

가스 스프링 높이 조절에 있어 마찰력 감소를 위한 피스톤 로드에서 작용하는 가스씰 조임 기술 개발

이정익*

¹인하공업전문대학 기계공학부 기계설계과

The development of gas seal lip technology on piston rod for reducing a friction force on moving gas spring elevation

Jeong-Ick Lee^{1*}

¹Dept. of Mechanical Design, Division of Mechanical Engineering,
INHA Technical College

요약 본 논문은 대형 텔레비전 스탠드의 높이 조절에 있어 마찰력 감소를 위한 가스 스프링 사용에 대한 연구이다. 대상은 가스 스프링을 사용하는 50인치 이상의 대형 텔레비전의 높이 조절 동작에 적용되었다. 높이 조절 동작에 마찰력 감소를 얻기 위해서는 피스톤 로드에서 작용하는 가스 씰 조임 기술을 개발해야 한다. 가스 씰 조임 기술이 작용하기 위해서는 가스 씰 조임 부의 내경, 커팅 각도 설계 및 소재 변경을 통해서 마찰력 향상을 얻을 수 있다.

Abstract This paper is a study on using gas springs for reduced friction in the elevation of the large television stand. Target is applied to the operation of the elevation over 50-inch television that uses a gas spring. Gas seal lip technology is needed for development acting on the piston rod in order to obtain a reduction in friction in elevation operation. In order to acting on the gas seal lip technology, the improved friction force can be obtained through the inner diameter of gas seal lip, the design of cutting angle and the changes of material.

Keywords : Gas spring, Piston rod, Orifice, Elevation, Friction, Gas seal lip

1. 서론

최근 자동차의 급격한 수요 증대로 인한 자동차 메이커에서는 각종 유공압 시스템을 이용한 전자 제어기술 발전과 더불어 차량의 후드를 비롯한 트렁크 등에 레이아웃 최소화를 위한 가스 스프링의 사용이 날로 증대[1]되고 있다. 가스 스프링은 비선형 변화-하중 특성으로 인해 하중지지 영역이 넓고, 승차감이 우수하여 현수장치(suspension) 등에 적용하는 경우가 증대되고 있다. 가스 스프링은 높은 반력과 긴 행정에서도 일정한 탄력 변화율을 유지하고 컴팩트한 디자인과 외형을 지니며 어떠한

적용품에도 쉽게 장착 가능하며 조립성이 뛰어나 코일 스프링을 대신하여 자동차뿐만 아니라 산업전반[2-3]에서 이용범위가 넓다고 할 수 있다.

본 기술 개발 제품은 가스 스프링의 디지털 텔레비전 스탠드 적용에 있어서 가스 스프링의 피스톤 속도를 제어함으로써 텔레비전의 높이 조절(200 ~ 300mm)시 피스톤 로드의 마찰력 감소를 위한 가스 씰 조임 기술을 연구[4-5]하였다. 이를 위해 첫 번째 가스 씰 조임 부의 내경 및 커팅각도를 설계하고, 두 번째 소재변경에 따른 성능향상에 목적을 두고 연구를 수행하였다.

*Corresponding Author : Jeong-Ick Lee(INHA Technical College)

Tel: +82-32-870-2157(email: jjilee@inhac.ac.kr)

Received July 14, 2015

Revised (1st August 28, 2015, 2nd September 17, 2015)

Accepted October 8, 2015

Published October 31, 2015

2. 이론 및 해석

2.1 가스 스프링 내의 피스톤

가스 스프링은 가스 씰과 가스(N_2)의 압력작용으로 마찰력이 발생하고 마찰력은 외력의 방향과 반대방향으로 작용한다. 마찰력은 정지 마찰력과 운동 마찰력으로 구분된다. 가스 스프링은 이 정지 마찰력으로 인하여 사용자가 높낮이 동작을 위해 외력을 가할 때 가스 스프링의 반발력과 마찰력의 합보다 더 많은 외력을 필요로 하게 된다. 따라서 마찰력이 정지 마찰력에서 운동 마찰력으로 전환될 때 초과 외력이 발생하게 되고 초과 거리가 발생하게 된다. 이에 사용자는 원하는 위치에 텔레비전 본체를 이동시키기가 어렵게 되는 것이다. 또한 가스 스프링은 가스 스프링 내부에 압축되는 피스톤 로드의 부피만큼 내부 부피가 감소하게되어 압력이 상승하게 된다. 따라서 가스 스프링이 압축될수록 반발력이 상승하여 변위에 따른 사용자 외력의 차이가 크게 발생한다.

2.2 피스톤 속도 제어 기술

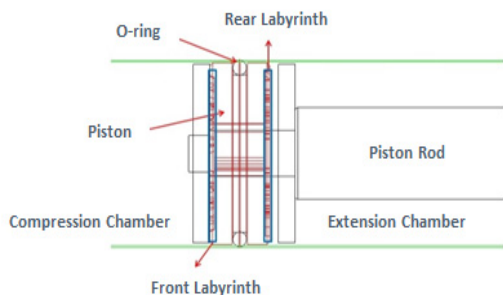


Fig. 1. Schematic diagram of piston package

Fig. 1은 가스 스프링의 피스톤 패키지를 나타낸 그림이다. 가스 스프링의 실린더 내부는 크게 압축 실(compression chamber)과 인장 실(extension chamber)로 나뉘지며 피스톤(piston rod)이 두 저장 조를 나누는 역할을 한다. 피스톤에는 피스톤 외벽과 실린더 내벽 사이의 가스 누출을 막기 위해 오링(O-ring)이 장착되어 있으며, 두 저장 조 사이에서 가스이동을 위한 통로로서 오리피스 역할을 하는 미로가 피스톤 앞(Front Labyrinth), 뒷면(Rear Labyrinth)에 형성되어 있다. 이는 압력강하를 발생시켜 가스누출 속도에 감쇠를 주기 기능을 하며 감쇠효과를 다르게 줄 수 있도록 서로 다른 미로 형상을 가지고 있다.(Fig. 3 참조)

아래 Table 1은 연구자의 시뮬레이션을 통한설계변수로 피스톤 앞면과 뒷면의 오리피스 단면적 및 길이를 나타내고 있으며 각각의 미로에는 압력강하를 위하여 단면적에 차이를 두었다.

Table 1. Design parameters for experiments

Case	Orifice cross section area(A)	Orifice length(L)
Front	0.38 mm ²	135mm
Rear	0.57 mm ²	67.5mm

압력강하가 일어나는 압력구배[6]는 다음 식 (1)과 같다.

$$\Delta P = p_1 - p_2 ,$$

$$V_2 = \frac{2(p_1 - p_2)}{p \left(1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right)} ,$$

$$Q = Q_1 = Q_2 = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (1)$$

Where, p_1 : Before Pressure of Orifice,

p_2 : After Pressure of Orifice,

V_1 : Before Velocity of Orifice,

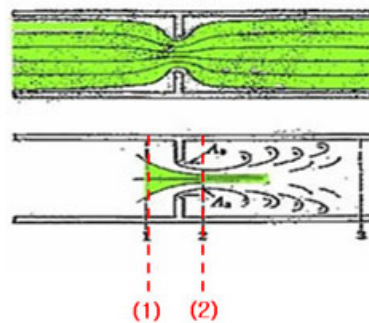
V_2 : After Velocity of Orifice,

Q_1 : Before Flow Quantity of Orifice,

Q_2 : After Flow Quantity of Orifice,

A_1 : Before Area of Orifice,

A_2 : After Area of Orifice



(1): before pressure drop,

(2): after pressure drop)

Fig. 2. Pressure of Orifice

압력강하를 위한 압력구배는 피스톤의 단면적에 비례하여 오리피스 단면적이 클수록 유속도 증가하는 것을 식 (1)로부터 알 수 있다. Table 1과 같이 피스톤 뒷부분 미로(Rear Labyrinth)의 단면적이 피스톤 앞부분 미로(Front Labyrinth)의 단면적보다 크며 이는 신장 때보다 압축 때 압력강하를 크게 한다. 압력강하가 크면 클수록 피스톤에 가해지는 힘은 커지며 추가력(extra force)을 흡수할 수 있는 충격의 범위가 커지게 된다. 따라서 다양한 형상의 오리피스를 설계하고 유동 해석하여 효과적으로 압력강하를 발생시킬 수 있는 유로를 설계해야 하는 것이 목적이다. Fig. 2는 압축 실에서 인장 실로 통과하는 유로사이에서 있는 오리피스에서의 속도분포를 나타낸 그림이다. 그림에서 (1)(오리피스 내에서 압력 강하 전)과 (2)(오리피스 내에서 압력 강하 후)를 통과하는 유체의 유량은 동일하고 오리피스 단면적에 의한 압력강하가 발생하며 (2)지점에서의 유체속도는식 (1)과 같이 구할 수 있다.

오리피스에서의 압력강하는 다음과 같이 베르누이 방정식[7]인 식 (2)를 이용하여 구한다.

$$\frac{p_1}{r} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_2}{r} + \frac{v_2^2}{2g} + h_l \quad (2)$$

Where, subscript 1: inlet of orifice flow
 subscript 2: outlet of orifice flow

$$h_l = K_1 \frac{V_1^2}{2g} + K_2 \frac{V_2^2}{2g} + \lambda_1 \frac{d_1}{1} \frac{V_1^2}{2g} + \lambda_2 \frac{d_2}{1_2} \frac{V_2^2}{2g} \quad (3)$$

h_l : hydraulic loss of fluid according to flow
 K_1, K_2 : hydraulic loss coefficients of inlet and outlet of flow
 λ_1, λ_2 : fluid friction coefficients

유동에 따른 유체 손실수두[8]을 식 (3)과 같이 구하면 층류유동인 경우 레이놀즈수[2]와의 관계는 다음 식 (4)와 같이 나타난다.

$$\lambda = \frac{R_e}{64} \quad (4)$$

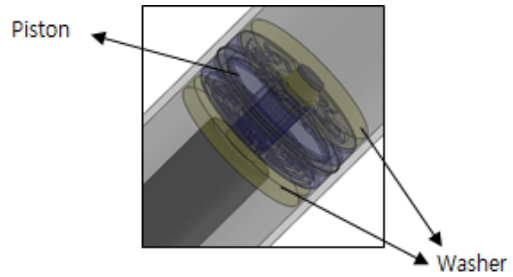
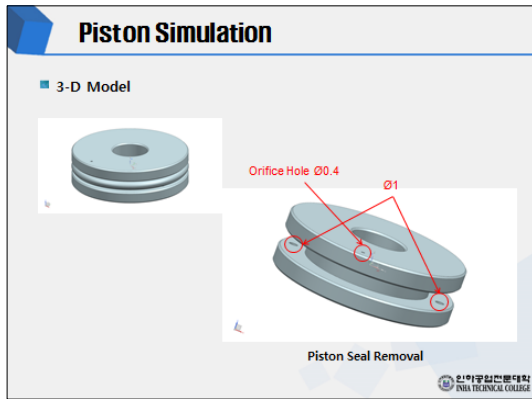


Fig. 3. Schematic diagram of piston package

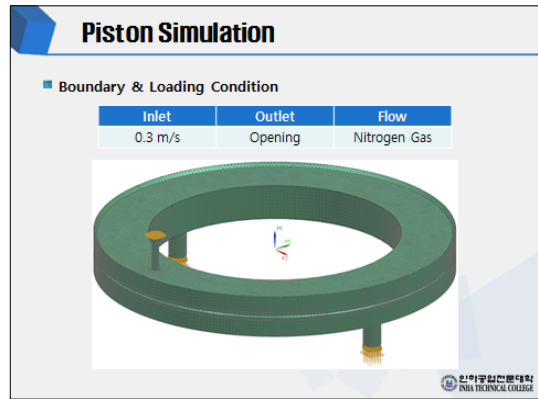
압축과 신장 시의 감쇠는 피스톤 앞, 뒷면의 구조에 의해 상이하다는 것은 위에서 이미 언급하였고 위 오리피스 구조를 효율적으로 사용하기 위하여 가변 피스톤 구조를 고안해 내었다. 원리는 비교적 간단하여 Fig. 3과 같이 피스톤 로드의 피스톤 압입부에 2단 구조를 설계하여 압축(Fig. 4), 신장(Fig. 5)시의 운동 방향에 따라 피스톤이 유동하는 원리이며 피스톤 앞, 뒤의 와셔(washer)가 가스의 이동경로를 설정해 주는 역할을 한다.

2.3 관형(pipe type) 피스톤 유동해석

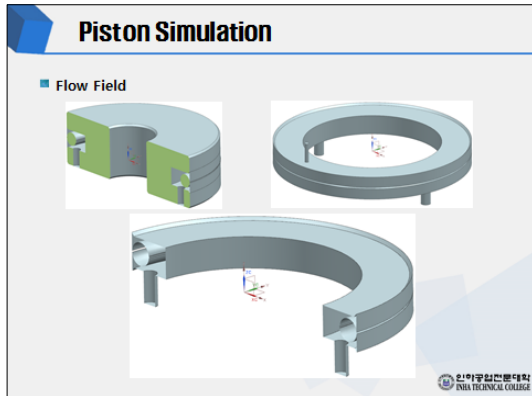
본 연구 개발 목적에 맞는 피스톤을 설계하기 위해서는 첫 번째, 오리피스에 홀(hole) 크기에 따른 유동흐름을 파악하여 유동속도를 산출하고 두 번째, 산출된 유동속도를 바탕으로 유동제어 실험을 진행하여 유효성을 평가한다. 마지막으로 세 번째, 최적화된 피스톤 설계를 위한 목표치를 설정하여 피스톤 오리피스 사양 및 유형을 결정하는 흐름으로 진행하였다. 먼저 오리피스 유형에 따른 피스톤을 간단하게 설계하고 관형 오리피스를 기반으로 시뮬레이션을 진행하였다. 시뮬레이션은 오리피스 직경에 따른 압력강하 즉, 오리피스를 통과하기 전과 후 두 구간에서 압력의 차이에 따른 기체 유동 속도를 시뮬레이션 하였다. 상기 2.2의 식(1) - 식(4)는 모두 시뮬레이션의 소프트웨어에 들어간 유동해석의 기초 개념식이다. CAE 시뮬레이션은 Nastran을 이용하여 수행하였다.



(a) 3d modeling and orifice model of pipe type (piston seal is removed.)



(d) boundary and load condition (inlet: 0.3m/s, outlet: opening, flow: Nitrogen gas)



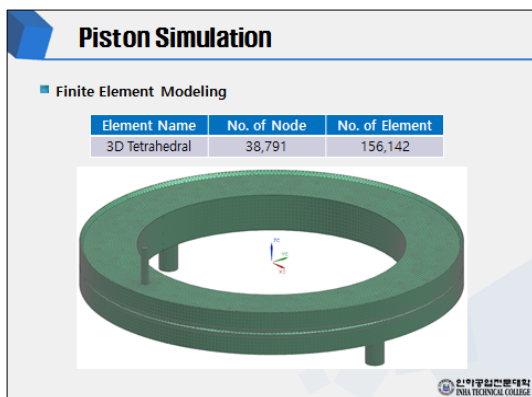
(b) flow field: bottom $\phi 1.0 \times 2$, top $\phi 0.4 \times 1$

Fig. 4. Simulation preparation of pipe type orifice

상기 Fig. 4(a)의 관형 오리피스를 기반으로 피스톤 씰을 제거한 (b)의 유동장을 1/2 모델로 하여 하측 $\phi 1.0 \times 2$, 상측 $\phi 0.4 \times 1$ 로 구성하였다. (c)에서처럼 유한요소모델링(FEM)의 총 38,791개 node와 156,142개의 element를 구성하고 (d)와 같이 하측 $\phi 1.0 \times 2$ 의 오리피스에 0.3 m/s의 속도로 질소를 주입시켰다.

2.4 관형(pipe type) 피스톤 유동해석 고찰

상기와 같은 2.3의 조건들로 관형 피스톤 유동해석 고찰을 해본 결과는 아래 Fig. 5에 나타나 있다.



(c) FEM (node: 38,791, elements: 156,142)

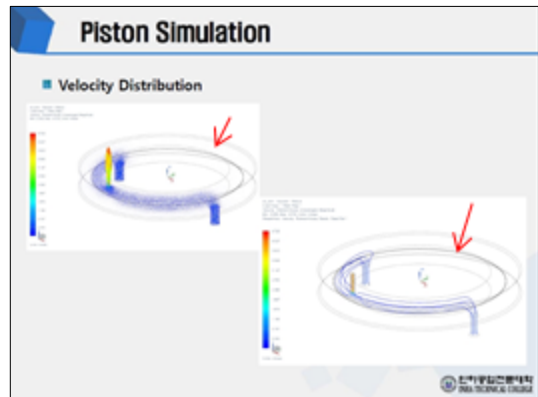
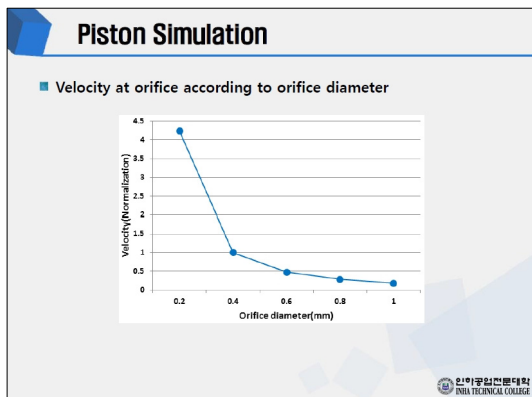


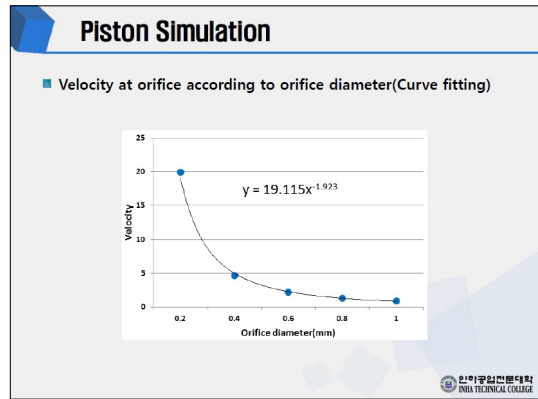
Fig. 5. Velocity distribution of pipe type orifice

Fig. 5에서 보듯이 하측 오리피스에 주입된 질소기체가 상측 오리피스로 배출되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었으며 특이사항으로서는 상측 오리피스가

스 주입구를 기준으로 림(rim)의 양쪽만 유로가 형성되는 것을 알 수 있었고 Fig. 5의 붉은색 화살표로 표시한 상측 오리피스 반대편의 기체의 유량은 미미하였다. 즉, 피스톤 로드에서 장착된 관형 타입 오리피스를 가진 피스톤의 단면 전체에 질소기체를 주입하더라도 상측에 오리피스 한 개의 경우 중심으로 림(rim)의 반만의 유속으로 인장, 압축이 발생하며 나머지 반의 기체의 유량이 피스톤 로드에서 인장, 압축에 미치는 영향은 미미하다는 것이다. Fig. 4(a)의 상측 오리피스 직경은 $\Phi 0.4$ 로 하였으나 오리피스 내 유속을 관찰하기 위해 직경의 크기를 0.4 외에 $\Phi 0.2, 0.6, 0.8, 1.0$ 으로 하여 위 시뮬레이션을 반복하고 상측 오리피스 유속을 수치화하여 정규화 그래프로 표현하였다. 아래 Fig. 6의 (a)는 오리피스 다양한 직경에 따른 관내 속도를 나타내며 이를 근사화(curve fitting)한 것이 (b)이다. 정규화 그래프를 바탕으로 $y = 19.155x^{-1.923}$ 이란 관계식을 도출하였다. 오리피스 외경이 그림 (a), (b) 모두에서 보듯이 1.0에서 0.4까지는 유속이 완만히 증가하다가 0.2에서 급격히 증가하여 하측 오리피스 유속(inlet=0.3m/s)의 약 60배인 20m/s까지 증가하는 것을 알 수 있었다. 즉, $\Phi 0.2$ 에서는 원인은 알 수가 없으나 급격한 압력강하가 발생한다고 추측할 수 있었으며 본 연구과제에서는 배제해야 하는 데이터로 판단되어 0.2는 차후 연구 및 실험에서 알아보기로 하고 배제하였다.



(a) Velocity according to orifice diameter



(b) Curve fitting of above (a)

Fig. 6. Velocity according to orifice diameter and curve fitting

아래 Fig. 7는 오리피스가 2개 일 때 관내 속도 분포를 보여주며, Fig. 8은 Fig 7을 정량화하여 그래프로 표시하였다. 상측 오리피스를 반대편에 한 개 추가하여 동일한 시뮬레이션을 수행했을 경우 전체적으로 유로가 형성되며, 늘어난 오리피스 수량에 반비례하여 유속은 감소한다는 것을 시뮬레이션을 통해서도 확인 할 수 있었다.

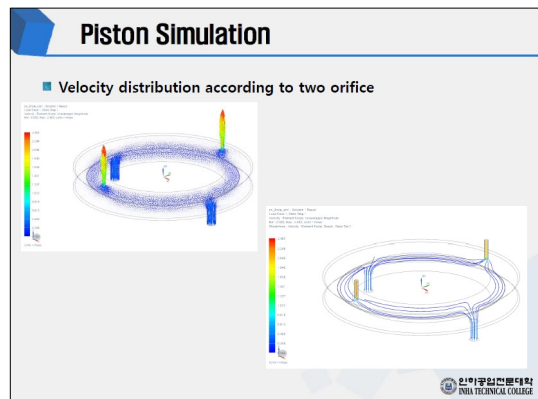


Fig. 7. Velocity distribution at two orifice

최종적으로 시뮬레이션을 통해 오리피스 외경에 따른 유속변화를 알 수 있었고 관계식을 도출할 수 있었다. 특히, 직경 0.2에서 급격한 유속증가가 일어난다는 사실은 차후 오리피스 설계에 중요한 단서를 제시해 주었다.

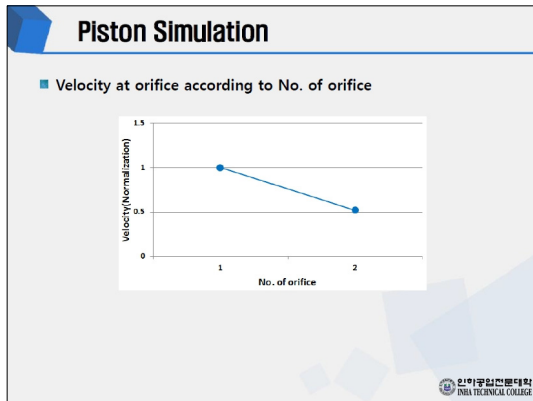


Fig. 8. Velocity according to No. of orifice

시뮬레이션 결과를 증명하고 실제 개발 시의 변수 등을 사전에 검토해 보고자 본 연구에서는 PCB보드, 센서, 프레임 등으로 구성된 세트를 제작하여 실제 압력과 유속 변화를 테스트 하였다.

아래 Fig. 9에서 보듯이 실제 실험 테스트 결과 시뮬레이션과 유사한 패턴의 값이 도출되었고 실제 압력강하가 발생한다는 사실을 알 수 있었다. 시뮬레이션의 정규화 그래프는 $y = 19.155x^{-1.923}$ 를 보여주었고 실제 실험을 통해서 $y = 4.0499x^{-1.923}$ 으로 약 20% 정도의 차이를 보여주고 있다.

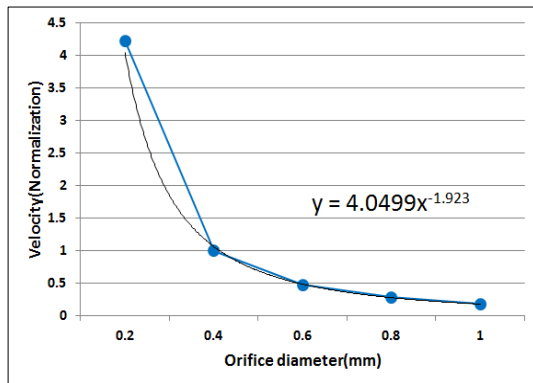


Fig. 9. Velocity according to orifice diameter and curve fitting

Fig. 10은 압축 시 피스톤의 위치를 나타내는 그림으로서 압축 시 피스톤 로드는 위 방향으로 이동하고 피스톤은 오링의 마찰에 아래방향에 위치한다. 즉, 미로에 의한 압력강하(감쇠)는 피스톤의 뒷부분 미로를 통해 작용한다. 그와 반대로 Fig. 11은 인장 시의 피스톤 위치를

나타내는 그림으로서 피스톤 로드는 아래방향으로 이동하고 피스톤은 위 방향에 위치하며 압력강하는 피스톤의 앞부분 미로를 통해 작용한다. 이와 같이 피스톤은 오링의 마찰력에 의해 압축과 신장시의 위치가 다르며 각각 작용하는 압력강하도 상이한 구조의 미로에 의해 다르게 작용한다. Fig. 12는 텔레비전에 적용된 높이 조절 동작을 보여주고 있다.

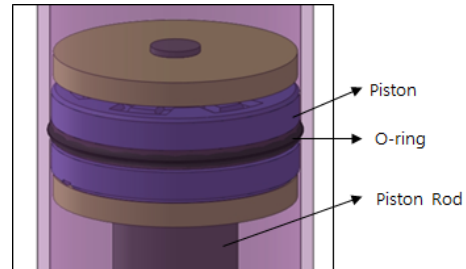


Fig. 10. Piston location at compression

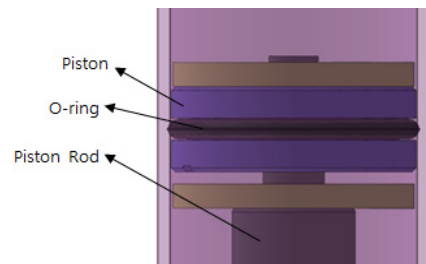


Fig. 11. Piston location at extension

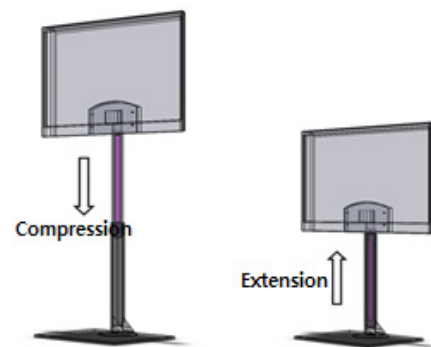


Fig. 12. Operating of elevation

2.5 피스톤 로드의 마찰력 감소 기술

가스 스프링은 운동 시 부품 형상합성에 의한 마찰력도 존재하지만 피스톤 로드와 가스 셀 립 부에 의한 마찰력이 대부분을 차지한다.

아래 Fig. 13은 가스 씰 그림으로 피스톤 로드 에 압입 되는 과정을 보여주고 있다. 실제 가스 스프링에서 가스 씰은 고정되고 피스톤 로드만이 왕복운동을 하며 이때 마찰력이 발생하게 된다. 다만 마찰력은 고무재질의 가스 씰과 S45C 재질의 피스톤로드의 마찰력에 아래 Fig. 14의 파란색 선과 같이 가스 스프링 내부압력의 힘에 의한 립 조임력이 더해져서 마찰력이 더 강하게 작용하게 된다. 즉, 내부압력에 의해 립은 조여지게 되며 마찰력이 상승하게 되는 결과를 초래한다. 마찰력 상승은 텔레비전 스탠드의 높이 조절 동작 시 사용자 외력을 증가시키며 감성품질 하락을 가져온다.

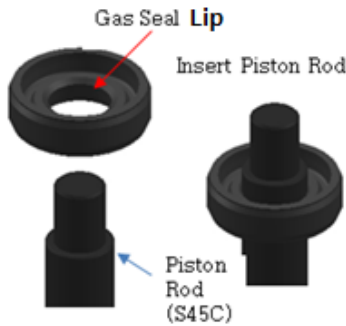


Fig. 13. Gas Seal Lip(Material: NBR)

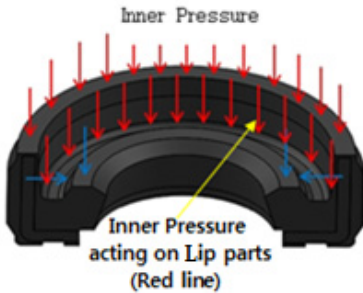


Fig. 14. Gas seal cross section

립 조임력은 마찰력과 밀접한 관계가 있지만, 실은 피스톤 로드를 조여 줌으로써 가스누출을 방지하는 중요 기능을 담당한다. 따라서 마찰력을 줄이기 위해 단순히 고무재질의 경도나 립 구조 형상 등을 변경하는 것은 가스스프링 기능을 상실시키는 등 큰 위험이 따르므로 이론적(설계적)인 대안과 함께 여러 테스트를 수반되어야 하는 신중한 연구가 수행되어야 할 것이다. 따라서, 본 과제에서는 마찰력을 최소화 할 수 있으면서 신뢰성확보가 가능한 대안을 연구할 것이며 내구력 테스트 및 헬륨(He)가스 테스트 등을 통해 신뢰성을 확보할 것이다.

3. 실험 및 고찰

가스 스프링의 마찰력은 씰 조임부(seal lip)의 내경 및 커팅각도와 가스스프링 내압과 밀접한 관계가 있는데 가스누기가 발생하지 않는 범위 안에서 위 조건을 고려하여 씰을 설계함으로써 마찰력을 최소화 하는데 목적을 두고 개발하였다.

3.1 가스 씰 조임부의 내경 및 커팅각도 설계

텔레비전 높이 조절에 적용되는 가스 스프링은 본체의 무게로 인해 모니터용 가스 스프링에 비해 고압용 설계가 필요하다. 이에 가스 스프링 내압에 따른 내경 및 커팅각도를 설계하였고 테스트를 실시하여 아래 Table 2의 결과를 얻었다.

Table 2는 30 kgf 하중(50인치 텔레비전 본체무게 가상 설정) 고려 시 씰 부 하중계산에 대한 가스 씰 외경이 $\Phi 20$ 이고, 가스 씰 내경이 $\Phi 6$, $\Phi 8$, $\Phi 10$ 의 직경을 가질 때 가스 스프링 내압, 가스 씰 립부 하중, 내경, 커팅 각도, 내구성, 마찰력을 조사한 실험 결과이다.

단, $\Phi 20 \times \Phi 6$ 사양의 경우 Test 중 가스 누기가 발생

Table 2. Load calculation of seal parts considering 30 kgf loads (50 inch television weight set-up)

seal spec.	gas spring inner pressure (kgf/cm ²)	gas seal lip part weight (kgf)	inner diameter (Φ)	cutting angle ($^\circ$)	durability (He-test)	friction force (kgf)	remark
$\Phi 20 \times \Phi 6$	106	31.17	5.2	33	gas leakage occurrence (3EA/10EA)	-	lip cross section (0.2941cm ²)
$\Phi 20 \times \Phi 8$	59.7	16.24	7.2	35	no gas leakage	1.405	lip cross section (0.2720cm ²)
$\Phi 20 \times \Phi 10$	38.2	12.58	9.2	35	no gas leakage	1.45	lip cross section (0.3292cm ²)

* lip part weight: Lip cross section x inner pre.

하여 본 연구과제에서는 배제되었고 중공로드 사양을 고려하여 $\varnothing 20 \times \varnothing 8$, $\varnothing 20 \times \varnothing 10$ 사양의 가스 씰을 개발하였다.

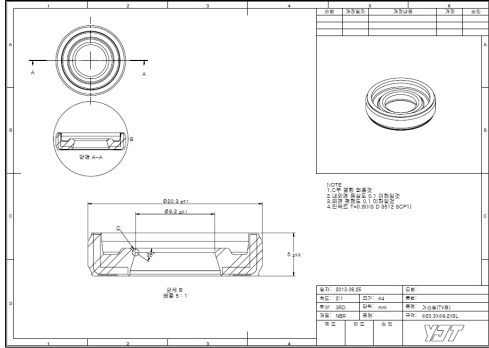
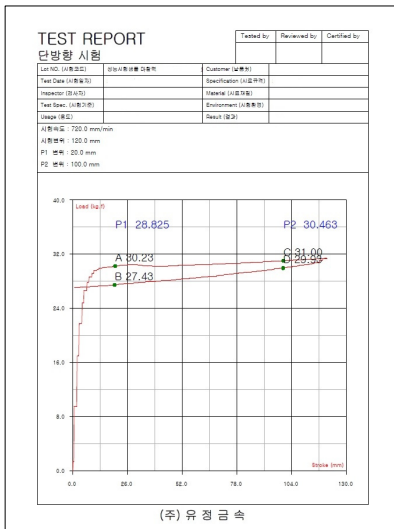


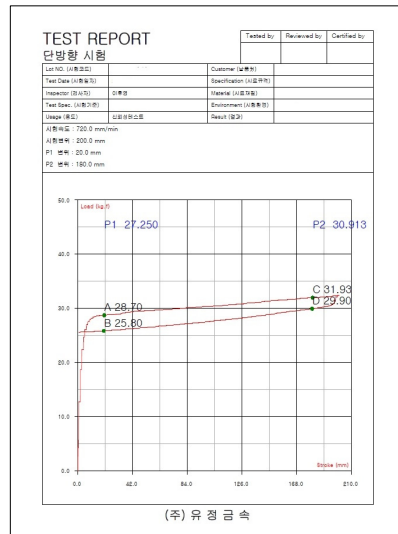
Fig. 15. Gas seal drawings($\varnothing 20 \times \varnothing 10$)

Fig. 15 상, 하는 가스 씰 개발도면으로서 상은 $\varnothing 20 \times \varnothing 10$ 사양으로 개발하였다. 가스 스프링의 중공로드 사양이 $\varnothing 8$, $\varnothing 10$ 두 가지 사양으로 일단 검토되었기 때문에 불가피하게 두 가지 사양으로 개발되었으며 중공로드 테스트 결과에 의거하여 $\varnothing 8$ 사양으로 결정되었다. $\varnothing 10$ 는 로워 캡 부에 안착되어 이중으로 가스누기를 방지하는 기능을 담당하는 것으로 위치를 변경하여 사용하였다.

3.2 최적화된 피스톤 구조 개발



(a) Reaction diagram of $\varnothing 20 \times \varnothing 8$ gas seal



(b) Reaction diagram of $\varnothing 20 \times \varnothing 10$ gas seal

Fig. 16. Reaction diagram on gas seal

Fig. 16의 (a)는 $\varnothing 20 \times \varnothing 8$ 가스 씰을 적용한 반발력 선도로서 마찰력은 $30.23 - 28.825 = 1.405$ 이고 (b)는 $\varnothing 20 \times \varnothing 10$ 의 마찰력은 $28.70 - 27.250 = 1.45$ 로 두 사양의 마찰력이 비슷하게 측정되었다. 두 결과값은 가스 씰의 고무경도를 90 Hs로 적용한 측정값이다. Fig. 17은 립 부분의 확대도이다.

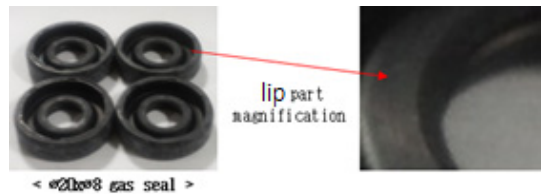


Fig. 17. Lip parts magnification

3.2.1 관형 오리피스 피스톤



Fig. 18. Pipe type orifice piston and experiment

상기 Fig. 18은 관형 오리피스 피스톤과 300 mm 스트로크 구간에서 측정위치, 방법, 마찰력 등을 점검한 것

으로서 오리피스 외경을 $\varnothing 0.2 \sim \varnothing 1.0$ 으로 적용한 피스톤으로 가스 스프링을 제작하여 30 kg(50인치 텔레비전의 무게에 해당)의 물체를 얹고 가스 스프링의 slip up/down 유무를 관찰한 결과 $\varnothing 0.4 \sim \varnothing 1.0$ 오리피스 300 mm구간에서 slip up/down 현상이 발생됨을 알 수 있었다.

3.2.2 미로형 오리피스 피스톤

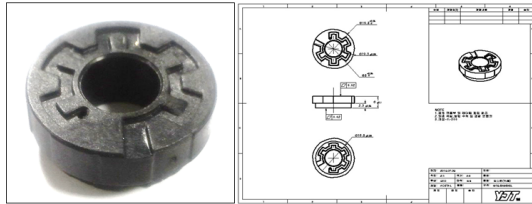


Fig. 19. Labyrinth type orifice piston

상기 Fig. 19는 미로형 오리피스 피스톤을 나타낸 것으로 실험결과 $\varnothing 0.4 \sim \varnothing 0.6$ 의 오리피스는 300 mm 구간에서 slip up/down 현상이 전혀 발생하지 않아 50인치 이상의 대형 텔레비전의 가스 스프링의 세부 사양으로 결정되었다. 본 미로형의 경우는 단면 형상이 복잡하여 시뮬레이션으로 관측하기에는 한계가 있으므로 파이프형 오리피스의 시뮬레이션 결과를 사용하였다. 본 3.2.1과 3.2.2의 결과 유속이 증가할수록 압력강하가 증대되지만 가스 스프링의 반력에는 변동이 없다. 또한, 오리피스를 빠져나가는 기체에 의한 압력강하에 감소요소가 작용하면 피스톤 속도가 저하되어 slip up/down 현상의 방지 가능하다. 따라서 본 실험결과에서는 최적화된 피스톤 구조로는 미로형 오리피스 피스톤을 사용한다.

3.3 가스 셸 부 소재변경에 따른 마찰력 향상

30 kgf 하중(50인치 텔레비전 본체무게 가상 설정) 고려 시 셸 부 하중계산에 대한 가스 셸 외경이 $\Phi 20$ 이고, 가스 셸 내경이 $\Phi 6, \Phi 8, \Phi 10$ 의 직경을 가질 때 동일내경의 가스 셸 부의 립 조임력을 줄이기 위하여 가스 셸의 소재를 경도 70 Hs 에서 경도 90 Hs로 변경하여 마찰력 검증을 실시하였다. 경도 70 Hs에서는 마찰력이 2.25 kgf 나왔으나 경도 90 Hs에서는 1.405kgf로 0.845 kgf 감소되었다. 따라서, 경도가 높은 가스 셸을 쓰면 마찰력은 향상됨을 알 수 있다. 따라서 적정 최소마찰력은 90 Hs로 설계하는 것으로 결정되었다.

4. 결론

50인치 이상의 대형 텔레비전 스탠드의 높이 조절 동작에 마찰력 감소를 위한 피스톤 로드와 작용하는 가스 셸 조임 기술 개발에 있어 피스톤 로드와 작용하는 가스 셸의 최소 조임 기술의 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 가스 셸 조임부의 내경과 커팅 각도 설계 및 가스 셸 부 소재 변경에 따른 마찰력 향상으로 피스톤 로드와 작용하는 가스 셸 조임 기술이 향상되었다.
2. 모니터용 가스스프링 내압에 따른 내경 및 커팅각도를 설계 하였고 테스트해본 결과 외경에 대한 중공로드의 사양을 $\varnothing 20 \times \varnothing 6, \varnothing 20 \times \varnothing 8, \varnothing 20 \times \varnothing 10$ 세 가지에서 $\varnothing 20 \times \varnothing 6$ 은 가스 누기가 발생되어 배제되었다. 나머지 두 가지에서는 가스 스프링 내압, 가스 셸 립 부 하중, 내경, 마찰력 모두 감소하였다.
3. 모니터용 가스스프링 내압에 따른 동일내경의 셸의 립 조임력을 줄이기 위해 가스 셸의 소재를 변경하였다. 경도 70 Hs에서 90 Hs로 변경하여 마찰력을 실시했을 경우 0.845 kgf가 감소되었다.

References

- [1] C. W. Park and H. Y. Kim, "A study on the auto-mobile gas spring structural analysis using of bimetal", *Jol. of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, Vol.22, No. 1, pp.131-137, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.7735/ksmte.2013.22.1.131>
- [2] I. S. Han, K. J. Choi, J. Y. Kim and Y. B. Lee, "The numerical analysis and experimental verification of the heat transfer effect on the highly pressured gas spring", *Transactions of KSAE*, Vol. 21, No. 2, pp.87-97, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.7467/KSAE.2013.21.2.087>
- [3] S. K. Lim, C. H. Lee, I. Hwang, H. W. Kang and S. J. Park, "Design of high frequency casting machine for dental", *Proceedings of KSMTE Spring Meeting*, pp.264-265, 2011.
- [4] J. I. Lee, "A study on development of system for prediction of welding process parameters by using analysis in back-bead of gas metal arc welding", *Proceedings of KSMT Summer Meeting*, pp.39-42, 2000.
- [5] C. D. Kim and Y. H. Seo, "Study for performance development of the safety device in large capacity gas burner", *Jol. of KSMT*, Vol. 1, No. 1, pp.137-143, 1999.
- [6] A. R. Ye, R. Das and H. D. Kim, "Investigation of transonic and supersonic flows over an open cavity mounted on curved wall(1)", *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 39, No. 3, pp.231-236, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2015.39.3.231>

- [7] J. S. Nam, G. W. Kim, J. H. Kim and H. D. Kim, "Theoretical and computational analysis of Bernoulli Levitation flows", *Trans. Korean Soc. Mech. Eng. B*, Vol. 37, No. 7, pp. 629-636, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3795/KSME-B.2013.37.7.629>
- [8] J. S. Kim, J. W. Kim, H. M. Kim and S. E. Yoon, "Calculation of heat loss coefficient at surcharged circular manhole using fluent model", *Proceedings of the Korean water resources association conference*, pp.1828-1832, 2008.

이 정 익(Jeong-Ick Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학. 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 12월 : (주) 대우전자. 중앙연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월 ~ 2007년 2월 : 용인송담대. 자동차기계설계 전공 (교수)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공전. 기계공학부. 기계설계과 (교수)

<관심분야>

CAD/CAM/CAE, 생산자동화, 금형설계, IoT, BIOMECHANICS