 Lip 형상 중 씰링력에 영향을 미치는 인자 (Lip 높이/두께, offset, Lip간거리)를 제어인자로 하고 모두 3수준으로 적용하였다. Table 1은 미니탐을 활용하여 도출한 각각의 변수들에 대한 설계사양이며 각각의 설계 사양에 대한 다구찌 분석 대비표는 총 9 Case로 Table 2와 같으며 Case별 접촉하중 및 편차값은 유한요소해석을 통하여 도출하였다.

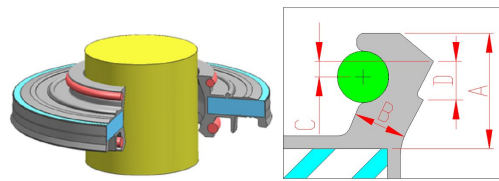


Fig. 2 Design of a controlling factor

Table 1 Lip control factors

factors	unit	Level 1	Level 2	Level 3
A	mm	6.5	5.5	4.5
B	mm	2.7	2.4	2.1
C	mm	0.6	0.3	0
D	mm	2.1	1.8	1.5

Table 2 Comparison table of the taguchi analysis

C A S E	A	B	C	D	contact load(N)		
					Compression (max)	Height (max)	Deviation
1	6.5	2.7	0.6	2.1	476.8	101.6	375.2
2	6.5	2.4	0.3	1.8	526.2	115.0	411.2
3	6.5	2.1	0	1.5	634.8	141.5	493.3
4	5.5	2.7	0.3	1.5	712.4	115.7	596.7
5	5.5	2.4	0	2.1	717.6	126.0	591.6
6	5.5	2.1	0.6	1.8	384.1	91.5	292.6
7	4.5	2.7	0	1.8	730.7	111.2	619.5
8	4.5	2.4	0.6	1.5	560.3	80.7	479.6
9	4.5	2.1	0.3	2.1	561.0	116.9	444.1

3. 오일씰 유한요소해석

실험계획법을 통해 도출된 설계 사양 9가지 Case를 속업쇼마 실제 최대압력인 10bar를 부여하고, 좌/우측 편조립상태로 가정하고 유한요소해석을 진행하여 편심가정시 Lip선단(Edge)부의 접촉하중 편차 값을 도출하였다. 해석은 2차원 축대칭 비선형 유한요소해석을 수행하였다.

3-1. 오일씰 고무물성 및 경계조건

오일씰의 기본물성을 확보하기 위하여 1축 인장 실험(axial tension test)과 평면변형 실험을 하였으며 특히, -40℃ 저온환경에서의 오일씰의 특성평가를 위해 인장시험 진행을 저온챔버가 부착된 UTM 시험기에서 고무시편을 -40℃챔버에서 실험데이터를 확보하여, 속업쇼마 오일씰의 실제 작동환경과 동일한 저온환경특성을 구현하였다. Fig. 3은 해석 경계조건을 보여준다.

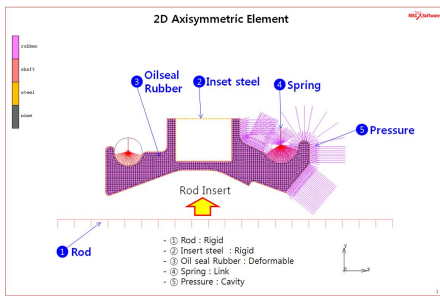


Fig. 3 Boundary conditions

3-2. 해석결과

해석결과 9가지 사양 모두 씰링을 위한 Lip 하중분포가 쇠기형태의 적절한 형태를 나타내었으며, 최대 신장시에도 100N 전후의 접촉하중이 작용하여 씰링력은 유지될 것으로 판단되었다. Fig. 4는 Case별 접촉하중 편차를 보여준다.

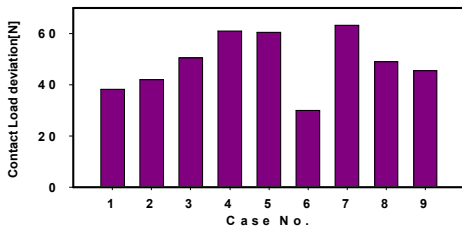


Fig. 4 Deviation of contact normal force

해석결과 Lip높이가 낮고, 두께가 얇은 유연한 사양들이 편조립시에도 상대적으로 과대변형이

적고, 좌/우편조립에서도 씰링력 편차가 작은 것을 알 수 있었으며, offset은 큰 사양일수록 씰링력 편차가 작고, Lip간 거리가 짧을수록 변형 및 씰링력 분포가 균일함을 알 수 있었다.

4. 오일씰 최적사양

실험계획법에서는 개선을 위한 정도를 나타내는 척도로써 S/N비를 사용한다. 속업쇼마 오일씰의 접촉하중편차가 작을수록 추종성이 좋은 특성으로, 망소특성을 가진다. S/N비는 잡음에 대한 신호응답률을 나타내고 망소특성 식을 이용하여 계산된다. 데이터 분석은 통계적 해석Tool인 미니탭을 사용하여 각 인자의 영향도를 알 수 있는 S/N비 분석을 하였다. 분석결과 Lip offset과 Lip간 거리 제어인자가 오일씰의 접촉하중에 가장 큰 영향을 미치고, 다음으로 Lip 두께, 높이순임을 알 수 있다. 최적사양은 Table 3과 같다.

Table 3 Optimum specification

Existing spec. (unit : mm)	A1	B1	C2	D1
	6.5	2.7	0.3	2.1
Optimum spec. (unit : mm)	A2	B3	C1	D2
	5.5	2.1	0.6	1.8

5. 결론

본 논문에서는 자동차의 왕복구동용 부품 중 속업쇼마에 장착되는 오일씰의 저온특성강화를 위하여, 유한요소해석 및 실험계획법을 적용, 분석한 결과 오일씰의 형상을 결정하는 여러 가지 인자 중 Lip높이는 2수준(5.5mm), 두께 3수준(2.1mm), offset은 1수준(0.6mm), Lip간 거리는 2수준(1.8mm)이 저온환경에서 편심대응 씰링력에 가장 우수한 영향을 주며, 유리할 것으로 설계사양을 제안하였다.

참고문헌

1. MSC. MARC User's Guide, 2005
2. Y. M. Huh, K. O. Lee, T. Y. Sim and S. S. Kang, "Study on Geometry Design of Lip-Seal for Automobile Wheel Bearing Considering Drag Torque and SealingPerformanec" Transactions of KSAE, Vol. 15, No. 4, pp.10-16, 2007.
3. Y. Z. Kim, S. H. Eum and Y. H. Kim, "Effects of Additives on the Friction and Wear Properties of PTFE Comp osites" Proceeding of KSCM Autumn Conference, No. 01, pp.88-94, 1999.