

대형 플로어 힌지 부품의 최적화

임화섭*·정한식**·정효민**·허선철**

Optimum of Parts Design in Large Floor Hinge

Hwoa-Seob Lim, Han-Shik Chung, Hyo-Min Jeong and Sun-Chul Huh

Key Words: Diecasting(다이캐스팅), Structure analysis(구조해석), Large floor hinge(대형플로어 힌지), powder coating material(분체도료).

Abstract

According as industry is complex, architecture is changing into the complex and diverse style and also customer's demands are becoming diversified. Among these, a door field is very important as much as saying nothing of more explanation.

In this paper, in order to develop large floor hinge, mechanical properties of component parts are measured by vickers hardness tester, microstructure analysis and at the same time, these are designed by the FEM analysis.

1. 서론

산업의 다각화와 건축물의 대형화 추세에 따라 기존의 건축물의 개념과는 다른 대형유리문의 사용이 급격히 증가하고 있으며, 이에 따른 부가 장치들의 개발 및 다양한 수요가 증가하고 있다. 그러나, 선진 외국과는 달리 우리나라의 경우 기존의 제품들이 성능 및 가격 경쟁력에서 뒤쳐져 외국은 물론 국내에서조차 외면 당하고 있는 실정이다. 특히, 문의 여닫음 장치 중 제일 중요한 플로어 힌지는 각종 건축물의 도어용으로 사용되고 있으며 대형 유리문이 일반화 됨으로서 힌지의 대용량화로 바뀌어가고 있는 실정이다. 그러나, 현재 시중에 사용되고 있는 플로어 힌지의 경우 기존의 생산방식으로는 많은 문제점을 가지고 있는게 사실이다. 국내의 2~5개의 업체에서

생산되고 있는 플로어 힌지는 소형의 경우 주물 제로 생산하고 있으나, 내부식성, 생산원가 등의 문제로 경쟁력에서 뒤떨어져 있으며, 국내시장도 외국 제품에 의해 잠식되고 있는 실정이다. 특히, KS 5호(1200mm × 2400mm) 이상의 대형 플로어 힌지는 외장 디자인, 물리적 특성, 내구성 등에서 충분한 기능을 유지해야 하므로 오늘날과 같은 고 환율 속에서도 대부분 수입에 의존하고 있다. 그리고, 내구성, 기능성이 뛰어난 대형 플로어 힌지의 개발에 성공한다면 수입대체 효과 및 기술적 파급효과가 기대되기 때문에 대형 플로어 힌지의 국산화가 요구된다. 현재 생산중인 소형 플로어 힌지인 주물제품을 다이캐스팅 제품으로 교체한다면 중량면에서 40% 이상의 경량화가 가능하고 생산공정을 단순화 시킴으로서 생산성을 60% 이상을 향상시켜 생산단가를 낮춤으로서 국내 시장은 물론 해외수출 경쟁력을 높일 수 있는 힌지의 생산이 가능하다. 본 연구에서는 5호 이상의 대형 플로어 힌지의 개발을 위한 연구로서 현재 국내에서 생산중인 3호 제품에 대한 소재의 재료 특성, 기계적 특성등을 평가하고, 사용제품

* 나노 주식회사

** 경상대학교 수송기계공학부, 해양산업연구소

의 내구성 및 사용 후의 불량률등을 조사하여 개선할 방안을 제시 하였다. 또한 각 부품의 구조 해석을 통한 최적 설계를 하여 부품 및 제품의 최적설계를 하고자 한다.

2. 본론

2.1 Body

2.1.1 재질 및 조직

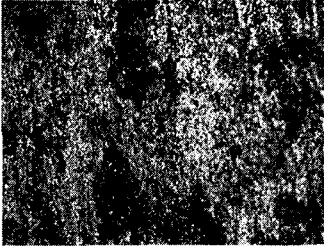


Fig.1 Microstructure of body

위의 조직사진은 다이캐스팅 된 본체의 조직사진을 나타내고 있다. 그림에서 보는 것처럼 미시조직은 비교적 거칠게 나타나고 있다. 특히, 다이캐스팅 된 본제품의 경우 표면 거칠기가 $Ra = 1 \mu m$ 정도로 다이캐스팅 제품으로서는 비교적 양호하나 내식성에는 문제가 있을 수 있다. 또한 다이캐스팅을 하였으므로 일반 금속 조직처럼 Grain을 확인할 수 없다.

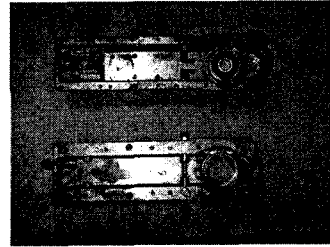
Table 1 Hardness of body

부품	부위		HV
Body (F scale)	상부	바깥면	90
		내벽	79
	하부		64
	bolt 체결부		52
	링발침(고정부)		68

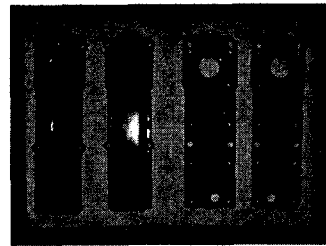
Table 1은 바디 각 부분의 Vickers 경도 측정결과를 나타내고 있다. 비커스 경도는 MHT-1을 사용하여 측정조건은 하중 200g, holding time은 15초로 하여 각 3point 측정값에 대한 평균값으로 나타내었다. 전체적으로 바디 상부에 비해 바디 하부의 경도가 약간 떨어지고 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 bolt 체결부의 경도가 가장 낮다는 것을 알 수 있으나 사용상에는 그렇게 큰 문

제가 없을 것으로 생각한다. 일반적으로 사출 또는 다이캐스팅 제품에 있어서 금형의 형상이 급격하게 변하는 부위는 경도값이 저하할 수 밖에 없다. 그러나, 이러한 부분이 body의 슬러지 문제나 변형으로 인한 제품의 수명에 직접 관련이 되므로 가능하면 금형을 수정하든지 다이캐스팅 제작시 이러한 부분을 감안하여 설계하는 것이 좋다.

2.1.2 Coating



a) current body shape



b) coated body shape

Fig.2 Shape of uncoated body and coated body

Fig. 2는 다이캐스팅 제품의 형상을 나타내고 있다. 그림에서 a)는 다이캐스팅으로 제작된 body의 형상을 나타내고 있고, b)는 다이캐스팅 제품을 코팅한 모양을 나타내고 있다. 일반적으로 Zn 다이캐스팅 제품은 가격이 저렴하나 온도에 민감하고, 또한 함유된 Cu 성분에 치명적인 결함을 갖는다. 코팅의 방법은 여러 가지가 있으나 개발품에 대한 적용여부를 검토한 코팅에 대해서 언급하면

① 세라믹(200℃), 테프론(380℃)

· 내마모성, 광택이 우수하다.

· 코팅 두께 20~30 μm

· 경면연마를 하지않고 표면이 거친 경우(코팅

하는 입장) 코팅하고 나면 기포나 코팅부가 일어나는 결함이 있다.

② 분체도료

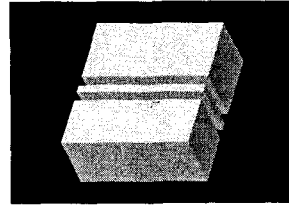
- . 소재 : Epoxy-polyester
- . 두께 : 40~60 μ m
- . 분말을 뿌린 후 전기 용해해서 압착
- . 제작시간 : 몇 만개 단위로 코팅을 하며 코팅 시간도 단시간에 가능하다.

본 제품의 경우는 분체도료를 한 경우로 비교적 코팅상태가 양호하고 광택도 우수하므로 코팅의 주목적인 슬러지는 상당량 감소시킬수 있을 것이라 생각한다. 그리고 이러한 분체도료의 경우 현재는 inline sketes, LG 전자 에어컨 등에 사용되고 있는 분체도료로서 전기밥솥이나 일상가정용기 코팅에 많이 사용되고 있다. 또한 위에서 언급된 부분 뿐만 아니라 내식성, 내마모성 등 원하는 목적에 맞는 코팅의 종류도 다양하므로 차후에 이에 대한 부분은 보강할 수 있을 것이라 생각한다.

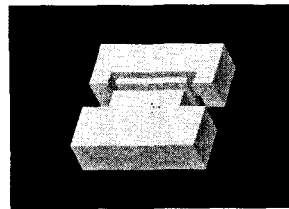
2.1.3 Packing

금형 제품으로 body의 고정부, 볼트 체결부등 부분적으로 경도값이 떨어지는 부분이 있으나 다이캐스팅 시 일반적인 문제이므로 금형에 대한 부분은 큰 문제가 없는 것으로 생각한다. 그러나 현 제품의 경우 사용상에 가장 큰 문제는 body 내부에 생성되는 슬러지와 기름이 누유되는 packing이 가장 큰 결함이 된다. 그러나 슬러지 문제는 body의 분체도료 코팅으로 어느정도 해결되고, 또한 부품 특히 링의 소재 변경으로 슬러지를 제거 할 수 있을 것이라 생각한다. 그리고 sealing 문제의 개선방안은 sealing하기 위한 소재의 변경과 다이캐스팅 금형의 형상변경등으로 sealing 문제를 해결 할 수 있다. 먼저 sealing 소재의 변경에 있어서 일반 상용제품으로 생산되는 우레탄 제품이나 MC 제품 또는 유지제품으로 대체할 수 있으며 현 고무제품 보다는 단가면에서 단가가 높으나 현 제품 보다는 밀폐기능이 우수할 것이라 생각한다. 그러나 현제품 보다는 우수하나 사용자가 원하는 사용중 완전 밀폐는 어려우므로 소재의 변경으로는 한계가 있다. 다른 방법은 현 제품에서 sealing부의 형상을 변경

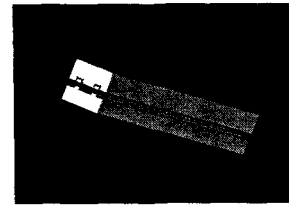
함으로써 가능하다. 즉 제품에서 요구되는 70만 cycle 이상의 사용수명이 되려면 근원적으로 소재 변경보다는 sealing부 단면형상의 변경이 요구되며 개선 방안으로 금형수정이 불가피하다고 생각한다.



a) current shape of sealing part



b) improved shape of sealing part(I)



c) improved shape of sealing part(II)

Fig. 3 Improved mold shape of sealing part
 Fig.3의 a)는 현재 사용중인 body의 sealing 부 단면형상을 나타내는 것으로서 평면에 고무제품으로 완전한 밀폐는 어렵기 때문에 사용중에 유체의 누유가 일어나고 있는 실정이며 packing에서 많은 문제가 있는 것이 실정이다. 또한 일반적으로 packing이 중요한 비중이 차지할 경우 현재와 같은 단면 형상은 잘 사용하지 않는다. Fig.3의 b)는 개선된 단면형상을 나타내는 것으로서 단면형상을 그림과 같이 개선한다면 현재 사용중인 것보다 sealing면에서 많은 문제를 개선할 수 있을 것이라 생각한다. 또한 가능하면 중간에 사용되는 packing 소재도 우레탄 또는 유지 계통으로 대체하는 것이 좋다. Fig.3의 c)는

형상이 비교적 복잡하나 금형을 설계단계부터 충분한 폭을 주고 설계한다면 개선할 수 있는 형상이며 b형태보다는 c형태가 유체의 누유를 더욱 완벽하게 예방할 수 있는 형상이라 생각한다. 그림과 같이 실링 전체부분에 대해서 packing한다면 거의 완벽한 수준의 밀폐역할을 할 수 있다. 따라서, 다이캐스팅 body 전체에서 가능한 현재 생산공정을 가지고(비용면에서) 문제점을 개선한다면 금형설계시 밀폐부를 충분한 여유를 주어 b)나 c)로 밀폐부 단면을 형상설계하여 diecasting body를 만든 후 body 전체에 분체도료를 실시하고 조립시 sealing 소재로 우레탄 소재를 사용한다면 외관이 뛰어나고, 기름의 누유가 생기지 않는 우수한 diecasting body 제품이 만들어질 것이라 생각한다.

2.2 CAM

2.2.1 재질 및 조직

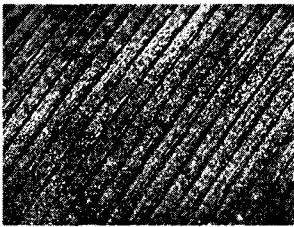


Fig.4 Microstructure of CAM

Fig.4는 CAM의 미시조직을 나타내고 있다. 본 소재의 금속조직에서는 고주파 열처리 후 후가공 상태를 평가한다면 열처리나 가공이 비교적 양호하게 제작된 것으로 생각한다.

Table 2 Hardness of CAM

부품	부위	HV
CAM(축) (C scale)	옆면	630
	절삭평면	760
	절삭등근면	700
	절삭평면	610

Table 2는 시제품의 경도를 측정된 결과를 나타내고 있다. 열처리전의 SCM415의 브리넬 경도는 235~321 정도가 규격품에 해당하나 고주파 열처리를 한 본 제품의 경도는 로크웰 경도로서 55~

62 정도이고 이를 브리넬 경도로 환산을 하면 570~630 정도를 나타내고 있다. 따라서 고주파 열처리에 의해 경도값이 약 2배 이상 증가하였다.

2.2.2 CAM의 해석

cam의 최적 형상을 결정하기 위해 ANSYS 5.6을 사용하여 구조해석을 하였다. 최대하중을 1ton으로 가정을 하여 회전체로 하여 해석을 하였다. 재질은 SCM415로하여 탄성계수 $E=2.1 \times 10^6$ kgf, $\nu=0.33$ 으로 가정을 하였으며 표면 고주파 열처리를 한 재료의 경우 차후에 물성치가 정해진다면 좀더 엄밀한 해석을 할수 있다. Fig.5는 cam 형상에 대한 mesh 및 boundary condition을 나타내고 있다. mesh는 auto mesh를 하였으며 총 mesh 수는 27,000개이고 경계조건은 cam의 베어링 고정부는 회전을 하므로 원둘레를 구속하였고, cam의 윗부분은 유리문이 회전을 하므로 사각단면에서 좌측은 시계방향으로 하중을 가하고 나머지 반은 반시계 방향으로 하중을 가함으로써 회전상태를 고려한 하중을 가하여 해석을 하였다.

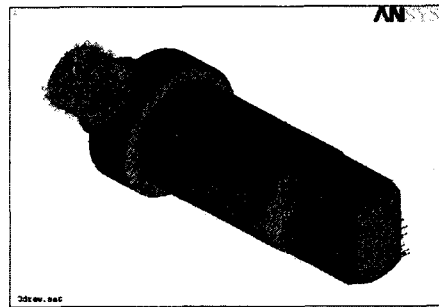


Fig.5 Mesh and boundary condition of cam

Fig.6은 cam을 구조해석한 결과로서 body의 베어링부에 고정되어 회전하는 부분을 확대하여 나타낸 결과이다. 그림에서 보는 것처럼 베어링 고정부가 가장 직경이 작기 때문에 가장 높은 응력을 나타내고 있다는 것을 알수 있다. 그리고 해석한 결과에서 최대응력이 발생하는 부분은 고정부의 노치부로서 SCM415 소재의 인장강도에 거

의 근접하는 응력이 발생하고 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 시제품의 경우는 SCM415에서 표면 경화 처리인 고주파 열처리를 하여 경도가 약 2 배 이상 증가한 것을 감안한다면 실제 사용중에 있어서는 큰 문제가 발생하지 않을 것으로 생각한다. 따라서 가능하면 표면경화 처리한 후의 실제 소재의 탄성계수값이나 프와송비를 측정하여 해석한다면 더욱 정확한 해석을 할 수 있다. 만일 이와같은 실제 해석값을 이용해서 제품을 설계한다면 위의 해석결과에서 계산되어진 최대응력값에 안전계수(Sf)를 1.5~2 정도로 해서 계산되어진 항복강도나 최대인장강도 값에서 1/2정도에 해당하는 응력값을 가질 수 있도록 직경을 2 배정도 확대해서 구조물을 설계한다면 정적강도 및 피로설계의 개념이 충분히 고려된 설계값으로 생각할 수 있다.

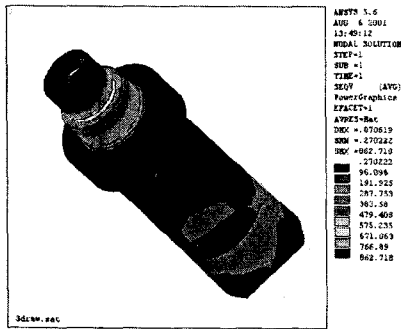


Fig.6 Stress distribution of cam

2.3 Spring

스프링 사용상의 문제는 본 소재의 경우 소재, 권수, 직경, 등등에 있어서 큰 문제가 없을 것으로 생각한다. 또한, 현재 사용중인 스프링의 경우가격이나 제작조건을 고려해서 제작하였으나 앞으로 대형으로 개발된다면 스프링의 직진도, 가격면에서 유리하게 현재 일반 상용중인 규격품을 사용하는 방향으로 개선하는 것이 좋다.

2.3.1 Spring의 해석

spring의 최적형상을 결정하기 위해 ANSYS 5.6을 사용하여 구조해석을 하였다. 최대하중을 1ton으로 가정을 하여 spring의 경우 압축을 받기 때문에 spring의 하단부는 전체를 고정하였고, 상단부는 압축을 받는것으로하여 1ton의 하중을 가하였다. spring의 탄성계수는 $E=2 \times 10^6 \text{kgf}$, $\nu=0.33$ 으로 하여 해석을 하였다. Fig. 7은 해석을 위한 스프링의 경계조건 및 mesh 형상을 나타내고 있다. 그림에서 보는것처럼 스프링의 하단부는 x, y 방향으로 고정하였으며 스프링의 상단부는 1ton의 하중에 대해 스프링의 단면적으로 나누어 전체적으로 1ton의 압축하중이 작용하도록 하여 해석을 실행하였다. 즉, 하중 조건은 변위(3mm)를 가하였으며 맨 위에 contact element를 구성하였고 여기에 변위를 주었다. element는 오토메쉬 (4면체) element 수 15000개 node 수 4500개 이다. Fig.8은 스프링의 해석한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보는 것처럼 최대 응력은 스프링의 구속 조건이 끝나는 부위에 발생하고 있는 것을 알 수 있다. 해석 결과에서 인장이 270MPa(최대) 정도가 발생하고 있으므로 SPS 4장의 인장강도(1250MPa)에 비하면 아주 낮은 값을 나타낸다. 따라서 안전율 2이상을 감안하더라도 본 형상의 스프링에서는 충분한 강도를 갖기 때문에 강도면에서는 안전하다는 것을 알 수 있다. 따라서 스프링의 경우 5호인 대형으로 개발하더라도 강도 면에서는 충분하므로 사용상 결함으로 스프링의 직진도 문제만 해결된다면 안전하게 사용할 수 있다고 생각한다.

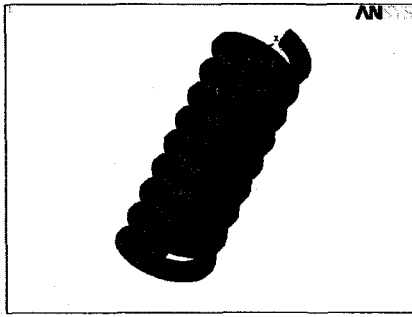


Fig.7 Mesh and boundary condition of spring

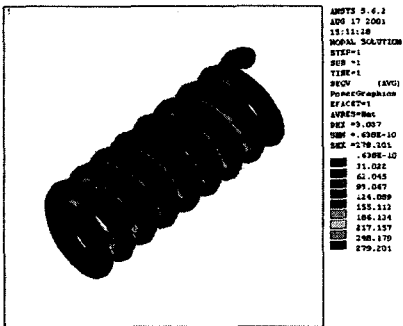
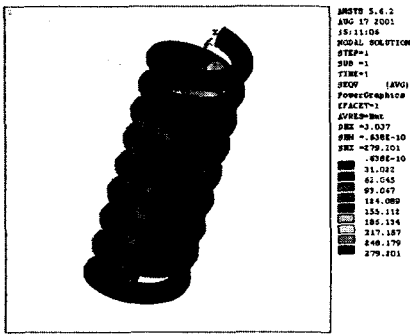


Fig.8 Stress distribution of spring

3. 결론

대형플로어힌지의 개발을 위해 각 소재 부품에 대한 재질 및 형상을 개선하고 치수의 최적화를 위해 구조해석한 결과는 다음과 같다.

1. Diecasting body의 분체도료 코팅으로 body의 내마모성 향상, 슬러지 방지와 외관의 향상을 기할 수 있다.
2. Diecasting body의 sealing부의 단면형상을 평면에서 \square 자형 또는 이중 \square 자형으로 변경함으로써 유체의 누유를 방지할 수 있다.
3. ANSYS의 구조해석으로 cam의 최적형상 및 5호 플로어 힌지의 설계를 위한 기초자료를 확보하였다.
4. ANSYS의 구조해석으로 spring의 직경 및 권수 설정을 위한 기초자료를 확보하였다.
5. CAM Pan의 제작 열처리 공정중에 표면경화 처리의 정상 유무를 확인하여 내마모성을 향상시킬 필요가 있다.
6. 향후 실린더 유압제어 기능의 향상과 각 부싱의 열처리 조건 개선으로 내마모성을 향상 시켜야 한다.

후기

본 연구는 중소기업 기술혁신과제(대형플로어 힌지 개발)와 경상대학교 BK21 지역대학 육성사업단의 지원으로 이루어졌으며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) ANSYS, user's manual, CFD analysis with ANSYS/FORTRAN, 1999
- (2) ANSYS, user's manual, Advanced CFD with ANSYS/FORTRAN, 1999
- (3) 정선모, 한동철, "표준기계설계학, 동명사, 1999
- (4) 문인형, 금속조직에칭기술, 청문각, 1993
- (5) 서남섭, 기계공학법, 동명사, 2000
- (6) 한국공업규격, 스프링강재, KS D 3701, 1985