

비선형 캠과 스프링을 이용한 오븐 렌지 도어의 열림 감성 품질 향상 메커니즘 개발

김희연¹, 윤재득¹, 정웅호^{2*}

¹부산대학교 기계공학부, ²부산대학교 기계공학부 / 정밀정형 및 금형가공연구소

Development on mechanism for opening sensitivity quality improvement of oven range door using nonlinear cam and spring

Hwi-Yeon Kim¹, Jae-Deuk Yun¹ and Yoong-Ho Jung^{2*}

¹School of Mechanical Engineering, Pusan National University

²ERC/NSDM, School of Mechanical Engineering, Pusan National University

요 약 대부분의 오븐 렌지는 위에서 아래로 여는 도어로 되어 있다. 오븐 렌지와 같이 열고 닫는 가전제품의 경우 도어의 감성이 제품 전체의 품질에 영향을 준다. 도어의 감성 품질을 평가하는 항목은 문을 열 때의 개방력, 문을 닫을 때의 폐쇄력, 문을 완전 개방하였을 때 발생하는 튕김 현상이 있다. 개방력과 폐쇄력이 크면 소비자의 불만 요소가 될 수 있고, 튕김 현상이 크면 소비자가 도어를 열었을 때 도어는 물론 몸체에도 충격이 가해져서 파손의 우려가 있다. 감성 품질을 향상시키기 위해서는 개방력, 폐쇄력, 튕김 현상을 최소화하여야 한다. 본 연구에서는 개방력, 폐쇄력, 튕김 현상을 최소화하기 위해 비선형 캠과 스프링을 이용하여 기존의 이중 압축 스프링과 캠 구조를 개선한 메커니즘을 제안하였다. 또한, 제안된 메커니즘을 위해 비선형 캠을 설계 및 제작한 후 실제 오븐 렌지에 적용하여 기존보다 감성 품질이 우수함을 확인하였다.

Abstract Most of oven range doors are opened from top to down. Feeling of door in case of home appliances including oven ranges affects the quality of product. The major factors to evaluate the feeling quality are opening force, closing force, and bouncing effect happened when the door is opened completely. If opening and closing forces become large, consumers may have complaints. If the bouncing effect becomes large, the impact can cause the body as well as the door to damage. Opening and closing forces, and bouncing effect must be minimized to improve the feeling quality. In this study, the mechanism which improves the existed dual compressive spring and cam structure is suggested by using nonlinear cam and spring. After the nonlinear cam is designed and manufactured for the suggested mechanism, this cam is confirmed to become more superior than the existed one by applying it to the practical oven range.

Key Words : Feeling quality, Non-linear cam, Oven

1. 서론

소비자들의 생활수준이 향상됨에 따라 최근의 가전제품은 제품의 기본 기능도 우수하여야 할 뿐만 아니라 편

리함과 심미적 기능을 추구하는 제품으로 차별화를 꾀하고 있다. 이러한 가전제품 중에 대표적인 가정용 주방 가전제품인 오븐 렌지는 전자, 렌지, 그릴, 스팀, 발효, 오븐 기능 등을 모두 갖추고 있어 점점 보편화되고 있다[1,2].

본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Yoong-Ho Jung(Pusan National Univ.)

Tel: +82-10-2447-2469 email: yhj@pusan.ac.kr

Received October 16, 2013

Revised (1st November 8, 2013, 2nd December 23, 2013)

Accepted February 5, 2014

오븐 렌지의 도어는 전자 렌지 보다는 크고, 음식을 쉽게 넣고 뺄 수 있도록 하기 위해 대부분 위에서 아래로 열리는 도어 구조를 가지고 있다. 특히, 이런 가전제품의 경우 도어의 열림 감성 및 신뢰성이 제품 전체의 감성 품질에 영향을 주게 된다.

도어의 열림 감성 품질을 향상시키기 위해서는 도어를 열 때의 개방력, 도어를 닫을 때의 폐쇄력, 도어가 완전히 열렸을 때 발생하는 텅김 현상을 최소화 하여야 한다. 즉, 적은 힘으로 도어를 열고 닫을 수 있어야 하며, 부드럽게 완전 개방되어야 한다.

도어의 열림 감성 품질 중 도어가 완전히 열렸을 때 발생하는 텅김 현상은 도어의 회전 각도가 증가함에 따라 도어의 자중에 의한 모멘트가 증가하여 도어의 개방 속도를 가속화시키기 때문에 발생한다. 따라서 이를 최소화하기 위해서는 도어의 회전 각도가 증가함에 따른 자중에 의한 모멘트를 감소시켜야 한다. 이를 구현하기 위한 방법으로서, 속도를 감속시키기 위해 유압 댐퍼를 이용하는 힌지 구조가 있지만[3,4], 온도 변화가 심한 오븐 렌지의 사용 조건에서 댐퍼 내의 유체의 특성이 변하는 문제가 있고 누유의 우려가 있기 때문에 오븐 렌지에 적용하기는 어렵다. 유체를 사용하지 않고 기계적으로 댐핑 효과를 얻기 위해 유성기어와 래치를 조합하여 도어가 부드럽게 열리고 쉽게 닫히도록 한 힌지 구조[5]가 있지만, 오븐 렌지 힌지의 장착 공간이 협소하여 적용하기 곤란하다. 이 외에 도어를 열 때 회전부의 마찰저항이 증가하는 힌지 구조[6]가 있지만, 개방 횟수가 100,000회 이상의 신뢰성을 가져야 하는 오븐 렌지 도어의 경우 일정한 마찰력을 유지하기 어렵다.

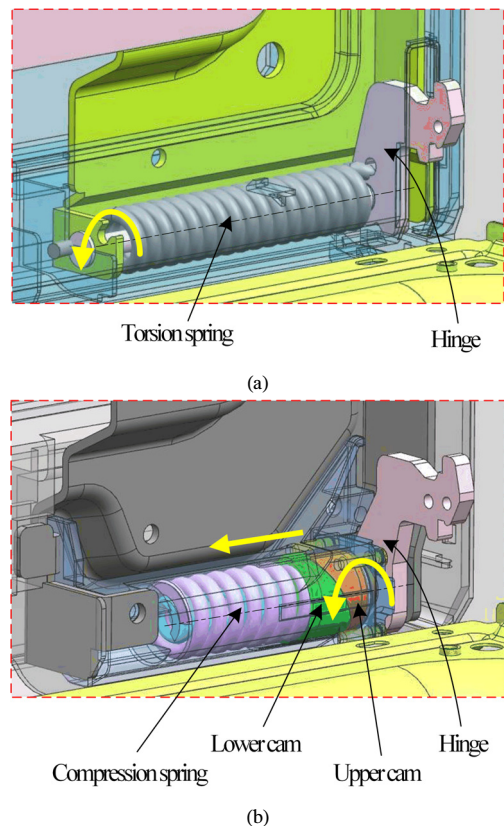
본 연구에서는 기존보다 간단한 구조로 오븐 렌지 도어의 열림 감성품질의 향상을 위해 비선형 캠을 이용하여 고온에 견딜 수 있고, 열고 닫을 때 힘이 적게 들며 도어의 텅김 현상을 최소화할 수 있도록 기존의 이중 압축 스프링과 캠 구조를 개선한 힌지 구조(hinge system)를 개발하고자 한다.

2. 기존 오븐 렌지 도어의 열림 감성 품질

2.1 오븐 렌지 도어의 열림 메커니즘

현재 국내에 출시되고 있는 대부분의 오븐 렌지는 비틀림 스프링 또는 캠을 이용한 이중 압축 스프링을 가지는 힌지 구조를 가지고 있다. 이러한 힌지 구조들은 모두 도어가 열리는 속도를 감속시켜 도어가 부드럽게 열리게

하는 구조로서, 비틀림 스프링을 가지는 구조는 Fig. 1(a)와 같이 도어가 열림에 따라 스프링이 비틀려지고 그 때 발생하는 스프링의 반발력에 의해 도어가 열리는 속도를 감속시키는 구조이다. 캠을 이용한 이중 압축 스프링을 가지는 구조는 Fig. 1(b)와 같이 작동하게 된다. 즉, 도어가 열림에 따라 브래킷(bracket)과 결합되어 있는 하부 캠이 회전하게 되고, 이에 따라 하부 캠이 케이스의 가이드 홈을 따라 도어의 회전축 방향으로 이동하면서 스프링을 변형시키는데 그 때 발생하는 스프링의 반발력에 의해 도어가 열리는 속도를 감속시키는 구조이다.



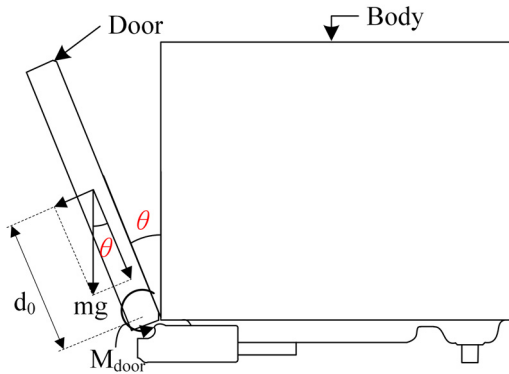
[Fig. 1] Operation structure of the existing door
(a)Torsion spring (b)Dual compression spring with cam

이러한 힌지 구조에서 도어를 열고 닫을 때 힌지에는 도어의 자중에 의한 모멘트, 스프링에 의한 모멘트 및 힌지에서의 마찰에 의한 모멘트가 작용한다.

도어의 자중에 의한 모멘트 M_{door} 는 Fig. 2와 같이 도어의 회전 각도가 θ 일 때 식 (1)과 같이 나타낼 수 있으며 θ 가 증가할수록 모멘트는 비선형적으로 증가한다. 식

(1)에서 m 은 도어의 질량, g 는 중력가속도, d_0 은 도어의 회전축에서 도어의 도심까지의 거리를 나타낸다. 도심은 도어를 무게가 균일하게 분포되어 있는 재질로 이루어져 있다고 가정하여 구하였다.

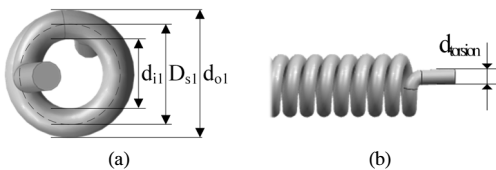
$$M_{door} = mgd_0 \sin \theta \quad (1)$$



[Fig. 2] Moment by self load of door

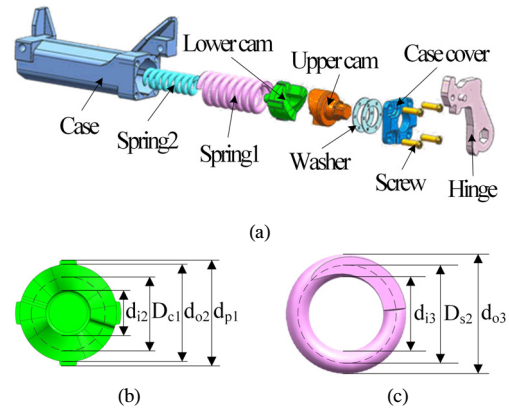
스프링에 의한 모멘트에 관하여, 비틀림 스프링을 가지는 힌지 구조의 경우, Fig. 1(a)와 같이 브래킷에 비틀림 스프링의 한 쪽 끝이 고정되어 있고 다른 한 쪽은 힌지에 고정된 구조로 장착되어 있다. 따라서 도어가 개방됨에 따른 비틀림 스프링 힘에 의한 모멘트 $M_{torsion}$ 은 도어의 회전각도 θ 에 따라 식 (2)와 같이 나타낼 수 있으며 θ 가 증가할수록 모멘트는 선형적으로 증가한다. 식 (2)에서 스프링 상수 $k_{torsion}$ 은 재료의 탄성 계수 E , 스프링 소선의 직경 $d_{torsion}$, 평균경 D_{s1} , 감김수 N_1 을 사용하여 계산할 수 있다[7]. 여기서 D_{s1} 은 Fig. 3(a)와 같이 비틀림 스프링의 외경 d_{o1} 과 내경 d_{i1} 의 평균값이다.

$$M_{torsion} = \theta k_{torsion}, \text{ where } k_{torsion} = \frac{Ed_{torsion}^4}{3667D_{s1}N_1} \quad (2)$$

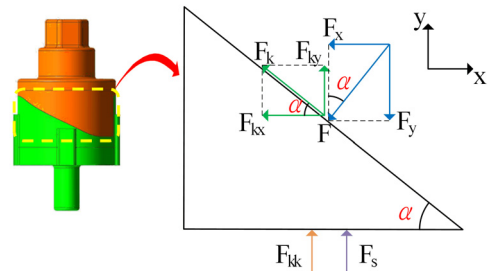


[Fig. 3] Shape of torsion spring
(a)External and inner diameter of torsion spring
(b)Wire diameter of torsion spring

한편, 캠을 이용한 이중 압축 스프링을 가지는 힌지 구조의 경우, Fig. 4(a)와 같이 압축 스프링 두 개와 캠이 케이스 안에 삽입되어 있고, 상부 캠은 힌지와 결합되어 있는 구조이다. 그리고 도어가 개방됨에 따라 스프링에 하중이 가해질 때, 하부 캠에 작용하는 힘은 Fig. 5와 같이 상부 캠과 하부 캠 사이에 작용하는 힘 F 와 그 힘에 대한 마찰력 F_k , 압축 스프링의 반발력 F_s , 캠의 이동에 의해 발생하는 캠과 케이스와의 마찰력 F_{kk} 가 있다. 따라서 압축 스프링 힘에 의한 모멘트 M_c 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있고, 식 (3)에서 D_{c1} 은 Fig. 4(b)에 나타나있는 캠의 외경 d_{o2} 와 내경 d_{i2} 의 평균값이다.



[Fig. 4] Dual compression spring structure with cam
(a)Exploded view of dual compression spring structure with cam (b)External and inner diameter of cam (c)External and inner diameter of dual compression spring



[Fig. 5] Free body diagram in cam

$$M_c = D_{c1}(F_x + F_{kx}) \quad (3)$$

또한, y축 방향의 힘의 평형 조건을 구하면 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$-F_y + F_{ky} + F_s + F_{kk} = 0 \quad (4)$$

여기서 식 (3)의 $F_x + F_{kx}$ 와 식 (4)의 $-F_y + F_{ky}$ 를 식 (5)와 (6)과 같이 F 에 관하여 나타낼 수 있고, 여기서 α 는 빗면의 기울기를 나타내며, μ_{k1} 은 상부 캠과 하부 캠 사이의 접촉면에서의 마찰계수이다.

$$F_x + F_{kx} = (\sin\alpha + \mu_{k1}\cos\alpha)F \quad (5)$$

$$-F_y + F_{ky} = (-\cos\alpha + \mu_{k1}\sin\alpha)F \quad (6)$$

또한, 식 (4)의 F_s 는 식 (7)과 같이 압축 스프링 상수 k 와 스프링 압축 거리 δ 의 곱으로 나타낼 수 있으며, 여기서, 스프링 탄성계수 k 는 재료의 전단 탄성 계수 G , 두께 d_{comp} , 코일 평균경 D_{s2} , 유효 감김수 N_2 를 사용하여 계산할 수 있고[8], D_{s2} 는 Fig. 4(c)와 같이 압축 스프링의 외경 d_{o3} 과 내경 d_{i3} 의 평균값이다.

$$F_s = k\delta, \text{ where } k = \frac{Gd_{comp}^4}{8N_2D_{s2}^3} \quad (7)$$

F_{kk} 는 식 (8)과 같이 하부 캠과 케이스의 접촉면에 수직인 힘 M_c/d_1 과 마찰계수 μ_{k2} 의 곱으로 나타낼 수 있다. 여기서 d_{p1} 은 Fig. 4(b)와 같이 돌기와 반대편 돌기 사이의 거리를 나타낸다.

$$F_{kk} = \frac{M_d\mu_{k2}}{d_1}, \text{ where } d_1 = \frac{d_{o2} + d_{p1}}{2} \quad (8)$$

식 (3)에 식 (5)를 대입하고, 식 (4)에 식 (6)~(8)을 대입하면 식 (9)와 (10)과 같이 M_c 와 F 에 관한 식으로 나타낼 수 있다.

$$M_c = D_{c1}F(\sin\alpha + \mu_{k1}\cos\alpha) \quad (9)$$

$$d_1F(-\cos\alpha + \mu_{k1}\sin\alpha) + k\delta d_1 + M_d\mu_{k2} = 0 \quad (10)$$

식 (9)와 (10)을 M_c 에 관하여 정리하면 식 (11)과 같다.

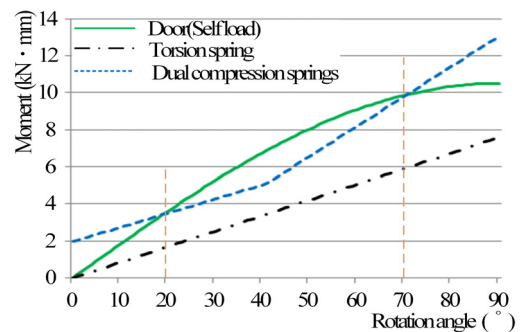
$$M_c = \frac{D_{c1}d_1k\delta(\sin\alpha + \mu_{k1}\cos\alpha)}{(d_1 - D_{c1}\mu_{k1}\mu_{k2})\cos\alpha - (d_1\mu_{k1} + D_{c1}\mu_{k2})\sin\alpha} \quad (11)$$

식 (11)을 이용하여 스프링 1개만 압축되는 구간에서의 스프링 힘에 의한 모멘트 M_1 과 스프링 2개가 모두 압축되는 구간에서의 스프링 힘에 의한 모멘트 M_2 를 식 (12)와 같이 구할 수 있다. 식 (12)에서 k_1 과 δ_1 은 스프링 1에 대한 스프링 상수와 압축거리를 나타내고 k_2 와 δ_2 는 스프링2에 대한 스프링 상수와 압축거리를 나타낸다.

$$M_1 = \frac{D_{c1}d_1k_1\delta_1(\sin\alpha + \mu_{k1}\cos\alpha)}{(d_1 - D_{c1}\mu_{k1}\mu_{k2})\cos\alpha - (d_1\mu_{k1} + D_{c1}\mu_{k2})\sin\alpha}$$

$$M_2 = \frac{D_{c1}d_1(k_1\delta_1 + k_2\delta_2)(\sin\alpha + \mu_{k1}\cos\alpha)}{(d_1 - D_{c1}\mu_{k1}\mu_{k2})\cos\alpha - (d_1\mu_{k1} + D_{c1}\mu_{k2})\sin\alpha} \quad (12)$$

앞에서 구한 도어를 열고 닫을 때 작용하는 모멘트를 구하는 식 (1), (2), (12)를 이용하여 도어의 회전각도 θ 에 따른 모멘트 선도를 구하면 Fig. 6과 같다.

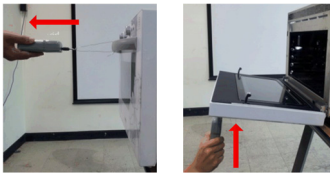


[Fig. 6] Moment diagram according to door's rotation angle in existing hinge structures

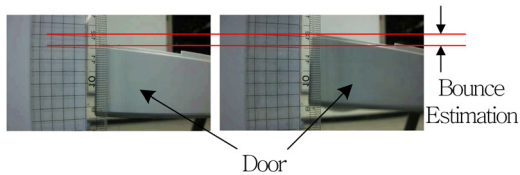
2.2 힌지의 열림 감성 품질 분석

기존의 오븐 렌지에 적용되고 있는 두 가지 힌지 메커니즘의 경우에 대해 감성품질을 측정하는 기준인 개방력, 폐쇄력과 텅김 정도를 측정하였다. 이를 위해 개방력은 Fig. 7(좌)와 같이 힘 측정기(force gauge)의 측정부와 도어의 손잡이를 와이어로 연결한 뒤 힘 측정기를 수평 방향으로 당겨서 도어가 열리는 힘을 측정하였고, 폐쇄력은 Fig. 7(우)와 같이 도어가 열린 상태에서 힘 측정기로 도어의 상단부를 수직 방향으로 밀어서 도어가 닫히는 힘을 측정하였다. 여기서 힘 측정기는 SHIMPO사의 FGN-50B 모델이고, 측정 범위는 $\pm 50.00\text{kgf}$ 이며 분해능은 0.01kgf 이다. 또한, 텅김 정도를 측정하기 위해 텅김 현상을 촬영하고 그 영상을 프레임으로 분할하여 측정하였다. 여기서 시간 측정 샘플링은 0.02초이다. 측정 방법

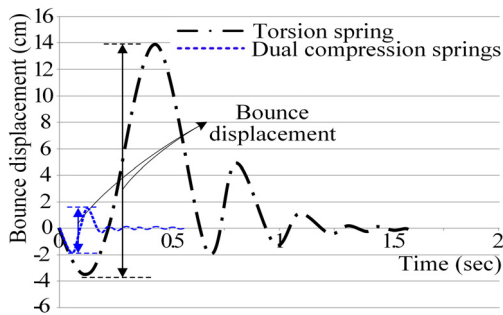
은 Fig. 8과 같이 도어가 완전히 개방되어 정지해 있는 상태를 기준으로 정하고 도어의 튕김 변위가 발생했을 때 앞에서 정한 기준으로부터의 변위를 측정하였으며 정지할 때까지의 시간도 측정하였다. 그 중 시간에 따른 튕김 변위를 Fig. 9와 같이 그래프로 나타내었고, 기존 두 가지 힌지 메커니즘에 대해 개방력, 폐쇄력, 튕김 변위, 튕김 시간을 측정하여 그 결과를 Table. 1에 나타내었다. 여기서 튕김 변위는 도어가 가장 많이 튕겨져 올라갔을 때의 변위와 가장 많이 튕겨져 내려갔을 때의 변위의 차를 의미한다.



[Fig. 7] Measurement of opening and closing force



[Fig. 8] Bounce displacement measurement



[Fig. 9] Bounce displacement diagram according to time in existing hinge structure

[Table 1] Opening feeling quality evaluation of the existing hinge structure

Evaluation items	Opening force	Closing force	Bounce displacement	Bounce time
Torsion spring	3.3 kgf	0.5 kgf	177 mm	1.6 sec
Dual compression springs	4.0 kgf	1.4 kgf	32 mm	0.58 sec

앞에서 구한 모멘트 선도 Fig. 6과 Table. 1의 실험 결과를 비교해보면 비틀림 스프링의 경우, 스프링의 힘에 의한 모멘트가 도어의 자중에 의한 모멘트보다 항상 작기 때문에 도어의 속도를 감속시키는 구간이 없다. 따라서 Table. 1과 같이 튕김 변위가 크게 나타났다. 이런 경우에 소비자가 도어를 열었을 때 감성 품질이 좋지 않으며, 도어는 물론 몸체에도 충격이 가해져서 파손의 우려가 있다. 캠을 이용한 이중 압축 스프링의 경우, 작동 구조상 마찰력이 발생하기 때문에 비틀림 스프링보다 개방력과 폐쇄력이 크다. 그러나 이 마찰력이 튕김 변위를 줄이는데 영향을 미친다. 또한, θ 가 70° 이후부터는 스프링 힘에 의한 모멘트가 도어의 자중에 의한 모멘트보다 크기 때문에 도어가 닫히려는 방향으로 모멘트가 작용하여 도어가 열리는 속도를 감속시킨다. 따라서 비틀림 스프링 구조보다 튕김 변위가 작다. 그리고 도어가 완전히 열릴 때 발생하는 튕김 현상으로 인하여 도어 및 몸체에도 충격이 가해지고 크게 부딪히는 소음이 발생하였다.

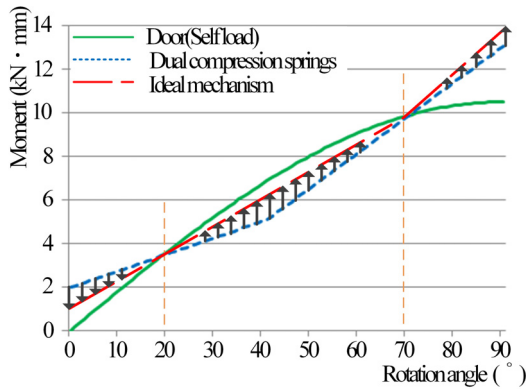
3. 향상된 열림 감성 품질의 힌지 구조

3.1 스프링의 모멘트 선도 설계

기존 오른 렌지 도어의 열림 감성을 분석하기 위해, 앞에서 비틀림 스프링의 경우와 캠을 이용한 이중 압축 스프링의 경우에 대해 힌지에 작용하는 모멘트 선도를 구하여 Fig. 6에 나타내었다. 그런데 도어의 감성 품질이 좋은 이상적인 힌지의 스프링 모멘트 선도는 도어의 회전 각도가 작을 때($\leq 20^\circ$)는 도어가 정지 또는 닫히려는 성질을 만족시키기 위해 도어의 자중에 의한 열림 모멘트보다 커야 하고, 완전 개방 근처($\geq 70^\circ$)에서는 도어가 완전히 열렸을 때 튕김 변위를 감소시키기 위해 도어의 자중에 의한 모멘트를 상쇄시키도록 하여야 한다. 그리고 그 외의 각도에서($20^\circ \leq \theta \leq 70^\circ$)는 도어가 자중에 의해 저절로 열려야 하기 때문에 도어의 자중에 의한 모멘트보다 작은 형태가 되어야 한다. 기존의 캠을 이용한 이중 압축 스프링 구조의 모멘트 선도가 이러한 이상적인 모멘트 선도의 특성과 비슷하다. 그러나 도어의 회전 각도가 20° 와 70° 의 사이에서 도어의 자중에 의한 모멘트가 힌지의 스프링에 의한 모멘트보다 훨씬 크기 때문에 이 구간에서 도어의 열림이 가속되어 도어가 완전히 열렸을 때 부딪히는 소음이 발생하는 단점이 있다.

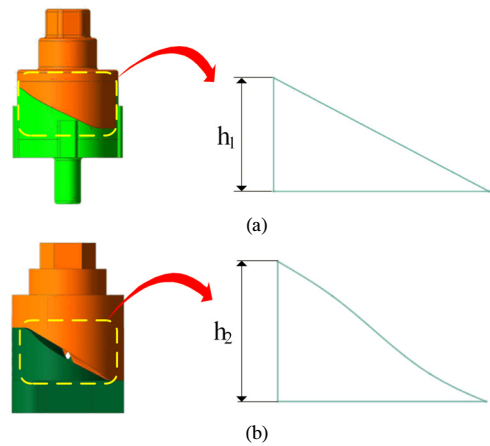
본 연구에서는 간단한 구조로서 캠을 이용한 이중 압축 스프링 구조의 장점을 유지하면서 단점을 보완하여 이상적인 열림 특성을 가지는 힌지 구조를 개발하고자

한다. 이를 위해 개발될 스프링의 모멘트 선도는 Fig. 10의 붉은 점선과 같이 캠을 이용한 이중 압축 스프링의 모멘트 선도와 비슷하지만, 캠을 이용한 이중 압축 스프링 구조보다 개방력을 감소시키기 위해서 도어가 개방될 때의 모멘트가 기존보다 작아야 하고, 완전 개방의 튕김 현상을 감소시키기 위해 도어가 완전 개방 되었을 때의 모멘트는 기존보다 큰 형태를 가져야 한다. 또한, 도어의 회전 각도가 $20^\circ \sim 70^\circ$ 구간에서는 도어의 자중에 의한 모멘트와 스프링에 의한 모멘트와의 차이가 감소된 형태를 가져야 하겠다. 따라서 개발될 힌지 스프링의 모멘트 선도는 Fig. 10의 이중 압축 스프링 구조의 모멘트 선도에서 화살표 방향으로 개선되어야 하겠다.



[Fig. 10] Moment diagram according to door's rotation angle in the mechanism will be proposed

본 연구에서는 기존의 이중 압축 스프링 구조를 개선하여 앞에서 제안한 이상적인 모멘트 선도를 만족하면서 간단한 구조로 열림 감성 품질이 향상된 힌지 구조를 개발하기 위해, 기존의 캠을 이용한 이중 압축 스프링 구조와 달리 두 개의 스프링이 아닌 하나의 스프링을 이용하고, 도어의 회전 각도에 따른 스프링의 변위를 비선형적으로 변화도록 한다. 스프링의 변위가 비선형적으로 작동하기 위해서는 도어의 회전에 따라 스프링을 변화시키는 캠의 행정거리가 비선형적으로 변화해야 한다. 이것을 구현화하기 위해 본 연구에서는 Fig. 11(a)와 같이 기존의 선형이었던 캠의 경사면을 Fig. 11(b)와 같이 비선형적으로 변화하도록 설계하였다.



[Fig. 11] Previous cam shape and non-linear cam shape
(a)Previous cam shape (b)Non-linear cam shape

3.2 비선형 캠의 설계

본 절에서는 열림 감성 품질을 향상시키기 위한 비선형 캠의 형상을 설계하는 방법에 대해 설명하겠다. 주요 과정은 다음 순서와 같다.

- (1) 캠의 경사면이 나타내는 곡선을 도어의 회전 각도를 기준으로 구간을 나눈 뒤, 각 구간별 만족해야 하는 모멘트의 크기를 계산한다.
- (2) 도어가 회전함에 따라 발생하는 스프링 힘에 의한 모멘트가 앞의 단계에서 구해진 모멘트를 만족하기 위한 캠의 높이를 구한다.
- (3) 각 구간별 캠의 높이를 만족하는 점을 보간하여 비선형 캠의 형상 곡선을 구한다.

캠의 경사면이 나타내는 곡선을 도어의 회전각도에 따라 구간 A($0^\circ \sim 20^\circ$), 구간 B($20^\circ \sim 70^\circ$), 구간 C($70^\circ \sim 90^\circ$)의 세 구간으로 나누고, 각 구간에서는 힌지 구조가 다음과 같은 특성을 갖도록 한다.

- (1) 구간 A : $M_{nc} < M_c$
- (2) 구간 B : $M_c < M_{nc} < M_{door}$
- (3) 구간 C : $M_{nc} > M_c$

여기서 M_{nc} 는 비선형 캠 구조에서 스프링의 힘에 의한 모멘트이다. 이러한 특성을 만족하는 캠 형상을 Fig. 12와 같이 설계하기 위해 식 (11)을 이용하여 M_{nc} 를 구하면 식 (13)과 같다. 식 (13)에서 D_{e2} 는 Fig. 12에서 하부 캠의 외경 d_{o4} 와 내경 d_{i4} 의 평균값이고, d_{p2} 는 하부 캠을 직선 운동 시키기 위한 돌기의 길이를 나타내며, μ_{k3} 은 상부 캠과 하부 캠 사이의 마찰계수이고, μ_{k4} 는 하부 캠의 돌기와 브래킷의 가이드 홈 사이의 마찰계수이다.

본 연구에서는 제안한 비선형 캠의 재질을 황동으로 선택하였기 때문에 μ_{k3} 는 황동과 황동 사이의 마찰계수인 0.13을[9], μ_{k4} 는 황동과 강 사이의 마찰계수인 0.35를 사용하였다[10]. 또한, 스프링은 캠을 이용한 이중 압축 스프링 구조에서 사용하였던 스프링1과 동일한 것을 사용하였다. 따라서 압축 스프링의 상수를 나타내는 k_3 은 k_1 과 같고, δ_3 는 압축 스프링의 압축 거리를 나타낸다.

$$M_{nc} = \frac{D_2 d_2 k_3 \delta_3 (\sin \alpha + \mu_{k3} \cos \alpha)}{(d_2 - D_2 \mu_{k3} \mu_{k4}) \cos \alpha - (d_2 \mu_{k3} + D_2 \mu_{k4}) \sin \alpha}$$

where $d_2 = (d_{o4} + d_{p2})/2$

(13)

Fig. 13은 각 구간별 도어의 회전각도 θ 에 대하여 캠의 높이가 y_n 일 때 그 구간에 대한 캠의 형상 곡선을 나타내고 있으며, y_n 과 곡선의 기울기 α_n , 캠의 평균 반경에서의 회전거리 x_n 의 관계를 나타내고 있다($n=1,2,3$). 여기서 x_n 는 θ 와 $D_2/2$ 의 곱으로 나타낼 수 있고, y_n 은 각 구간별 캠의 높이를 나타낸다. y_1 을 구하기 위해 구간 A에 대해 식 (13)을 적용하면 α 가 α_1 로, δ_3 는 y_1 과 스프링의 초기 압축 거리 2mm의 합으로 나타내며, 그 식에서 $\sin \alpha_1$ 과 $\cos \alpha_1$ 을 x_1 과 y_1 로 변환하여 y_1 에 관하여 정리하면 식 (14)와 같이 나타낼 수 있다. 따라서 제안한 모멘트 선도에서 도어의 회전각도에 해당하는 모멘트를 만족시키는 캠의 높이 y_1 을 해로 가지는 이차방정식을 세울 수 있다.

$$a_1 y_1^2 + a_2 y_1 + a_3 = 0$$

where $a_1 = D_2 k_3 d_2$

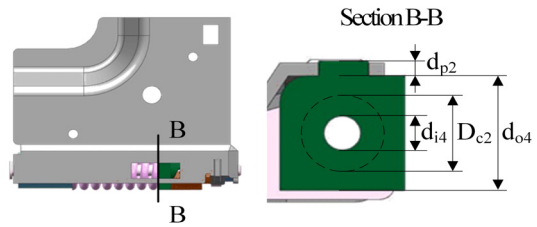
$$a_2 = D_2 k_3 d_2 (\mu_{k3} x_1 + 2) + (d_2 \mu_{k3} + D_2 \mu_{k2}) M_{nc}$$

$$a_3 = 2 D_2 k_3 d_2 \mu_{k3} x_1 - (d_2 - D_2 \mu_{k3} \mu_{k4}) x_1 M_{nc}$$

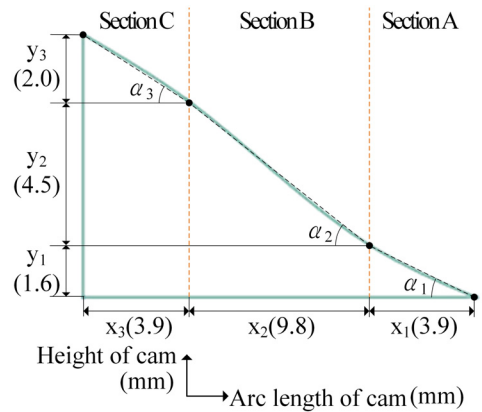
(14)

근의 공식을 이용하여 식 (14)의 이차방정식의 해를 구할 수 있고 그 식에 도어의 회전각도 θ 에 해당하는 모멘트 값과 x_1 값을 입력하여 y_1 을 구할 수 있다. 마찬가지로 방법으로 y_2 와 y_3 도 구할 수 있다.

그 결과, 제안한 모멘트 선도를 만족하는 도어의 회전 구간별 높이(Fig. 13에서 괄호 안의 값)를 구할 수 있다. 그런데 이 점들을 직선으로 연결하면 구간과 구간 사이의 부분에서 기울기의 차이가 발생하기 때문에 원활한 작동을 위해서 Fig. 13과 같이 그 점들을 지나는 3차 스플라인 곡선으로 보간하여 비선형 캠의 형상 곡선을 구하였다. 여기서 보간 방법은 상용 프로그램인 NX 7.5를 이용하였다[11].

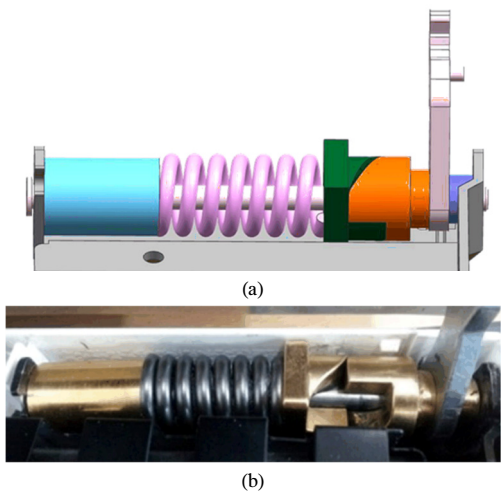


[Fig. 12] Non-linear cam structure of the proposed mechanism



[Fig. 13] Curve shape of non-linear cam

구해진 캠의 형상을 상용 CAD 프로그램인 NX 7.5를 이용하여 모델링을 하였다. 이를 기존 오븐 렌지의 브레이크에 장착하였을 때의 조립체 모델과 실제 장착된 모습을 Fig. 14(a)와 (b)에 각각 나타내었다.



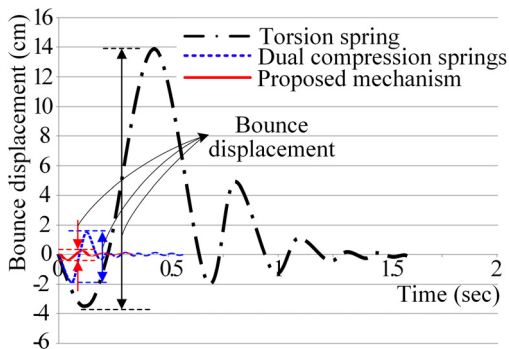
[Fig. 14] Assembly model and installation of proposed mechanism
(a) Assembly model (b) Installation Engineering sample

3.3 개선된 힌지 구조의 열림 감성 평가

본 연구에서는 이중 압축 스프링과 캠의 구조를 가지는 기존 오븐 렌지 힌지의 장점을 유지하면서 단점을 보완하여 이상적인 열림 특성을 가지는 힌지 구조를 개발하기 위해, 기존의 선형 캠 대신 비선형 캠을 이용한 힌지 메커니즘을 제안하였다. 새롭게 제안된 메커니즘이 의도된 대로 열림 감성 품질이 향상되는지를 확인하기 위해, 제안된 메커니즘의 감성 품질을 앞서와 마찬가지로 개방력, 폐쇄력, 튕김 변위 및 튕김 시간에 대해 측정된 결과를 Table. 2에 나타내었으며, 시간에 따른 튕김 변위를 Fig. 15에 나타내었다. 제안된 메커니즘은 기존의 캠을 이용한 이중 압축 스프링 구조보다 전체적으로 보다 좋은 성능을 나타내고 있는데 기존의 이중 압축 스프링 구조보다 개방력은 0.5 kgf가 감소하고 폐쇄력 0.1 kgf가 감소되었으며, 튕김 변위는 32 mm에서 4mm로 감소하여 튕김 변위 항목에서 특히 우수한 성능을 보였다. 또한, 제안된 메커니즘은 완전 개방되었을 때 기존 이중 압축 스프링 구조에서 나타났던 소음이 발생하지 않았다.

[Table 2] Opening feeling quality evaluation of the proposed mechanism

Evaluation items	Opening force	Closing force	Bounce displacement	Bounce time
Proposed mechanism	3.5 kgf	1.3 kgf	4 mm	0.34 sec
Torsion spring	3.3 kgf	0.5 kgf	177 mm	1.6 sec
Dual compression springs	4.0 kgf	1.4 kgf	32 mm	0.58 sec



[Fig. 15] Bounce displacement diagram according to time in the proposed mechanism

4. 결론

오븐렌지와 같이 소비자가 도어를 직접 열고 닫는 가전제품의 경우 도어 힌지부의 감성품질이 제품 전체의 감성품질과 구매 의사에 직접적인 영향을 주게 되므로 이러한 열림 감성 품질은 가전제품의 중요한 특성이다. 본 연구에서는 기존의 오븐 렌지 도어의 열림 감성품질을 향상시킬 수 있는 비선형 캠을 이용한 힌지 구조를 제안하였고, 이를 바탕으로 시제품을 설계 및 제작하여 평가하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구에서는 개선된 도어 힌지의 스프링 구조가 가져야 할 이상적인 모멘트 선도를 구하였다. 또한 간단한 구조로서 제안된 모멘트 선도의 특성을 만족하는 힌지 구조를 위해 도어의 회전에 따라 스프링의 변위를 비선형적으로 변화시키는 캠을 설계하고 제작하였다.
- 2) 제작된 비선형 캠을 이용한 힌지 구조의 열림 감성을 평가한 결과, 기존의 오븐 렌지 도어의 힌지 구조에 비해 우수한 열림 감성 품질을 나타내었다.

한편, 제안한 힌지 메커니즘은 제조 비용을 저감하기 위해 별도의 밀폐구조를 가지지 않는 것으로 설계하였다. 이로 인해 제안된 힌지를 실제 오븐 렌지에 적용하였을 때 힌지에 이물질이 침입하여 작동성이 저하될 우려가 있으며, 캠에 도포된 윤활유가 쉽게 건조될 수 있어 내구 신뢰성이 저하될 우려가 있다. 따라서 추후 이를 보완한 힌지 구조에 대한 설계가 필요할 것으로 사료된다.

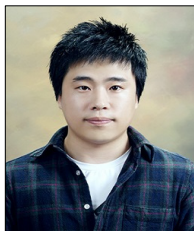
References

- [1] I. C. Kim, "Effect of Combisteamer Oven Cooking Condition on Quality Characteristics of Pork Cutlets", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, No. 7, pp. 3123-3129, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.7.3123>
- [2] Y. S. Kim, W. S. Hong, "Small Multi-Function Oven Research and Development Via the FGI Survey", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 14, No. 6, pp. 2566-2574, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.6.2566>
- [3] S. I. Yang, "Rotary Type Oil Damper", Korea patent, KR-B1-100494651, 2005.
- [4] J. M. Kim, "Hinge Device For Storage Case, And Storage Case Having The Same", Korea patent, KR-A-101176451, 2012.
- [5] H. D. Kim, "Door Of Oven Range", Korea patent,

- KR-Y1-200085459, 1995.
- [6] Y. G. Byeon, "Hinge For Absorb Shock", Korea patent, KR-Y1-200315462, 2003.
- [7] Korean Industrial Standards, KSB2399, "Helical Torsion Springs - Requirements For Design", October, 2013.
- [8] Korean Industrial Standards, KSB2400, "Helical Compression And Extension Springs - Requirements For Design", October, 2013.
- [9] Viorel Păunoiu, Dumitru Nicoară, "Simulation of friction phenomenon in deep drawing process", *The Annals of "Dunărea de Jos" University of Galați Fascicle VIII, Tribology*, pp.407-412, September, 2003.
- [10] Engineers Handbook, <http://engineershandbook.com/Tables/frictioncoefficients.htm>, (accessed October, 2013)
- [11] NX 7.5, <http://www.plm.automation.siemens.com>, (accessed October, 2013)

김 휘 연(Hwi-Yeon Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 부산대학교 수학 전공 (이학학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 석사과정

<관심분야>

CAD/CAM, 5-axis High-speed machining

윤 재 득(Jae-Deuk Yun)

[정회원]



- 2007년 2월 : 부산대학교 기계공학전공 (공학학사)
- 2009년 8월 : 부산대학교 기계공학전공 (공학석사)
- 2009년 9월 ~ 현재 : 부산대학교 대학원 박사과정

<관심분야>

5-axis High-speed Machining, Computational Geometry

정 용 호(Yoong-Ho Jung)

[정회원]



- 1983년 2월 : 부산대학교 기계공학전공 (공학학사)
- 1990년 2월 : 서울대학교 기계설계전공 (공학석사)
- 1993년 2월 : 서울대학교 CAD/CAM 전공 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 1996년 2월 : 삼성항공(주) 수석연구원
- 1996년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

Geometric Modeling, 5-axis High-speed Machining, Assembly Modeling, Mesh generation