

스파이럴 스프링을 이용한 휴대폰 슬라이드 기구의 신뢰성 향상에 관한 연구

이수준*(경남대 대학원 기계설계학과), 박종근(경남대 기계자동화공학부)

A Study on the Reliability Improvement of the Spiral Spring in a Sliding Mechanism for Mobile Phones

S. J. Lee(Graduate School of Kyungnam Univ), J. - k. Park(Dept. Mech. Eng., Kyungnam Univ)

ABSTRACT

In this paper, we improved the reliability of a spiral spring in semi-auto sliding mechanism of mobile phones. In an semi-auto opening mechanism of mobile phone, the spring must have sufficient reliability such that the spring force does not reduce under a half of initial value after 100000 operations. Since the inner space of the mechanism is very small, it is difficult to design a spring having sufficient reliability. We designed a spiral spring satisfying such conditions and analyzed its elastic performances using finite element method.

Key Words : Sliding Mechanism(슬라이드 기구), Spiral Spring(스파이럴 스프링), Finite Element Method(유한요소 해석), Mobile Phone(휴대폰)

1. 서론

오늘날 휴대폰은 현대인들이 살아가는데 필수품이 되고 있다. 최근에는 Fig. 1 과 같은 슬라이드 형이 많이 사용되고 있으며 슬라이드 형 휴대폰은 메인 바디에 결합되어 있는 메인 플레이트와 슬라이드 바디에 결합되어 있는 슬라이드 플레이트의 상호 왕복 운동을 통해서 구동된다. 이 두 플레이트의 상호 왕복 운동을 위한 다양한 구동 방식들이 개발되고 있지만 이러한 링크들을 연결하여 구동 시키는 동력원인 스프링이 가장 중요하다.

Fig. 2 와 같은 휴대폰의 반자동 슬라이드 식 개폐기구는 인력을 이용하여 개폐하기 때문에 외부의 작은 힘에 기구가 개폐되거나 이를 위해 필요 이상의 큰 힘을 요구케 하는 작동상의 문제를 수반하진 않는다. 또한 기구의 개폐 횟수가 많기 때문에 이에 대한 스프링의 신뢰성이 필히 요구된다.

이와 같은 요구조건을 만족시키기 위하여 현재 개발되어 휴대폰에 실제로 적용되고 있는 대표적인 슬라이드 식 개폐기구에 사용되는 스프링에는 인장

압축 코일 스프링, 토션바 스프링, 판스프링 등이 있다.

하지만 기존 슬라이드 식 개폐 기구에 사용되는 스프링은 그 왕복 횟수가 증가함에 따라 스프링이 탄성을 잃어 개폐 기구로서의 역할에 문제를 일으키고 있다. 이는 양 플레이트 간의 매우 협소한 공간의 한계로 인하여 스프링의 형상이 많은 제한을 받기 때문이다. 이에 대한 여러 대안들이 나오고 있지만 가공 공정을 추가시켜 제품에 대한 경쟁력을 낮추게 하는 경우가 많다.

이에 본 연구에서는 충분한 신뢰성을 갖는 스프링을 설계하기 위하여 협소한 공간에서 많은 탄성에너지를 저장 할 수 있는 스파이럴 스프링을 선택하였고, 실제 슬라이드 기구를 설계, 제작하고 스파이럴 스프링에 대한 설계요구조건을 이론적으로 검토하여 FEM (Finite Element Method)을 이용한 스파이럴 스프링에 대한 최적의 설계 방안을 고찰하여 보기로 한다.



Fig. 1 Sliding mobile phone

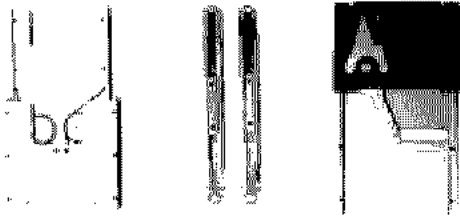


Fig. 2 Examples of sliding mechanism

2. 설계 이론

2.1 설계요구사항

스파이럴 스프링은 나선형 스프링이라고도 하며, 재료의 굽힘 변형으로 탄성 에너지를 축적하고 복원력을 동력으로 이용하며 기본적인 설계요구사항은 다음과 같다.

- 1) 슬라이드 기구의 개폐 시 스프링의 초기 및 최종 하중조건 결정.
- 2) 최대응력은 재료의 허용응력 범위 안에 들것.
- 3) 슬롯의 길이를 고려하여 스프링 끝단의 변위는 최소 10mm 이상.

2.2 기구의 메카니즘 설계

Fig. 3 은 실제 제작한 슬라이드 기구이며 주요부분은 Fig. 4 에 나타낸다.

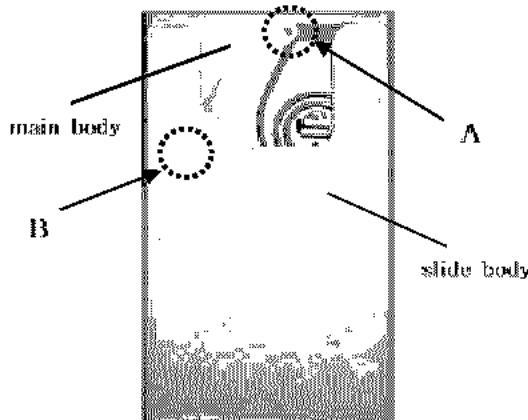


Fig. 3 Spiral spring in Sliding mechanism

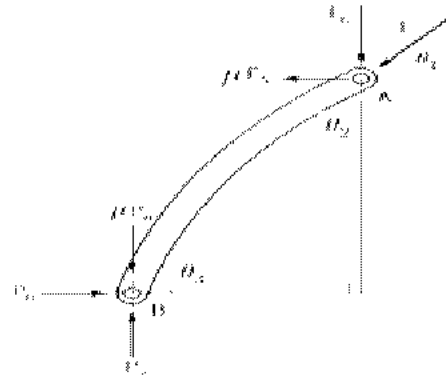


Fig. 4 Free body diagram of coupler link

Fig. 4는 Fig. 3에서 스파이럴 스프링과 연결링크(Coupler link)의 관계를 나타내는 자유물체도이다.

F 는 스파이럴 스프링의 복원력이고, P_v 는 휴대폰의 메인바디 부분에 가하는 외부 하중이다. 메인바디를 고정시키고 슬라이드 바디를 하중 P_v 로 밀어 올릴 때, 변곡점 이후의 나머지 절반의 행정은 스파이럴 스프링의 복원력으로 구동 되는 원리이다.

2.3 스파이럴 스프링의 설계

슬라이드 기구의 내부 공간을 고려할 때 스프링의 설계요구사항은 다음과 같다.

- 1) 재료의 직경은 1.1mm 이하여야 한다.
- 2) 스프링의 총 직경은 24mm 이하여야 한다.

Table 2 는 위의 설계요구사항에 맞는 조건을 찾기 위해 FEM(Finite Element Method)을 이용해서 계산한 결과 값들이다. F_{max} 은 스프링의 최대 복원력이며, 스프링의 F_{min} 은 스프링의 초기 하중이다.

Table 2 Data for design of the spiral spring

F_{max} (g)	d (mm)	l (mm)	δ (mm)	σ_{max} (g/mm ²)	F_{min} (g)
300	0.8	100	18.5	131,302	138
300	0.8	110	19.2	131,302	144
300	0.8	120	20.0	131,302	150
300	0.8	130	21.3	131,302	159
300	0.9	100	11.7	92,218	44
300	0.9	110	12.3	92,218	56
300	0.9	120	13.6	92,218	79
300	0.9	130	14.0	92,218	86
300	1.0	100	7.6	67,227	-
300	1.0	110	8.2	67,227	-
300	1.0	120	9.3	67,227	-
300	1.0	130	10.0	67,227	0
300	1.1	100	5.2	50,508	-
300	1.1	110	7.0	50,508	-

300	1.1	120	7.8	50,508	-
300	1.1	130	10.0	50,508	0
400	0.8	100	24.6	175,070	237
400	0.8	110	25.6	175,070	243
400	0.8	120	26.7	175,070	250
400	0.8	130	27.8	175,070	256
400	0.9	100	15.6	122,957	143
400	0.9	110	16.7	122,957	160
400	0.9	120	17.5	122,957	171
400	0.9	130	18.7	122,957	186
400	1.0	100	10.1	89,639	33
400	1.0	110	11.1	89,639	69
400	1.0	120	12.5	89,639	92
400	1.0	130	13.9	89,639	99
400	1.1	100	5.9	67,344	-
400	1.1	110	8.1	67,344	-
400	1.1	120	9.9	67,344	-
400	1.1	130	10.5	67,344	19
500	0.8	100	30.8	218,838	337
500	0.8	110	32.5	218,838	346
500	0.8	120	34.1	218,838	353
500	0.8	130	35.6	218,838	359
500	0.9	100	19.5	153,696	243
500	0.9	110	20.9	153,696	260
500	0.9	120	22.1	153,696	273
500	0.9	130	23.4	153,696	286
500	1.0	100	12.6	112,045	103
500	1.0	110	13.9	112,045	140
500	1.0	120	15.3	112,045	173
500	1.0	130	16.7	112,045	200
500	1.1	100	6.4	84,181	-
500	1.1	110	9.1	84,181	-
500	1.1	120	11.0	84,181	45
500	1.1	130	12.0	84,181	83

위의 결과 값들을 고려하여 스파이럴 스프링을 설계하였고, 그 형상은 Fig. 5 와 같다.

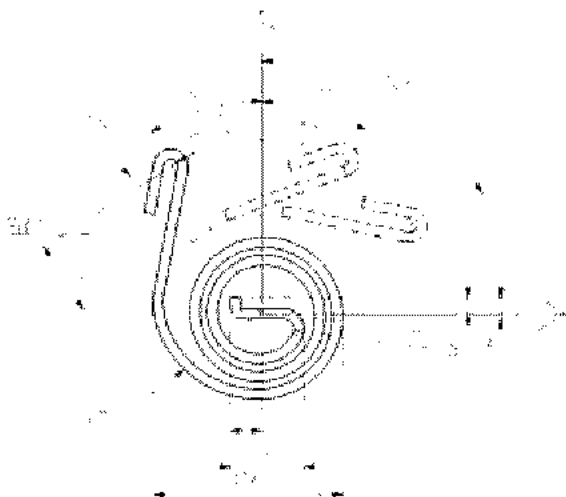


Fig. 5 Illustration of the spiral spring

Table 3은 설계된 모델에 대한 제원이다.

Table 3 Specification of the spiral spring

Items	Specification
Material	SWP-B
Diameter(mm)	1
Total number of coils(Nt)	2.5
Total length(mm)	120
Available angle(°)	30 ~ 62
Maximum torque(kgf·mm)	8.8
Stress(kgf/mm ²)	90
Hardness(Hv)	430
Surface handing	-
Constant of spring(kgf/mm ²)	0.032

3. 유한요소해석

3.1 스파이럴 스프링의 유한요소모델

휴대폰의 개폐 기구에 사용되는 스파이럴 스프링은 그 사용 목적에 부응하는 충분한 성능을 갖기 위해 클램프, 리벳, 플러와 연결링크 등으로 구성되어 있지만 응력해석에 크게 영향을 주지 않는 부분은 해석모델에서 제외하였다. 하중을 받았을 때, 스프링 끝단의 거동 및 최대응력상태를 시뮬레이션 하기 위해 해석모델을 구성하였다. Fig. 6은 Table 3의 제원을 모델링 한 것이다.



Fig. 6 FEM model of the spiral spring

Fig. 6의 해석모델의 전체 요소는 5,641 개이며 절점은 11,111개이다.

스파이럴 스프링의 재료는 SWP-B이며 이의 성분 및 물성치는 각각 Table 4와 Table 5와 같다

Table 4 Chemical composition of SWP-B

COMP	C	Si	Mn	P	S	Cu
(%)	0.80	0.24	0.52	0.008	0.009	0.002

Table 5 Mechanical property of SWP-B

d (mm)	Young's modulus (Kgf/mm ²)	Yield strength (Kgf/mm ²)	Tensile strength (Kgf/mm ²)
0.8	21,000	139	235 ~ 260
0.9	21,000	139	230 ~ 250
1.0	21,000	139	226 ~ 245
1.1	21,000	139	223 ~ 241

3.2 유한요소해석

스파이럴 스프링의 고정부 center에서 3방향의 변위를 고정하였고, 고정점에서 회전이 불가능하도록 축의 회전변위를 구속하였다. 해석모델에 가해지는 하중은 연구에 사용된 스파이럴 스프링이 실제 받아야 하는 400g 을 최고하중으로 하며 해석 결과는 다음과 같다.

Fig. 7은 스프링의 변형량을 나타낸다. 스프링 끝단의 변형량에 따라 휴대폰을 개폐시키는 힘이 결정된다.

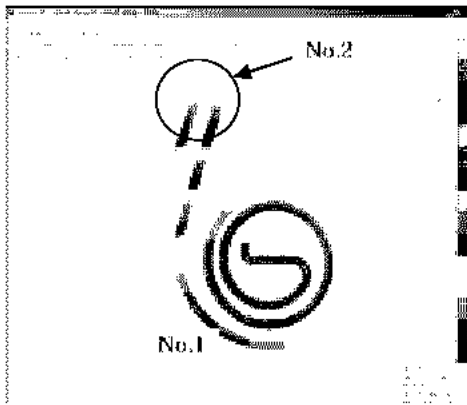


Fig. 7 Deformation of Spiral Spring

스파이럴 스프링은 굽힘 응력을 받으므로 스프링의 바깥 부분에는 인장응력이 발생되고 내부에는 압축응력이 발생된다. 하중 작용점으로부터의 거리에 따라 발생하는 응력이 다르게 나타나는 것은 Fig. 8에서 확인 할 수 있다.

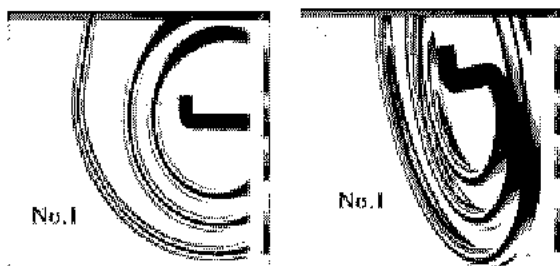


Fig. 8 Maximum stress of Spiral Spring

하중 작용점으로부터의 거리가 멀수록 동일 하중에 대한 변형정도가 크므로 최대 인장응력은 거리가 최대가 되는 No.1 부분에서 발생한다. 이위치는 변형된 스프링 끝단에서 가장 멀리 떨어진 부분의 수직 거리이다. 또한 최대변형의 발생 위치는 스프링의 끝단인 No.2 부분에서 발생되며 그 변형량은 12.6mm 이다.

스파이럴 스프링에 있어서 이 부분의 변위가 제품의 신뢰성을 좌우하는 부분이다.

4. 결론

휴대폰용 슬라이드 식 개폐기구의 신뢰성 향상을 위하여 스파이럴 스프링을 설계하였고 실제로 스프링을 제작하여 하중과 변위를 측정하고 FEM(Finite Element Method)으로 응력을 해석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 스파이럴 스프링은 휴대폰 개폐기구와 같은 좁은 공간에서 충분한 복원력과 신뢰성을 가진다.

2) 끝단에서 하중이 400g 일 때, 최대변위와 최대응력은 실험에서 12.2mm, 90Kgf/mm² 이고 FEM(Finite Element Method)에서는 12.6mm, 96kgf/mm² 이다.

후기

본 연구는 (주)레이원텍의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 일진사 편집부, "KS 설계 데이터 및 도표 핸드북," pp. 607-608, 2003.
2. 오구리 후지오, 오구리 다쯔오, "기계설계도표편람," pp. 17-2, 2004.
3. NASTRAN User's Manual, MSC. Software Inc., 2002.