[UCI]I804:24011-200000234071

2007년 2월
工學碩士學位論文

소형댐퍼 힌지의 신뢰성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Reliability of the Small Damper Hinge

朝鮮大學校 産業大學院

金屬・材料工學科

蔡 權 秉

소형댐퍼 힌지의 신뢰성에 관한 실험적 연구

Experimental Study on the Reliability of the Small Damper Hinge

2007年 2月

朝鮮大學校 産業大學院

金屬・材料工學科

蔡 勸 秉

소형댐퍼 힌지의 신뢰성에 관한 실험적 연구

指導敎授　李　鍾　局

이 論文을 工學 碩士學位 申請論文으로 提出함

*2006*年 *10*月

朝鮮大學校 産業大學院

金屬・材料工學科

蔡 權 秉

蔡權秉의 工學碩士學位論文을 認准함

審査委員長 朝鮮大學校 敎 授 張 禹 陽 印

審査委員 朝鮮大學校 敎 授 李 鍾 局 印

審査委員 朝鮮大學校 副敎授 梁 權 承 印

2006年 11月

朝鮮大學校 産業大學院

목 차

List of Tables ..... Ⅲ
List of Figures ..... Ⅳ
ABSTRACT ..... Ⅵ

제 *1* 장. 서 론 1

제 *2* 장. 이론적 고찰 3

제 1 절. 힌지(hinge)의 정의 3

제 2 절. 힌지의 종류와 특징 5
2. 1 디스크 스프링형 힌지 7
2. 2 직선형 힌지 8
2. 3 쌍포식 힌지 9
2. 4 다이캐스팅형 힌지 9
2. 5 뎀퍼형 힌지 10

제 *3* 장. 뎀퍼힌지의 동작특성 11
3. 1 뎀퍼힌지의 기술요소 11
3. 2 뎀퍼힌지의 설계 13
3. 3 뎀퍼힌지의 torque에 영향을 미치는 인자 16
3.3.1 하우징과 캡의 나사의 이완 16
3.3.2 O-ring의 마찰 16
3.3.3 설계의 공차 16
3. 4 관내의 유체의 흐름에 대한 마찰 17

제 4 장. 실험방법 및 내용 ····· 24
4. 1 힌지의 설계 ····· 24
4. 2 힌지의 제조 ····· 25
4. 3 엔지니어링 플라스틱 사출금형의 simulation ····· 26
4. 4 힌지재료의 기계적 물성 측정 ····· 27
4.4.1 인장강도의 측정 ····· 28
4.4.2 굴곡시험 ····· 29
4.4.3 경도측정 ····· 30
4.4.4 내마모성 시험 ····· 30
4.4.5 힌지의 신뢰성평가 시험 ····· 31

제 5 장. 실험결과 및 고찰 ····· 34
5. 1 엔지니어링 플라스틱이 사출 최적조건 ····· 34
5. 2 힌지재료의 기계적 물성측정 결과 ····· 42
5. 3 신뢰성 평가시험 결과 ····· 49
5.3.1 틈새의 영향 ····· 49
5.3.2 도어무게에 따른 속도의 영향 ····· 51
5.3.3. 클릭장치의 영향 ····· 58

제 6 장. 결 론 ····· 62

참 고 문 헌 ····· 64

List of Tables

Table 1. The usage of hinges.

Table 2. Classification of hinges.

Table 3. Simulation condition.

Table 4. The optimum conditions of injection mould.

Table 5. Mechanical properties of POM.

Table 6. Mechanical properties of SK-5 steel.

List of Figures

Fig. 1. Hinge of disc-spring type.

Fig. 2. Hinge of straight type.

Fig. 3. Hinge of pipe-spring type.

Fig. 4. Hinge of die casting type.

Fig. 5. Hinge of damper type.

Fig. 6. The technical factors of damper hinge.

Fig. 7. The falling down processes of bidet door.

Fig. 8. Schematic moving of bidet damper hinge.

Fig. 9. The moving process of cover door damper hinge.

Fig. 10. Dynamic process between friction and rotation cnotrol design.

Fig. 11. Flow of parallel gap

Fig. 12. Ring shape gap

Fig. 13. Drawing design of damper hinge(3D).

Fig. 14. Drawing design of damper hinge(2D).

Fig. 15. Instron.

Fig. 16. Schematic drawing of bending test.

Fig. 17. Elastic modulous estimate from stress-strain curve.

Fig. 18. Rockwell hardness tester.

Fig. 19. Vacuum oil pouring machine.

Fig. 20. Bidet hinge reliability tester.

Fig. 21. The dynamic of time process for reliability test in damper hinge

Fig. 22. Selection of the gate position.

Fig. 23. Analysis of filling time with gate position.

Fig. 24. Simulation results of the deformation of N66(glass fiber 30%).

Fig. 25. Simulation results of the deformation of POM(glass fiber 0%).

Fig. 26. Simulation results of the deformation of POM(glass fiber 25%).

Fig. 27. Injection moulding machine(250ton).

Fig. 28. Fabrication of POM specimen.

Fig. 29. Cross sectional view of POM fracture surface.

Fig. 30. SEM potographs of SK-5 steel.

Fig. 31. SEM potographs before and after salt spray test SK-5 steel(after Ag colorring treatment).

Fig. 32. The change of down time with gap size difference(between housing and shaft).

Fig. 33. The change of down time with door weight(cover door weight 0.88 Kg, η=400000 cst).

Fig. 34. The change of down time with door weight(seat door weight 1.08 Kg, η=400000 cst).

Fig. 35. .The change of down time with cycle number(cover door weight 0.88 Kg, η=600000 cst)

Fig. 36. The change of down time with cycle number(seat door weight 1.08 Kg, η=600000 cst)

Fig. 37. The change of down time with cycle number(cover door weight 0.88 Kg, η=400000 cst)

Fig. 38. The change of down time with cycle number(seat door weight 1.08 Kg, η=400000 cst)

Fig. 39. The change of down time with cycle number(cover door weight 0.88 Kg, η=400000 cst, without click installation)

Abstract

Experimental Study on the Reliability of the Small Damper Hinge

Byung-Kwon Chae

Advisor : Prof. Jong-Kook Lee
Department of Metallurgical and
Materials Engineering Graduate
School of Industry, Chosun University

As the progress of whole industry, products using the damper hinge are required the good operating sensitivity, high stability and realiability. This study shows the method of reliability test for the high performance damper hinge. Damping torque balance is different from operating conditions. In this work, we fabricated the damper hinge with the function of soft landing, soft opening, slow-down range and stopping at the angle of 90～100°. The test of reliability carried out with the condition of gab size between shaft and housing(0.02～0.1mm), the moving angle of door(0～90°), dewll time(3sec), free falling time(3～8sec)

The main conclusions obtained in this study are as follows ;

(1) In the hinge material of POM(polyoxymethlene), the machanical properties showed the good optimum conditions as a damper hinge materials.

(2) As a result of the simulation of injection mold, adequite gate location was very excellent in gate point(case I) with the end point of shaft.

(3) As the increase of gab between shaft and housing of damper hinge, the down time decreased.

(4) In the results of reliability test of damper hinge, as the increase of perfomance cycle numbers, it showed the decrease of down falling velocity. And also, in the amplitude for velocity change, has 3 step processes. In first step, velocity amplitude for the dynamic of hinge is very high, unstable condition of hinge parts due to fabrication. In second step, it has semi-stable condition of damper hinge due to stabilization with the increase of perfomance cycle number. In third step, stable condition, no change of velocity amplitude.

The reason for this is considered that the decrease of falling velocity is due to infulance of the change of temperance of silicon oil, and fabrication of hinge parts.

제 *1* 장. 서 론

일반적으로 가전제품에 적용되는 힌지는 1세대 경첩형태의 도어개폐 장치의 적용을 거치면서 산업이 발전함에 따라 2세대 적용모델로서 구조적 설계를 통한 기계식 작동(기구, CAM, 기어 등)이 힌지 구현방식의 주류를 이루고 있다[1~2].

또한, 국내에서 개발되어 현재 가장 많이 적용되고 있는 기능성 힌지의 구현방식은 cam과 스프링을 이용한 마찰식 damper를 이용한 작동방식이다. 그러나, 유압 마찰식 damper shaft를 이용한 damper 힌지가 개발되면서 종전의 hinge와 비교하여 door 개폐시 소음/충격을 현저히 감소시켰으며 기술개발이 활발히 진행되면서 door 개폐시 충격, 진동 및 소음성능 등이 지속적으로 개선되고 있다. 그러나, 비데힌지, 화상전화기, 화장품 냉장고, 와인냉장고 및 냉장고의 홈바힌지 등 소형 생활가전 제품 및 IT관련 제품은 원하는 도어의 중량에 따른 일정각도에서 stop 기능작동 및 door 개폐시 충격, 진동 및 소음성능 등을 만족하는 기능성 힌지의 개발은 아직 미흡한 실정이다.

고급 비데나 일반 세정기, 또는 소형 가전제품에서 사용자가 커버를 수동으로 개폐하거나 또는 추가 구비되는 유압 개폐장치에 의해 자동 개폐되도록 설계할 때 가장문제가 되는 것은 사용자에 의해 수동 개폐되는 경우 일정 각도 이상에서 자중에 의해 회전 개폐속도가 가속되어 충돌하면서 충격소음이 발생하거나 장시간 사용 시 파손이 발생하는 문제점이다. 이에 제조사의 경우 현재 소비자들로부터 A/S에 대한 요구가 끊임없이 발생되고 있다.

일본, 대만 등에서 수입하는 힌지의 경우 이러한 문제점을 해결하기 위하여 기계식 기어를 이용하여 정지동작 및 속도를 조절하고 있으나 작동 감성이 좋지 않고 제품의 가격이 매우 높아 일반 범용제품 적용 및 일정 각도에서 정지기능의 문제점이 해결되지 못하고 있는 실정이다. 이것은 신뢰성의 문제이며, 부품 수명의 단축을 의미한다.

일반적으로 힌지의 재료는 높은 탄성특성을 갖고 기계적성질, 내 화학적 특성이

좋아야 하기때문에 다양한 동작특성 및 신뢰성을 갖기위하여 사용되는 재료는 플라스틱의 경우 엔진어링 플라스틱(결정성 플라스틱)이 많이 적용되며, 강의 경우 스프링강 등이 이용된다. 그러나, 제품용도에 맞는 힌지 부품으로 사용하기 위해서는 힌지의 작동특성에 맞는 재료로 다시 개발 되어야 한다[3~4].

엔지니어링 플라스틱은 (폴리아세테이트)PA, 폴리아세탈 (POM) 및 폴리 카보네이트 (PC)가 많이 사용되고 있으며 "금속을 대체하는" 소재 및 고탄성 수지로서 상호성능이 경쟁하며 발전되고 있다. 또한 고탄성 특성을 가지며 valve로 적용하고 있는 sandvic 20C 및 스프링강으로 사용되는 sk-5강은 내구성 및 반복응력에 대한 내충격성등 신뢰성이 아주 양호한 금속으로 알려져 있어 전자제품 콤퓨레셔 등의 flapper valve 및 스프링 부품에 다양하게 적용되고 있다[5~7].

본 연구에서는 힌지재료로 적용되고 있는 POM 플라스틱의 최적 사출조건을 정립하고 고탄성 폴리머 및 sk-5강을 이용하여 stopper 장치를 부착하여 damper 힌지를 개발하며 전자제품의 damper 힌지의 기구학적 특성이 구현되도록 설계를 통한 동적 감성기능을 부여함은 물론, 신뢰성 시험을 통하여 고급형 비데, 일반세정기 및 소형전자제품 힌지의 문제점으로 지적되고 있는 일정 각도에서 정지 기능이 확보된 constant angle stop→slow down형 기능성 힌지를 개발하고자 하였다.

제 2 장. 이론적 고찰

제 1 절. 힌지(*Hinge*)의 정의

힌지란 사전적 의미로 여닫이 문을 달 때, 한쪽은 문틀에, 다른 한쪽은 문짝에 고정하여 문짝이나 창문을 다는데 쓰이는 철물로 지칭하고 있으며 일명 “경첩”이라고 부른다. 그러나 힌지는 산업이 발달함에 따라 도어와 고정부, 고정부와 고정부, 회전부와 고정부 등 기구학적 역학의 원리를 이용하여 학문으로 발전되어 왔으며, mechatronics, 기계설계, 재료학 등의 과학적 응용을 통하여 아주 빠른 속도로 그 기술이 변화하고 있다. 따라서, 개폐기능이 있는 모든 제품, 즉 가전제품, IT 제품, robot 산업, 가구산업, 주방산업, 설비산업, 산업용 기계, 건축 등 도어 결합형태는 힌지의 구조물에 의해 대단히 넓은 범위에서 적용되고 있다[8~10].

이런 기술발전의 추세는 힌지의 기능을 다양하게 요구하고 있으며 기존의 좁은 의미에서 넓은의미로 확장되어, 힌지란 고정, 왕복 또는 회전하는 기구물에 마찰력을 이용하여 토크를 발생시키며, 두 가지 이상의 물체가 결합되어 open, close시 일정각도 또는 다양한 각도의 정밀한 동작성 등을 창출하여 일정기능을 담당하는 도어의 결합물을 힌지라 정의할 수 있을 것이다. 더 넓은 의미로 기계용어로 정의하면, 사용하고자 하는 다양한 제품에서 사용목적과 공학적 기구의 설계개념을 바탕으로 외력에 의해 동적운동 기능이 가능하게 하는 일종의 기계장치라 정의할 수 있다.

또한, 힌지는 제품에 대한 고급기능을 동력(에너지)을 사용하지 않고 적용되기 때문에, 가장 작은 비용으로 제품의 품질, 디자인, 기능 등을 결정하며, 감성특성을 극대화하여 제품을 고급화 하는데 필수적인 선행기술로 인식되고 있다.

힌지의 대상은 매우 많고, 그 적용 목적도 다양하다. 실제로 우리 사용하는 대부분의 자동차산업, 전자제품, 가전제품, 건축물, 설비장치 등이 힌지적용의 대상이 된다. 힌지의 대표적인 용도를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. The usage of hinges.

분 류	적 용 대 상	적용범위
IT산업	컴퓨터 휴대폰, 게임기 LCD, DVD, 전자수첩 등	전자기기
가전산업	냉장고 세탁기 비데, 청소기, 에어콘, 밥솥, 등	가전기기
자동차산업	자동차 도어 자동차 미러 자동차 본넷 자동차 트렁크 등	자동차
설비산업	상하수도 파이프 조인트 조인트류 등	설비, 화학
건축산업	일반도어, 안전도어 창문 주방선반, 가구 등	건축
기타산업	태양열 집열기 우주선 날개 이동통신 기기함체 비행기 날개 플랙쉬블 등	우주산업, 항공산업, 에너지산업, 통신산업 등

제 2 절. 힌지의 종류와 특징

최근의 힌지는 인간 중심의 주거환경 변화, 적용품목, 제품의 디자인, 제품사양, 사용조건 및 동작기능 등에 따라 아주 다양한 형태 및 구현방식을 결정한다. 따라서, 힌지는 형태, 구현방식, 기능에 따라 다양한 용어로 불려지고 있으며, 기술발전에 따라 다양한 기술이 접목된 방식의 힌지가 개발되면서 힌지의 중요성은 날로 증가하고 있는 상황이다.

힌지는 현재 보편화되어 여러가지 형태로 응용되는데 대표적인 몇 가지를 나열하면 가정용 일반 냉장고 및 김치 냉장고, 세탁기, LCD와 PDP를 사용하는 모니터 및 TV, 이동 통신기기, 노트북, 비데, 프린터 등이며, 이외에도 제품개발 주기가 급격히 단축되면서 끊임 없는 연구와 개발이 가속화되고 있다[1~2, 5].

이러한 용도별 힌지의 개발은 정보산업 및 산업전반의 발전에 따라 생활패턴(patten)의 트랜드(trend)가 웰빙(well being)을 추구하는 경향이 눈에 띄게 증가하면서 새로운 라이프 스타일의 변화에 따라 값 싸고, 다 기능을 가지며, 신뢰성이 확보된 제품을 원하고 있기 때문에 향후에도 지속적인 신 제품의 개발요구가 있을 것으로 전망된다.

이것은 제품의 트랜드가 인간중심으로 변화하는 것을 의미하여 사용자를 배려(PL법 등)하고 소비자의 입장에서 모든 제품의 설계가 시작된다는 것을 의미한다.

따라서 공학적 지식과 외관상의 미적 디자인(design)을 기초로 하여 삶의 질을 향상시키는 웰빙의 접목은 인터넷 및 인프라의 구축을 기반으로 원터치(one-touch)방식의 제어가 가능한 주거환경으로 이어지는 추세에 발 맞추어 힌지 개발의 기술은 날로 발전하는 추세이다.

국내외로 현재 가장 선호하는 기능성 힌지의 구현방식은 cam과 스프링을 이용한 유압 마찰식 damper를 이용한 작동방식이다. 유압 마찰식 damper shaft를 이용한 damper 힌지는 종전의 hinge와 비교하여 door 개폐시 소음/충격을 현저히 감소시켰으며 기술개발이 활발히 진행되면서 door 개폐시 충격, 진동 및 소음성능 등이

지속적으로 개선되고 있다.

힌지의 유형은 크게 용도, 형태, 기능에 따라 분류할 수 있으며, 다양한 특징을 가지고 있다. 힌지의 분류를 Table 2에 나타내었다.

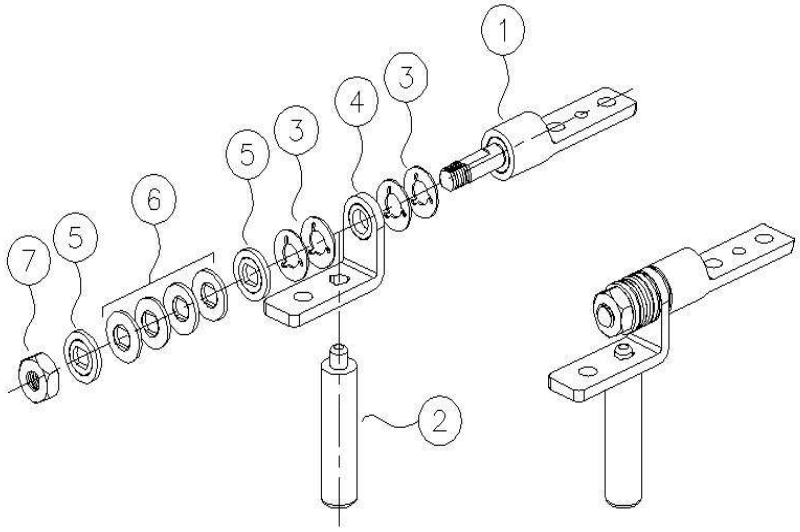
Table 2. Classification of hinges.

분 류	구 분	특 징
용도별	가전힌지	냉장고, 세탁기, 청소기 등에 적용
	IT관련 힌지	컴퓨터, 휴대폰, 음향기기, 게임기 등에 적용
	자동차용 힌지	도어, 미러, 본넷트, 트렁크 등에 적용
	건축용힌지	안전도어, 창문, 욕조, 일반도어 등에 적용
	설비산업용 힌지	상수도, 설비 파이프 이음 등에 적용
	우주 항공 및 의료용 힌지	태양전지, 비행기, 인공위성, 관절,joint등에 적용
형태별	Disk spring type	disk, disk spring의 마찰력 및 자체 탄성 력에 의한 torque 제어형
	Torsion spring type	disk, disk spring type에 tortion spring을 부가하여 기구물과의 동작시 방향성을 부가하거나 torque를 제어하는 type
	Compression spring type	tortion spring 및 CAM을 부가하여 기구물과의 동작시 방향성을 부가하거나 torque를 제어하는 type
	Leaf spring type	판스프링과 주축의 마찰로 torque가 발생하며 판스프링이 직접상대물과 체결될수 있도록 가공한 type
	Ball link type	동작부의 형상을 구형으로 하여 전후, 좌우, 회전 중 일부 또는 다각도로 동작할 수 있도록 한 type
	Dicasting type	, 기구물과 연결부 또는 외관을 dicasting 주조물로 하여 부가적인 기능을 추가한 type
	Shaft type	일자형으로 좁은공간에서 사용할 수 있도록 disk spring/ curling 등을 이용하여 torque를 제어하는 type
기능별	Tilt unit type	일반적으로 작동각도가 -5°~+30°까지 제어 가능하도록 한 tilting type
	Swivel unit type	좌우 각도가 ±45° 까지 제어가능한 type
	Rotational Unit type	회전이 가능토록 구비한 힌지제어 장치
	Up&Down Unit type	상,하 조절이 가능토록 구비한 힌지제어 장치
	Universal hinge unit type	상하, 좌우 조절은 물론 구면을 기준으로 360° 제어가 가능토록 구비한 힌지제어 장치
	Straight hinge unit type	직선형태의 힌지로 360° 회전이 도어작동에서 가능토록 구비한 일자형 힌지장치
	Arm hinge unit type	관절 arm을 이용하여 전후, 좌우, 회전, 상하 조절을 할 수 있도록 구성하여 공간 제약이 없도록 구비한 힌지 장치
	Damper type	유체를 포함하는 하우징과 결합하는 샤프트 내에 마찰유체를 제어할 수 있는 기구형태를 이용하여 동작을 제어하는 type
	Shock absobar type	유체나 스프링, gas등을 이용하여 큰 충격을 완화할 목적으로 제어되는 type
	Auto moving type	원터치 방식으로 기구 및 전기모터 등을 이용하여 동작을 제어하는 type

상술한 Table 2의 특성은 독립적 혹은 여러 type의 조합에 의하여 힌지의 동작특성을 변화시킬 수 있으며, 기구물의 기능, 동작 대상물의 무게, 기구물의 특성 등에 따라 다양하게 적용된다. 다음에서 몇가지 힌지를 소개하면 다음과 같다[1].

2.1 디스크 스프링형 힌지

샤프트가 회전할 때 클립이 탄력적으로 컬링되면서 마찰을 일으키되, 핀에 의하여 샤프트에 대한 클립의 압착력을 강화 및 조정 가능하도록 하여 슬로우 모션화를 향상시킴으로 품질을 더욱 고급화시키도록 하는 힌지장치이다. 디스크 스프링의 부하 특성을 이용한 것으로, 스프링의 조합 방식과 수량에 따라 부하량과 압축행정거리의 조절이 가능하다. nut의 체결력으로 토크를 조절할 수 있으며, 부품수가 많고 작업성이 떨어지는 단점이 있다. 이 디스크 스프링형 힌지는 노트북에 가장 많이 사용되고 있는 힌지이다.

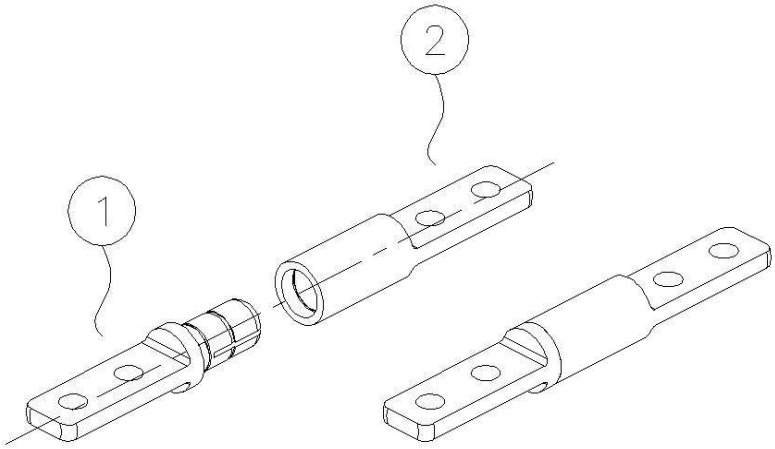


1. shaft 2. guide bar 3. space washer 4. braket 5. guide washer
6. disc spring 7. hexa nut

Fig. 1. Hinge of disc-spring type.

2.2 직선형 힌지

하우징, 축, 파이프 스프링, 너트 등으로 구성되며 비교적 compact한 특징을 갖는다. 테이퍼 너트에 의해 토크의 조정이 용이하고 작업성이 좋다. 축의 가공에서 비교적 불량률이 높으며, 마찰 면압이 적어 토크가 약하다. 최근에는 파이프 스프링의 채용없이 하우징과 축의 끼워 맞춤 면압만으로 토크가 관리되는 type이 대만에서 개발되어 상용화되고 있다. 그러나, 신뢰성에 문제가 있는 것으로 밝혀지고 있다. 전자계산기, PDP, 노트북 컴퓨터 등에 많이 사용된다.

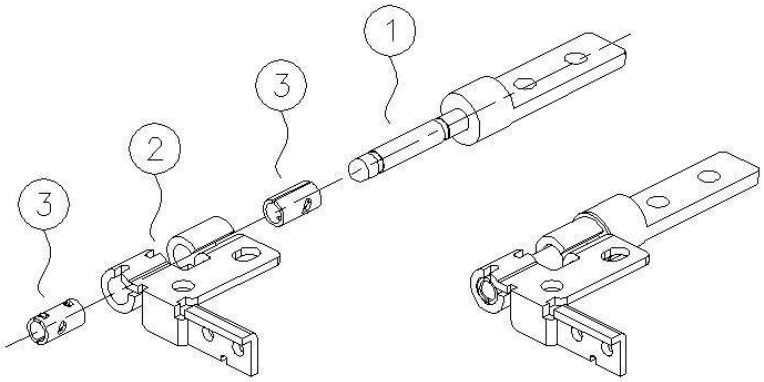


1. shaft 2. shaft housing

Fig. 2. Hinge of straight type.

2.3 쌍포식 힌지

하우징, 축, 파이프 스프링으로 구성되며 파이프 스프링에 의한 면압력에 의해 토크가 발생된다. 토크가 크고 변동이 적으며, 비교적 구조가 안정적이다. 작업성과 life cycle 성능이 뛰어난 반면, 토크의 조정이 불가능하다. 파이프 스프링의 공차별 관리에 단점이 있으며 불량율이 높다. 주로 LCD, 화상전화기 등에 적용된다.

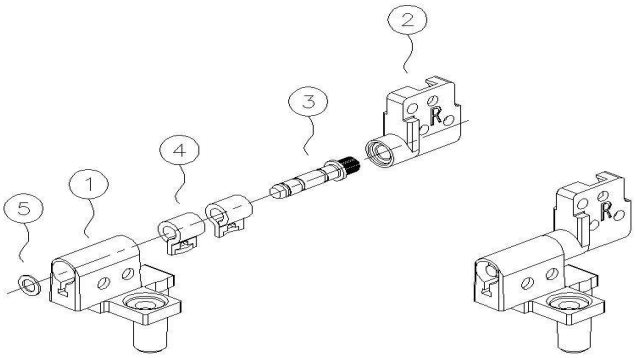


1. shaft 2. braket 3. pipe spring(curling)

Fig. 3. Hinge of pipe-spring type.

2.4 다이케스팅 힌지

주물에 의해 제작된 하우징을 채용한 것으로 토크의 특성은 쌍포식 힌지와 유사하다. 하우징 금형이 필요하며 견본품 제작기간이 길고 조립부분의 제한을 많이 받는다. 금형제작 비용이 발생하나, 대량 생산에 적당하다. 주로 노트북 컴퓨터, LCD 등에 많이 사용된다.

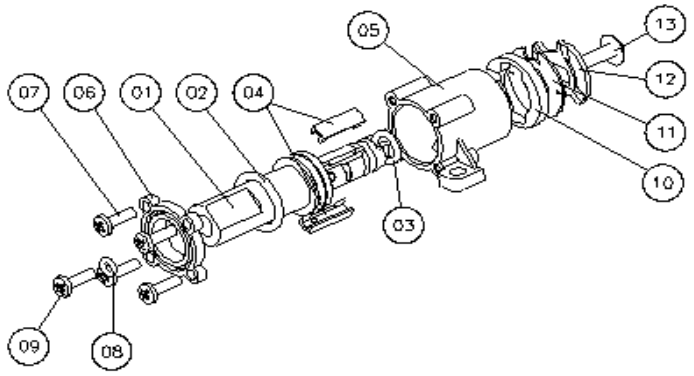


1. body 2. wing 3. shaft 4. pipe spring 5. E-ring

Fig. 4. Hinge of dicasting type.

2.5 댐퍼*(damper*형*)* 힌지

댐퍼힌지는 오일이나 구리스 body와 shaft 사이 내부에 실리콘 오일이 진공상태로 주입되고, shaft와 돌출부와 wing 부분의유로의 흐름에 의해 troque가 발생되어 자중에 의해 떨어지는 운동량을 감쇄시켜 soft landing의 기능을 나타내는 힌지이다[5] 이때 torque는 wing의 유로구에 의해 양방향이 아닌 한방향으로 발생됨으로써 도어가 하강시 도어접합부에서 충격이 흡수되며 부드럽게 닫히는 같은 기능의 기존 힌지보다 한차원 높은 시스템이다. 주로 비데 및 세정기, 냉장고의 홈바, 피아노, 자동차 등에 많이 적용되며 일시 정지기능, soft landing 기능, 충격흡수 기능이 복합적으로 해결되는 장점이 있다. 또한, body 내부 돌출부 지점의 변화에 따라 stop angle 조정이 가능하며, 클릭장치(stopper)로서 원하는 각도까지 정지시킬수 있다. 기능장치 추가 및 오일주입 변화에 따라 도어하강 토크의 조절이 가능하며, 도어 파손의 문제를 해결한 기능성 힌지이다. 그러나, 정밀 설계등 개발기간이 길고 실제 각 부품의 정밀도가 대단히 높아야 하는 등 부품개발이 까다로운 단점이 있다.



1. shaft 2.3.8 O-ring 4. wing 5. body 6. cap 7.9.13 tapping screw
10. rubber cushion 11. stopper embos 12 stopper cam

Fig. 5. Hinge of damper type.

제 3 장 댐퍼힌지의 동작특성

일반적으로 댐퍼를 기본으로 하는 힌지는 소프트 랜딩이 가능해야 하며, 개발되는 제품의 용도에 적합한 것이어야 한다. 본 연구에서는 추가되는 일정각도에서 멈춤기능이 있어 적은 충격 및 자중이 작용할 때 도어의 특정각도(90°~110°)에서 낙하현상이 발생하지 않도록 한단계 발전된 컨셉을 가지고 있으며, 낙하시 동작에서도 damper type힌지와 차별화를 실현 시키고자 하였다. .

3.1 댐퍼 힌지의 기술요소

용도에 따라 힌지재료는 언제든지 변화하며, 본 연구에서 구현하고자 하는 소형 damper hinge는 플라스틱과 금속재료로 구성된다. damper 힌지가 신뢰성을 가지고 정상적으로 작동하기 위해서는 기구의 동작구현, 힌지를 구성하는 재료의 선택, 정밀한 설계(기능, 재료의 두께, 정밀도) 등의 기술요소가 적절하게 균형을 이룰때 목적하는 힌지의 동작구현이 가능하다. Fig.6.에 댐퍼힌지의 기술요소를 나타내었다.

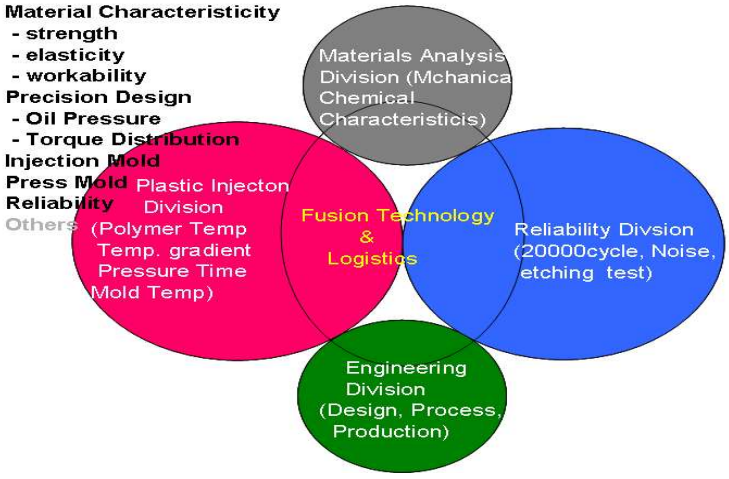


Fig. 6. The technical factors of damper hinge.

먼저 힌지의 동작기능을 구현하기 위해서는 기구학적 힌지의 이론적 토크 값이 계산(Fig. 7.)되어야 한다[11~12].

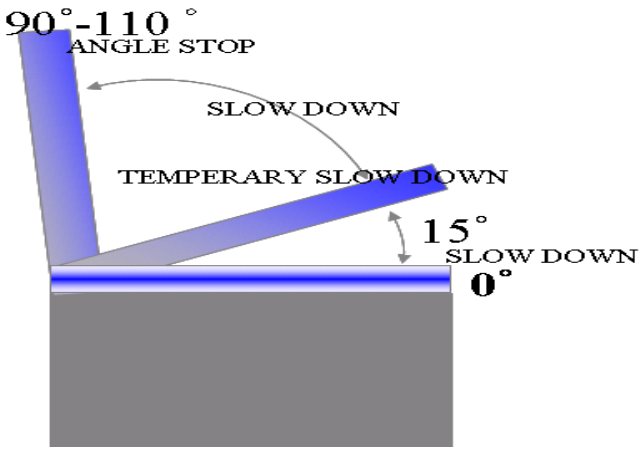


Fig. 7. The falling down processes of Bidet door.

도어의 낙하시 가장 큰 torque 값은 자중 및 다운속도에 따라 15˚에서 나타난다고 가정하면 15˚에서 나타나는 최대 TORQUE 값은 안전율을 20%로 하였을때 다음 식과 같이 표현될 수 있다.

$$\text{torque(kgf.cm)} = W \times L \times 1/3 \cdot \text{Cos}15^{\circ} \times 1.2 \quad --- (3.1)$$

여기서, W(도어의 중량) : Kg
L(도어의 길이) : Cm
slow down 구간 = 15˚
안전율=20%

즉, torque 분배는 도어의 중량, 도어의 길이, 동작 angle 및 기타 기계요소 마찰력의 합으로 표현할 수 있다.

상기의 식은 유체와 힌지내부에 작용하는 마찰 에너지라고 할 수 있으며, 힌지 내부에 사용되는 유체의 토크 값과 같게 될 때 일정각도에서 동작은 멈추게 될 것이다. 따라서, 가압유체가 흐르는 뎀퍼힌지의 최대 torque 값의 발생구간은 동작하는 대상물체의 적용각도, damping 유체의 종류, 유체의 특성(사용온도, 유체주입량)에 따라 결정된다.

이러한 기계적 에너지 값을 기본으로 하여 damper hinge의 설계가 진행되어야 하며, 도어가 급격히 떨어져 닫히거나 그 소리에 놀라는 일이 없도록 천천히 부드럽게 닫히는 소프트 랜딩(soft landing) 기능과 도어의 열림작동시 부드럽게 열리도록 하는 소프트 열림(soft opening)기능이 함께 확보되어야 한다.

Fig. 8.에 비데를 예로하는 소프트 랜딩과 소프트 열림기능 작동 그림의 모식도를 나타내었다.

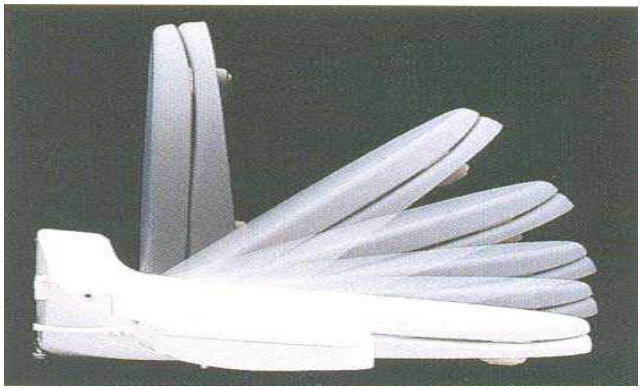


Fig. 8. Schematic moving of bidet damper hinge.

3.2 뎀퍼 힌지의 설계

본 연구에서 개발하고자 하는 뎀퍼힌지는 제품 본체의 유동없이 고정되며, 힌지의 하우징부와 도어 커버의 고정 및 동작 과정을 Fig. 9.에 나타내었다. 힌지는 일측이 개방된 캡(cap) 형상의 하우징 본체, 탄성 회동부 고정 홈이 형성된 하우징 덮개 및 유체의 마찰력을 제어하는 wing과 유로 홈이 오목 삼각형 형태로 구성되

는 샤프트의 결합체로 구성된다. 이러한 형상은 뎀퍼힌지의 적용에 따라 다양하게 설계될 수 있다.

동작방식은 동작방향에 따라 선택적으로 도어 커버에 결합할 수 있으며, 마찰부의 이동면, 슬라이드면, 마찰돌기는 각각 한쌍식 상호 대향되게 마찰부의 일측면 원주를 따라 연속적으로 형성되어 있고, 0-180°의 범위와 180-360°의 범위에 각각 형성된다. 힌지의 정확한 동작을 구현하기 위해서는 정밀한 설계가 중요하며 소형 뎀퍼힌지의 경우 도어의 무게가 1-2kg 사이인 경우로 한정된다.

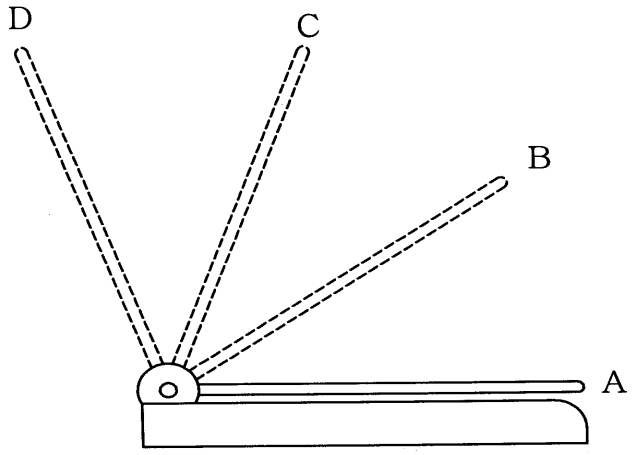


Fig. 9. The moving process of cover door damper hinge.

이를 Fig. 10을 참조하여 0-180°의 범위에서 가압경사면 형상을 더욱 상세하게 설명하면, 가압 경사면 일측을 정점으로 0-50°사이(AB구간)에 이동면이 형성되고, 50-85°사이(BC구간)에는 마찰돌기가 형성되며, 85-110°사이(CD구간)에는 슬라이드면이 형성되고, 110-180°사이에는 다시 이동면이 형성된다.

가압 경사면은 회전 제어부와 긴밀하게 면 접촉이 이루어지면서 커버의 회전을 단계적으로 제어하는 것으로 회전 제어부의 회전 제어구가 이동면을 경유할 경우

에는 간섭되지 않게 되어 상기 커버를 자유롭게 회전시킬 수 있고, 마찰돌기를 경유한 후에는 유동제어구가 유동되지 않고 일정 각도에서 고정됨으로써 커버를 정지시킬 수 있으며, 슬라이드면을 경유할 경우에는 마찰력이 발생되어 커버를 서서히 회전시킬 수 있게 된다.

회전제어부의 탄성회동부는 두께가 얇게 형성되어 회전제어구가 마찰돌기를 경유할 때, 지지턱과 하우징덮개 사이에 형성된 공간부로 탄성적으로 회동됨으로써 회전제어부의 파손을 방지하게 된다.

여기서, 가압경사면과 회전제어부에는 마찰력이 작용되는 바, 마찰을 방지하고 충격력을 감쇄시킬 수 있도록 점성이 높은 그리스 또는 윤활유가 사용될 수 있으며, 회전샤프트의 중앙부에는 윤활유가 누설되지 않도록 O링이 결합된다.

또한, 회전제어구의 내측이 밀착되도록 회전샤프트의 주연부에 이동방지턱이 형성되어 회전제어부가 회전샤프트의 반경 방향으로 유동되는 것이 방지된다.

즉, 회전제어부에는 회전제어구의 내측으로 이동방지턱이 밀착될 수 있도록 밀착부가 형성되고 회전제어구의 외측은 하우징 덮개의 내벽에 자연스럽게 지지됨으로써, 회전제어부가 가압경사면 및 마찰돌기를 따라 회전되면서 마찰력이 발생되더라도 회전샤프트의 반경방향으로 유동되는 것이 자연스럽게 방지된다.

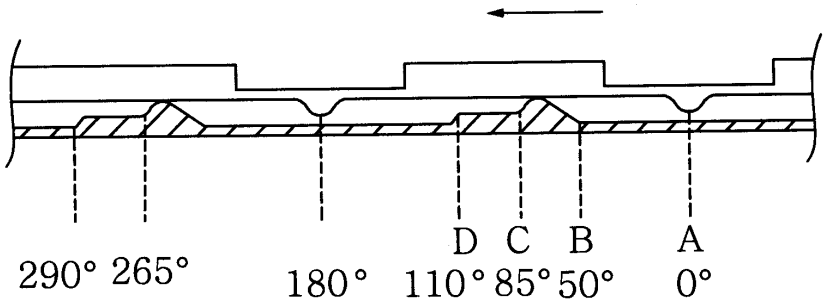


Fig. 10. Dynamic process between friction and rotation cnotrol design.

3. 3 뎀퍼 힌지의 torque에 영향을 미치는 인자

뎀퍼힌지는 힌지의 구성 및 기술요소에 나타낸 바와 같이 단순한 구조처럼 보이나 단순하지 않은 요소부품으로 구성되어 있다. 따라서 요소부품의 결합시 torque에 미치는 인자를 고려하지 않으면 안된다.

3. 3. 1 하우징과 캡의 나사의 이완[11~12)]

힌지의 torque에 영향을 미치는 인자에 대하여 살펴보면 먼저 나사의 이완이다. 하우징과 캡의 결합은 screw로 최종 결합 되는데 조임 직후 나사 체결시 발생하고 있는 예장력은 hinge의 작동과 함께 사용 중에 여러 가지 원인으로 감소한다. 이와 같은 예장력의 감소를 나사의 이완 (self loosening)이라고 하며 다음의 원인이 있다. 나사의 예장력이 각 나사산에 균일하게 분포되어 있다고 생각하면 나사산의 접촉 면압력 q_p는 식 3.2로 나타낼 수 있다.

$$q_p = \frac{F}{N \cdot \frac{\pi}{4}(d^2 - D_1^2)} \qquad \text{-----(3.2)}$$

$$= \frac{F}{N \cdot \pi d_2 \cdot H}$$ 이다.

여기서 F : 예장력, N : 나사산의 수, d : 수나사의 바깥지름

d_2 : 수나사의 유효 지름, D_1 : 암나사의 안지름

H : 너트의 높이

나사의 이완의 요인을 분석하면 접합면에서 접합후 접합면의 작은 요철에 의해 표면 조도의 영향으로 발생하는 초기 이완, 접합부에는 볼트머리 면에 조임물이 함몰됨으로써 발생하는 면압의 과대, 나사체결체의 접촉부에서 미소진동에 의해

생기는 접촉부의 미동마모, 나사의 열팽창계수와 사용온도 차이에 의해 발생하는 열적 원인 등을 들 수 있으며 예장력이 감소함에 따라 이완이 발생하는 원인이 되므로 요소부품의 면 접촉부의 조도관리, 정압 전동 스크류 체결기 사용 등의 세심한 관리가 요구된다.

3. 3. 2 O-ring의 마찰

힌지의 구동시 샤프트, 하우징 및 샤프트에 결합되는 O-ring등의 힌지구동 마찰은 마찰부 표면에서 마모현상에 의한 이물입자의 생성으로 유체의 이동 및 마찰면의 형상변화를 예상할 수 있으며, 이는 동작성능을 크게 저하시킬 수 있다. 마모는 하중의 증가에 의한 역학적 마모, 표면조도의 영향, 유체에 대한 온도변화 및 경질의 금속산화물이나 대기 중의 먼지 등이 마찰면 사이에 개입되어 발생되는 마모로써 damper 힌지 제작에 있어서 청정한 부품의 취급이 요구된다.

3. 3. 3 설계의 공차

샤프트와 하우징, 그리고 운동용 O-ring에 의한 damper 힌지의 동작은 정밀한 설계가 대단히 중요하다. 설계의 공차에 대한 동작성은 샤프트와 하우징의 틈새공차, 유로 notch의 크기 및 모양 등에 따라 그 차이가 매우 다르게 나타나며, 원하는 동작성을 방해하는 요인이 된다.

3. 4 관내의 유체(실리콘 오일)의 흐름에 대한 마찰

damper 힌지의 중요한 특성 중의 하나는 일반적으로 사용하는 마찰 유체를 사용하는 것인데 윤활작용과 더불에 사용되는 토크 유지 목적의 실리콘 오일은 하우징과 샤프트 Ass'y(샤프트, wing, O-ring의 결합)의 관내 회전속도에 따른 유체의 흐름에 대한 마찰계수의 정확한 동작해석이 매우 중요한 문제라 할 수 있다. 또한,

마찰부분의 치수, 형상 및 재질, 사용조건(하중, 속도, 온도, 분위기,)등을 검토한 후에 목적에 맞게 결정해야 한다.

특히 silicon oil은 그 사용에 따라 다양한 특성을 갖는다. damper 힌지의 특성을 결정짓는 실리콘 오일은 KF96으로 알려져 있으며, 디메칠폴리실록산 구조를 갖는 실리콘 오일로 천연에는 존재하지 않는 합성오일로 알려져 있다. 일반적인 광유나, 합성유에 비하여 많은 특이한 성질을 갖으며, 중합체수를 n이라 할때, 점도는 0.65cs(n=0)부터 100만 cs(n=22300)까지 다양하다. 분자량과 점도와의 관계는 많은 연구자가 실험적 결과를 발표하였으며 디메칠폴리실록산의 점도와 분자량의 관계는 다음식으로 계산된다.

Warrik[13)]은 분자량 M이 40000 이하일 경우, 40℃에서 점도(poise)를 $\eta^{p/40℃}$ 라 할때,

$\log \eta^{p/40℃} = 1.43\log M - 5.54$ ---(3.3)로 발표하였다.

A. J. Barry[14)]는 분자량 M이 500 이상이고, 25℃에서 점도(centi stokes)를 $\eta^{cs/25℃}$ 라 할때, $\log \eta^{p/25℃} = 1.00 + 0.0123M^{0.5}$ ---(3.4)라고 하였다.

A. Kolorlov[15)]등은 분자량 M이 14,000,000> M> 2,100 일때, 고유점도는

$[\eta]\ 25℃ = 2.15 \times 10^{-4} M^{0.65}$ ---(3.5) 이다.

여기서 [η] 는 고유점도를 나타낸다. 즉 분자량의 증가에따라 점도는 증가하며, 일반적으로 100cs이상에서는 Barry의 식을, 100cs이하에서는 Warrik이 잘 맞는 것으로 알려져 있다. 또한, 중합도 P는 디메칠폴리실록산의 기본단위의 분자량이 74이므로 P= M/74로 나타낸다.

여기에 Newton의 점성법칙[16)]을 적용하면, 정상상태에서 면적 A의 판이 층류 흐름을 하고 있을때 판의 벽쪽으로 받는 힘은 다음과 같다.

$$\frac{F}{A} = \eta\left(\frac{V}{Y}\right) \text{ ---(3.6)가 된다.}$$

여기서 Y: 판사이의 거리, η : 비례상수

속도분포가 직선형인 정상상태에서 V/Y는 일정한 속도구배(velocity gradient) dVx/dVy로 대체할 수 있으며, 매우 얇은 유동층 사이의 전단응력은

전단응력 $\tau_{yx} = -\eta(dVx/dy)$---(3.7)로 쓸수 있다.

식(5)는 운동량의 이동현상으로 설명할 수 있으며, 과도기 안에서의 Vx는 시간과 위치의 함수가 되므로 τ_{yx}에 대한 보다 일반적인 식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$\tau_{yx} = -\eta(dVx/dy)$ 이 식이 Newton's law of viscosity이다.

여기서 η : 점성도(viscosity)

따라서

$$\eta = -\left(\frac{\tau_{yx}}{\frac{dV_x}{dy}}\right) \text{ ---(3.8)}$$

유체의 점성을 밀도 ρ 로 나눈 값을 동점도라 한다.

$$\upsilon = \frac{\eta}{\rho} \ (cm^2 sec^{-1}),\ \text{stoke} \quad \text{---(3.9)}$$

동점도는 운동량 확산의 척도가 된다. 즉 점도가 증가하면 유체흐름의 속도는 감소한다.

흐름계는 두가지 군으로 나눌 수 있는데, 밀폐된 도관사이를 흐르는 흐름과 유체에 잠긴 물체를 지나가는 흐름으로 나눌 수 있다. 첫 번째 군은 일반적으로 압력강하를 알아야 하고, 두 번째 군에서는 유체에 담긴 물체에 작용하는 힘을 구하게 되며 항력계수와 관계를 가진다.

최대 90。의 open 각도를 갖는 도어가 하강시 도어결합부에 부착된 damper 힌지가 적용되는 경우, 도어의 자중 및 하강에 대한 힘에 대하여 유체의 마찰력에 대한 토르크(힘)을 고려하면, 기구적 torque에 대한 유체의 항력으로 표현할 수 있다. 기구적 동작에 대하여 자중에 의한 torque와 유체의 항력에 의해 damper가 작동한다고 가정하면 도어 동작에 대한 torque valence는 다음의 3가지로 요약될 수 있다.

즉, ① 자중에 의한 torque = 유체의 마찰 항력 torque : 정지

② 자중에 의한 torque 〉 유체의 마찰 항력 torque : 하강(torque의 비율에 따라 속도변화)

③ 자중에 의한 torque 〈 유체의 마찰 torque : 상승

관내의 오일유체에 대하여 흐름계의 가정으로 Z=0과 z=L사이의 수평관을 생각하면, 파이프에서 유체는 시간에 관계없이 평균속도를 가지고 흐르며, 완전히 발달되었다고 가정 할 수 있다[17]. 이러한 계의 유체의 움직임에 따라 내벽에 가해지는 힘을 다음과 같이 쓸수 있다.

$$Fk = 2\pi R\tau_0 \quad ---(3.10)$$

여기서, τ_o : 내벽에서의 전단응력을 나타내며,

$$\tau_0 = \left(\frac{p_1 - p_2}{L}\right)\frac{R}{2} \quad ---(3.11)$$

식 (3.11)는 난류에서도 유효하며, 관 내벽에 대한 것이라는 조건 만 가해진 것이다. 식 (3.10)를 다시 정리하면,

$Fk = 2\pi R^2(p_0 - p_L)$ ---(3.12) 식이 된다.

즉, 관을 통하여 주어진 부피의 유체가 흐르려면 압력강하 일어나야 한다는 것을 알수 있으며, 해석을 하는데 불확실한 요소들이 잔존하므로 경험적인 방법으로 문제에 접근하는 수 밖에 없다. 평형 이면간 간극의 흐름에 대하여 다시 고찰하면[17], Fig. 11.로 표현할 수 있으며,

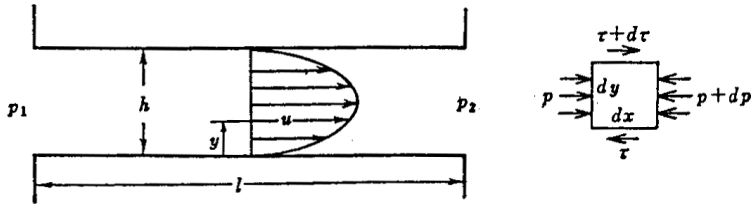


Fig. 11. Flow of parallel gap

평행 미소간극에 있어서 간극 내의 미소유체 부분에 작용하는 힘의 평형이 다음과 같이 성립한다. 단, τ는 유체의 단위 면적에 작용하는 마찰력이다.

$$p\,dy + (\tau + d\tau)dx = (p + dp)dy + \tau\,dx$$

$$\therefore \frac{d\tau}{dy} = \frac{dp}{dx} \quad ----- \quad (3.13)$$

여기에서 $\tau = \mu du/dy$ 이므로 윗 식은 다음과 같이 된다.

$$\frac{d^2u}{dy^2} = \frac{1}{\mu}\frac{dp}{dx} \quad \text{-----} \ (3.14)$$

윗 식을 y에 대하여 2회 적분하고, $y = 0, h$일 때 $u = 0$으로 하면 다음과 같은 속도 분포식이 얻어진다.

$$u = \frac{\Delta p}{2\mu l}(h - y)y \quad \text{------} \ (3.15)$$

단,

$$\frac{\Delta p}{l} = \frac{p_1 - p_2}{l} = -\frac{dp}{dx}$$

따라서 간극의 폭을 b로 하면, 유량 ΔQ는 다음 식과 같이 된다.

$$\Delta Q = b\int_0^h u\,dy = \frac{bh^3}{12\mu l}\Delta p \qquad \text{-----} \ (3.16)$$

Fig. 12.와 같은 환상 간극의 경우에는 식 (3.16)에 있어서 $b = \pi d$이므로 다음 식과 같이 된다.

$$\Delta Q = \frac{\pi dh^3}{12\mu l}\Delta p \quad \text{-----}(3.17)$$

여기서 Q : 유량, d : 피스톤의 직경, μ : 마찰계수, L : 관의 길이
P : 압력, h : 평행간극 이다.

피스톤 펌프의 피스톤과 실린더를 예를 들면, 간의 직경 간극이 크면 유량은 크게 증가하고 압력은 감소한다는 것을 알 수 있다.

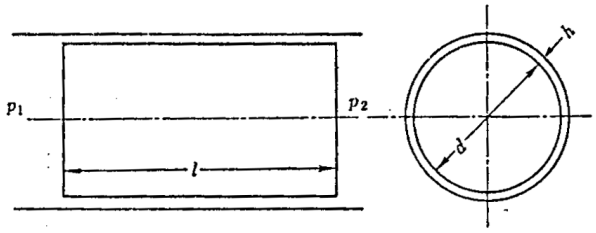


Fig. 12. Ring shape gap

실리콘 오일의 성능이 사용 중에 변화하는 것은 바람직하지 않으므로 사용조건에 따라서 각종 안정성에 대해서 고려한 것을 선택할 필요가 있다. 윤활유의 저온에서의 유동성이나 점도지수를 향상시키기 위해 고분자 중합체가 첨가되는 수가 있다. 이와 같은 유활유의 경우, 전단속도가 큰 조건에서 사용되면 고분자 중합체의 분자가 잘려 외견상 점도가 저하하는 경향이 있다. 따라서 이와 같은 경우는 사용 중의 점도저하가 적은 것, 즉 전단 안정성이 좋은 것을 선택하지 않으면 안된다.

그밖에 물과 산소의 공존에 의해서 생기는 철 녹의 발생방지, 먼지가 혼입했을 때의 수분리성, 공기의 혼입에 따른 거품방지 등의 성능도 윤활제의 선정에 있어서는 고려하지 않으면 안된다. 사용하는 grease에 이물질이 있는 경우, 제거가 어렵고 마찰면의 손상을 초래하므로 취급에 충분히 주의할 필요가 있으며, 도포방법도 청정이 유지되도록 관리하여야 한다.

제 4 장 실험방법 및 내용

4. 1 힌지의 설계

본 제품개발에서는 마찰부의 이동면, 슬라이드면, 마찰돌기는 각각 한쌍식 상호 대향되게 마찰부의 일측면 원주를 따라 연속적으로 형성되며, 상세하게는 0-180°의 범위와 180-360°의범위에 각각 형성된다. 따라서, 먼저 힌지의 동작특성에 따른 정밀한 설계가 중요하여 힌지의 총 크기는 39mm X 63,.4mm로 설계되었으며, 경험적 이론치의 토크는 도어의 무게가 1kg 이하인 경우 11-13kgf.cm, 1-2kg 사이인 경우 16-18kgf.cm이 나오도록 설계하였다.

Fig. 13., Fig. 14.에 3차원 및 2차원 damper 힌지의 설계도를 나타내었다.

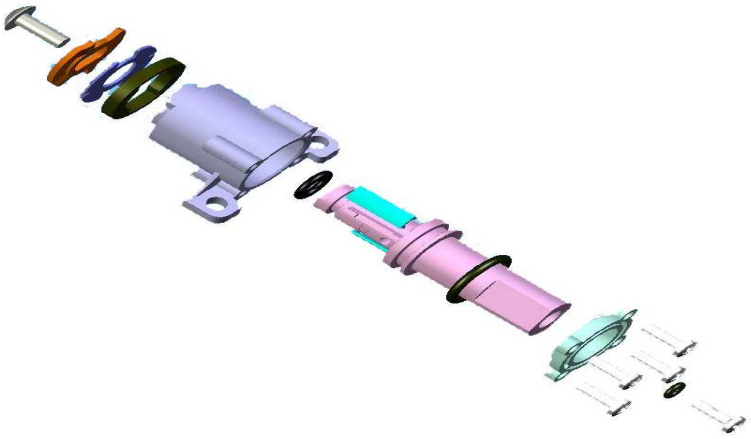


Fig. 13. Drawing design of damper hinge(3D).

본 연구에서는 상기 damper 힌지의 동작특성을 기본으로 하여 설계되었으며, 실제 제작후 토르크 측정기를 통하여 측정된 torque값은 변개(cover door)가 17.6 Kgf.cm, 변좌(seat door)가 19.6 Kgf.cm로 이론값에 비하여 다소 3-4 Kgf.cm 높게 나타나고 있으나 계산값에 비하여 큰 차이는 나타나지 않아 적절한 설계가 진행된 것으로 사료된다.

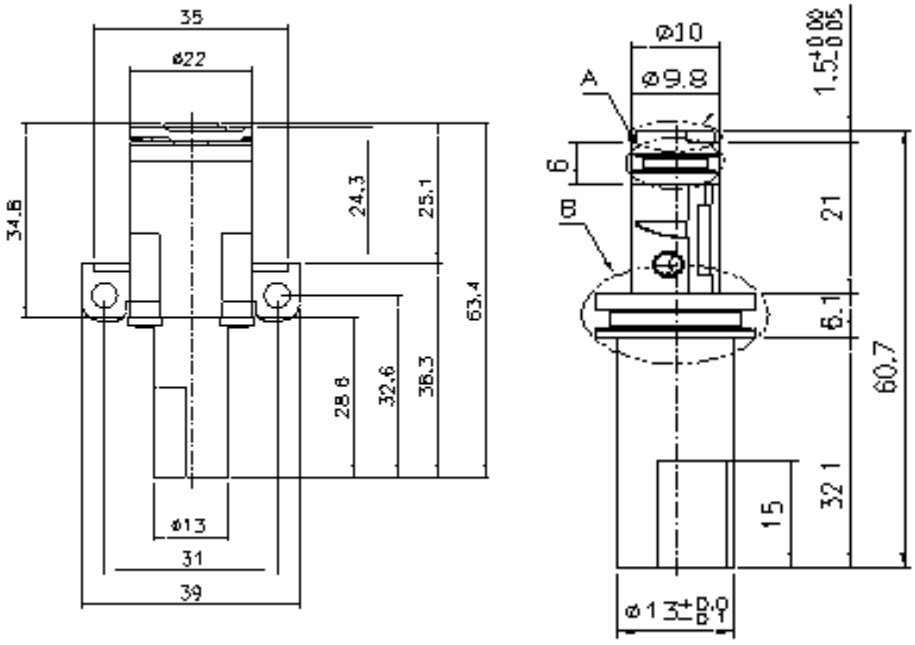


Fig. 14. Drawing design of damper hinge(2D).

4. 2 힌지의 제조

검토용 힌지의 요소부품은 Mock-up으로 NC선반을 이용하여 제작되었으며, 여기서 제작된 제품을 사출후 시험에 사용한 시편과 비교하여 치수에 있어서 큰 차이

가 없슴을 확인하였다.

본 연구에서 개발되는 기능성 힌지의 첫 번체 제품적용은 비데를 목적으로 하였으며, 연구 spec은 다음과 같다

- 적용각도 → 0°- 110°구간
- 최대 토르크 발생 구간 → 0°- 20°구간
- 최적 온도 → 실온 23℃±5℃
- 오일 주입량 → 변좌 : 2.1-2.2g, 커버 : 1.9-2.0g, (주입전용 dispenser로 -100Kpa 진공상태에서 주입)

제품의 작동 및 특징을 정리하면 다음과 같다.

- 소프트 랜딩(soft landing) : 변좌나 뚜껑이 급격히 떨어져 닫히거나 그 소리에 놀라는 일이 없도록 천천히 부드럽게 닫히는 한 차원 높은 시스템.
- 소프트 개폐(soft opening) : 자동속도 제어로 시트 및 변좌의 개폐를 작동하여 시트 파손 염려 제거
- Slow-down damper 작동 각도범위 : 85°- 10°
- End slow down 각도범위 10°- -5°
- Stopper 작동 각도구간 : 90°- 85°
- 제품도어의 무게 : 0.8Kg-1.5kg

4. 3 엔지니어링 플라스틱*(POM, N66)* 사출금형의 *Simulation*

사출금형의 최적조건은 보압, 보압시간, 금형온도에 따라 달라지며, 시편의 형상, 두께, 크기에 따라 급격한 변화를 나타내는 것으로 알려져 있다[18]. 따라서, 힌지와 같이 동작에 민감한 기계특성을 갖는 부품은 정확한 동심도, 직진도 및 치수변화에 큰 영향을 주기 때문에 정밀한 사출제품을 얻기위해서는 금형을 고려한 gate 위치의 선정이 매우 중요하며 POM의 기본물성 및 최상의 결정화도에 따른 금형

온도에서 최적 성형 변형조건을 얻는 것은 더욱 중요하다[19]. 먼저 실험에 사용될 부품중 가장 복잡한 형상을 갖는 shaft를 대상으로 시편 및 부품을 개발하고 최적 성형 조건을 얻기위하여 simulation을 실시하였다.

여기에서 simulation에 사용한 software는 “mould flow"가 사용되었으며, 재료는 N66(glass fiber 30%), POM(glass fiber 0%), POM(glass fiber 25%)의 3종이었다. 시뮬레이션의 조건은 **moldflow suggest data**가 적용되었으며 Table 3과 같다.

Table 3. Simulation condition.

구 분	용 융 점 온도범위		금형온도 온도범위		용융점 온도	금형 온도	비고
	최소	최대	최소	최대			
N66(glass fiber 30%)	285	305	65	120	295	110	-
POM(glass fiber 0%)	205	225	80	100	215	90	같은 조건으로 분석
POM(glass fiber 25%)	205	225	80	100	215	90	

simulation한 결과는 3가지 case의 경우로 최적의 사출조건 및 gate 위치를 선정하고자 하였다.

4. 4 힌지재료의 기계적 물성측정

힌지재료는 기본물성을 가질때 힌지의 동작특성이 유지될 수 있으며 본 연구에서는 인장강도, 굴곡시험, 경도, 내마모성 시험등을 통하여 기본물성을 확인하고자 하였다.

4.4.1 인장강도의 측정

POM 재료의 양호정도를 판단하기위하여 인장강도를 측정하였으며, 인장시험기(Fig.15.)는 30ton을 사용하였다. 이때 시편의 크기는 ASTM D-638의 Type I 을 이용하였으며 (3.23t X 12.7W X 216L)로 하였다.

Fig. 15. Instron.

4.4.2 굴곡시험

POM 재료의 굴곡강도 및 굴곡 탄성율은 3점 굽힘시험장치(Fig. 16.)를 이용하여 인장시험기에서 실시하였으며, 크기는 3.23t X 12.7W X 60L 였다. 또한 굴곡강도는 $3/2 \times P_bL/bd^2$으로 계산하였으며, 굴곡 탄성율은 $Ef = 1/4 \times L^3/d^3b \times (P/Y)$로 계산(Fig. 17.)하였다.

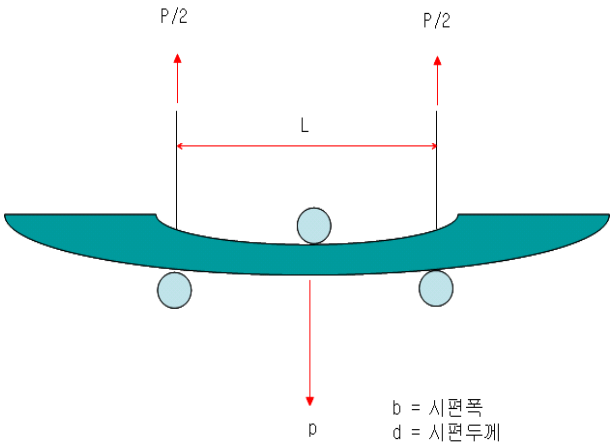


Fig. 16. Schematic drawing of bending test.

여기서, P ; 초기 직선구간에서 측정점의 하중

P_b ; 파괴시의 하중

L ; 측정점의 거리

b ; 시편이 폭, d ; 시편의 두께,

Y ; 초기 직선구간에서 측정점의 변형율이다.

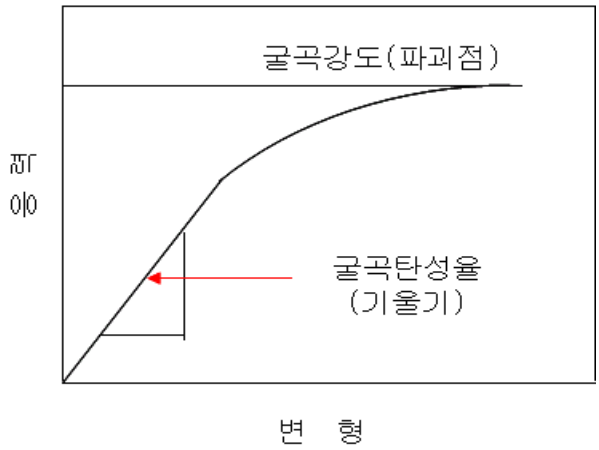


Fig. 17. Elastic modulous estimate from stress-strain curve.

4.4.3 경도측정

POM 및 sk-5강 경도의 측정은 로크웰 경도기(Fig. 18. 로크웰 B scale)를 이용하였으며, 주하중 60kg, 부하중 10Kg의 하중, 금속구 직경 1/2in를 사용하여 측정하였다. sk-5강 경도의 측정은 은착색 전후를 측정하여 비교하였다.

Fig. 18. Rockwell Hardness tester.

4.4.4 내마모성 시험

마모시험기를 이용하여 원반형의 시편을 제작하고 1kg의 하중으로 1000회 회전시켜 감량된 시편의 무게를 mg단위로 측정하여 내마모성을 측정하였다. 이때 마모용 휠은 cs-17을 이용하였으며, 일정한 속도로 회전하고 있는 연마지(40 mesh)에 마찰시켜 제품의 마모정도를 평가하였다.

4.4.5 힌지의 신뢰성평가 시험

damper hinge의 신뢰성을 평가하기 재료의 특성을 파악하고 부품을 모두 조립한 다음 동작의 신뢰성을 평가하기 위하여 힌지내부에 진공오일을 주입하였으며, 이때 사용된 장비는 자체 가지고 있는 진공오일 주입기를 제작하여 개조하였고 진공오일을 주입하였다. 진공오일은 10만~60만 cst를 갖는 silicon oill을 사용하였으며, 6초간 −100Mpa의 힘으로 힌지내부의 공기를 흡인한 후 구리스를 주입하여 힌지내부에 실리콘 오일이 모두 채워지도록 하였다.

Fig. 19.에 진공배기장치, 오일주입 펌프, 오일주입 assembly으로 이루어진 힌지의 진공오일 주입기를 나타내었다.

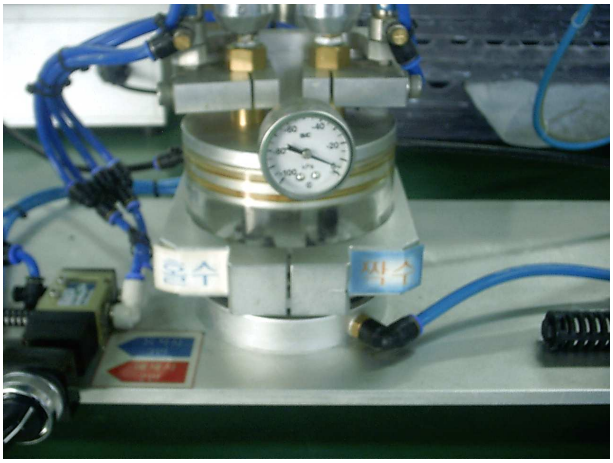


Fig. 19. Vacuum oil pouring machine.

실리콘 오일을 주입이 완료된 힌지는 damper 힌지의 동작 신뢰성을 측정하였다. 진공오일 주입전후의 무게는 10^{-3}g의 scale을 이용하여 측정하였으며, 이때 stopper를 제거한 상태의 힌지 Ass'y의 무게는 각각 18.1g 이었고, 진공오일 주입후의 무게는 20.4 g ±0.1범위에서 실시하였다.

신뢰성 평가는 자체제작한 신뢰성평가 tester을 사용하였으며, 개략적인 구조는

아래의 Fig. 20.과 같다. 신뢰성 평가 tester를 크게 대별하면, 도어동작 구동부, 도어정지 angle부, 도어 자동 개폐속도 및 도어 개폐시간을 측정하는 파워콘트롤부 등으로 나눌수 있다.

도어 동작 구동부는 2개의 펌프를 이용하여 도어의 개폐시간을 자동으로 콘트롤하도록 구성되었으며, 도어정지 angle부 또한 비데의 개폐특성에 따라 85°이상에서 자유자재로 제어하도록 제작되었다. 시간을 측정하는 time sensor을 이용하여 도어의 개폐시 정확한 개폐시간이 측정되도록 하였으며, 이때 damper hinge의 1회 cycle time은 도어의 open 각도에서 정지시 85-110°구간의 순간 정지시간(dewll time)은 2초, 자중에 의하여 도어가 낙하되는 시간은 동작시간에 따라 3초~ 10초였으며, 다시 도어가 원위치 되는 시간을 2초로 하여 총 10~17초로 20000회이상까지 실시하였으며 현재 기업에서 요구하는 3초이상의 down time을 나타내는 시제품을 합격으로 판정하였다.

실리콘오일이 주입된 시제품의 신뢰성을 측정하기 위한 시험품의 선정은 힌지 구성부품의 조립동작이 원할한 시험품을 가지고 동작 Jig를 이용하여 미리 동작해본 후 신뢰성 동작시험을 진행하였으며, 이때 동작특성에 문제가 없는 조립품을 선택하여 신뢰성 테스트를 실시하였다.

Fig. 21. 본 연구에서 제작된 damper hinge 신뢰성 테스트를 위한 도어의 동작 cycle time 공정을 나타내었다.

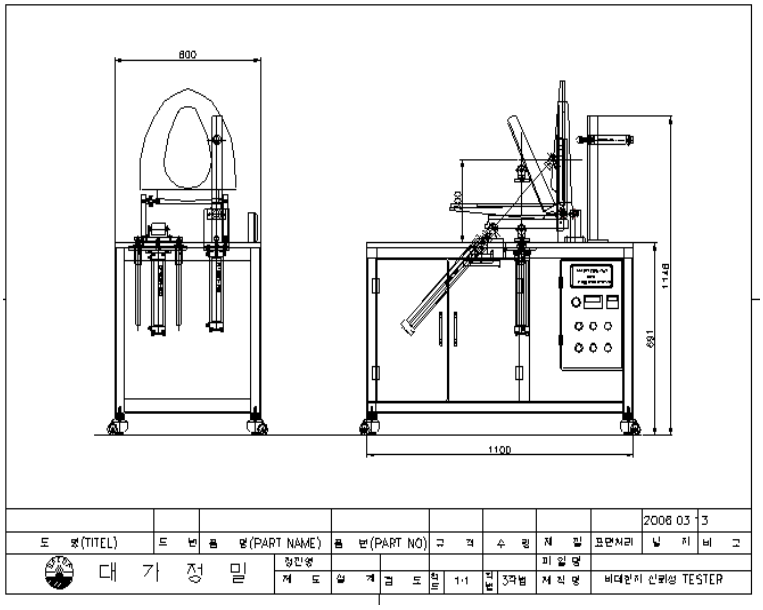


Fig. 20. Bidet hinge reliability tester.

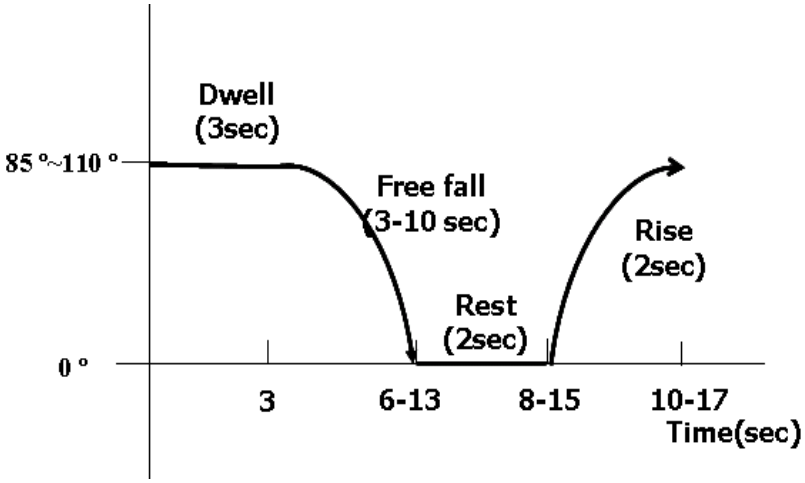


Fig. 21. The dynamic cycle of process for reliability test in damper hinge

제 5 장 실험결과 및 고찰

5.1 엔지니어링 플라스틱의 사출 최적 조건

사출성형은 주로 시간, 압력 및 금형온도, 보압에 따라 큰 차이를 보인다. 최근 급증하고 있는 여러가지 제품은 구성요소 중 회전운동을 주체로 하는 기구가 많다. 기어전동에 의한 기계부품이 일반적이며, 소형화 및 경량화 추세에 수반하여 엔지니어링 플라스틱에 대한 사출수요도 급속히 증가하는 실정이다. 성형공정중 충전과정에 있어서 금형내 수지의 유동상태에 대한 연구가 활발하다[18,19,20].

이것은 사출 성형품의 품질이 수지 충전과정의 유동상태에 크게 의존하고 있으며, 보압, 냉각, 수축 등의 해석을 위한 충전과정의 해석 결과가 필요하다.

그러나, 수지의 흐름은 비등온, 비정상적 및 용융수지 특유의 점탄성적 특성 때문에 대단히 복잡하며, 해석법이 점차 개발되어 오고 있다. 본 연구에서는 사출해석 S/W인 mould flow를 사용하여 사출 성형변수를 확인해 보고자 하였다[21]. 힌지재료의 이동축인 샤프트는 하우징과 더불어 샤프트의 회전시 치수의 정밀도가 구조물 및 기계장치의 작동에 중요한 역할을 한다.

보압시간이 게이트 응고시간 보다 짧으면, 캐비티 내의 높은 압력을 지닌 수지가 아직 응고되지 않은 gate를 통해 역류하게 되므로 캐비티 내의 재료부족으로 인하여 수축이 증가하게 된다. 반면 보압시간이 길면 역류현상이 나타나지 않아 수축이 작아지는 것으로 알려져 있다[22,23]. simulation한 결과는 3가지 case의 경우로 최적의 사출조건 및 gate위치를 선정하고자 하였으며 gate위치 선정을 위한 시뮬레이션 포인트는 Fig. 22.와 같다. Fig. 23.은 사출금형에서 시간대별 filling pattern를 나타내었다. 3종의 재료에서 모두 큰 차이가 없었으며, 사출시 흐름성에는 문제가 없는 것으로 분석되었다. 이것은 POM 및 N66수지의 사출조건이(보압, 보압시간, 수축)온도가 적절히 선정되었기 때문으로 생각된다.

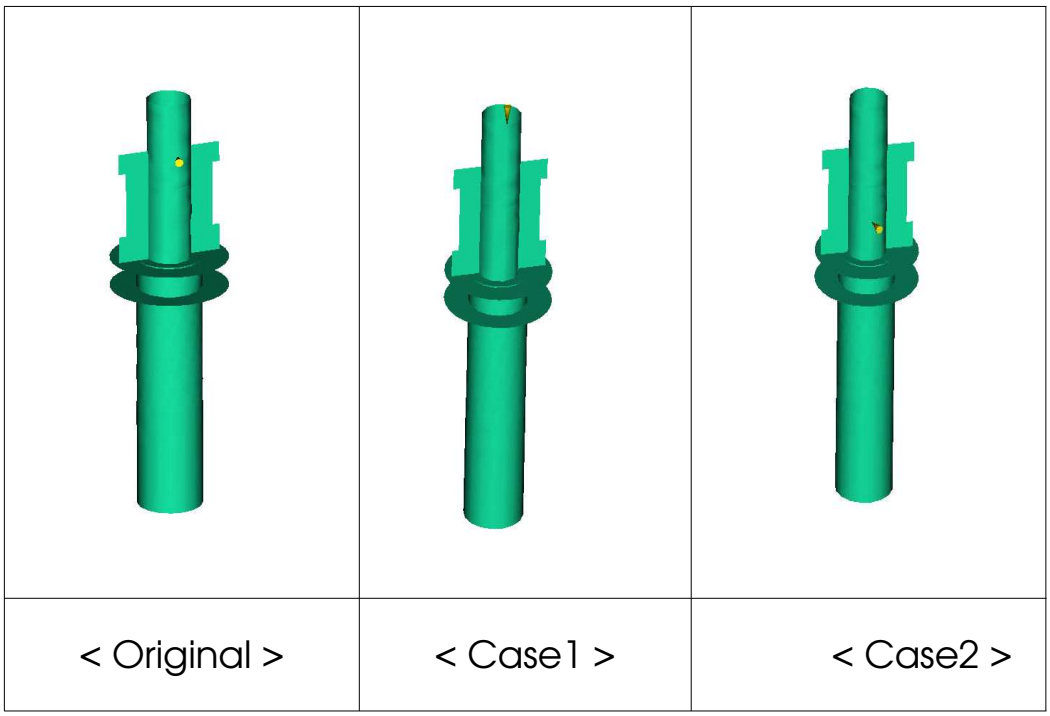


Fig. 22. Selection of the gate position.

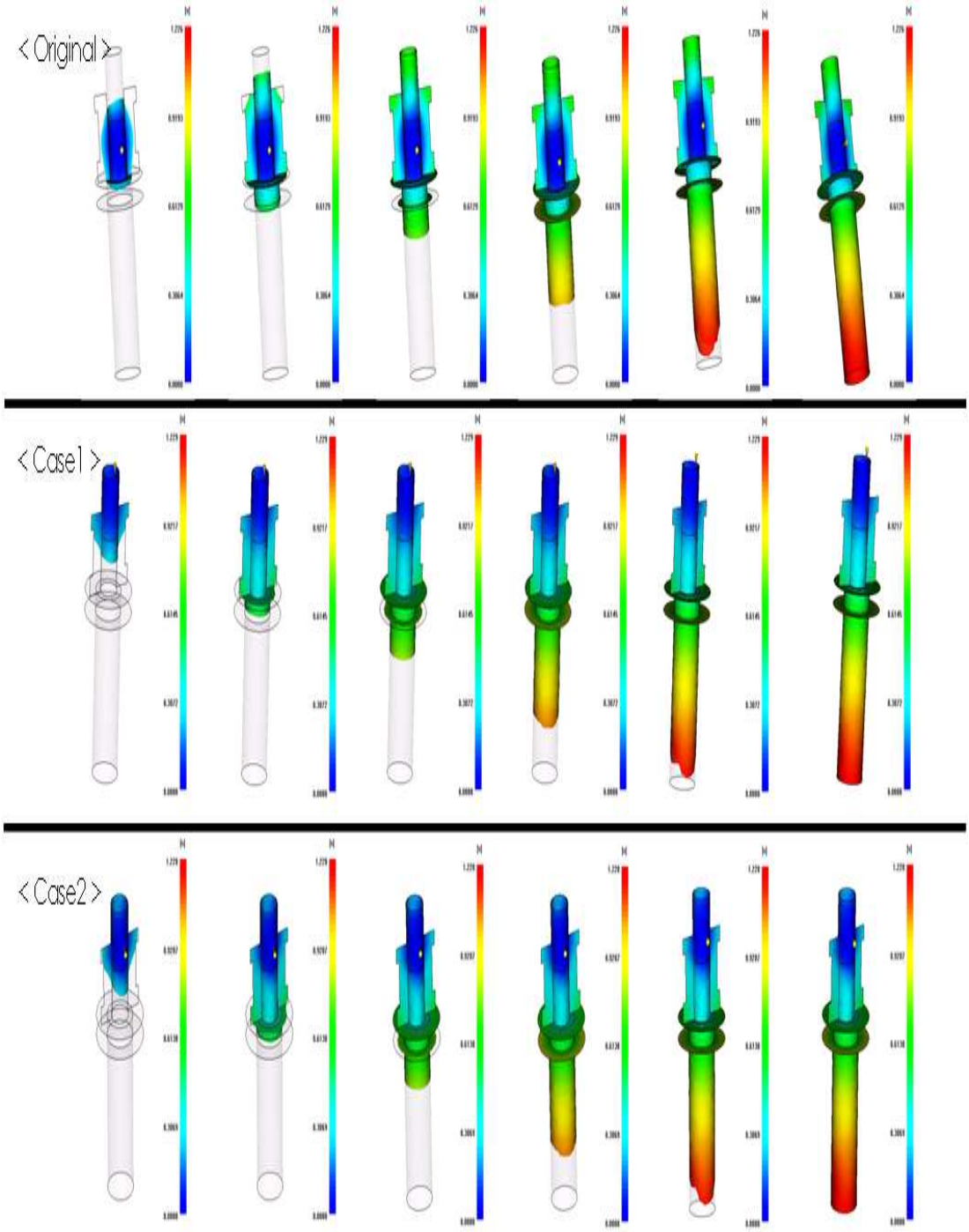


Fig. 23. Analysis of filling time with gate position.

Fig. 24.- Fig. 26.은 Table 3.의 simulation 사출조건으로 사출시 shaft 부품의 좌우 변형모습에 대한 직진도를 분석한 것이다.

Fig. 24는 N66(glass fiber 30%)의 경우로 Z평면상의 그림은 original 보다 case1의 gate 위치에서 대략 50% 적어진 직진도를 나타내고 있다.

Fig. 25.는 POM glass fiber 0%의 경우, original 보다 case1의 gate 위치에서 적어진 직진도를 나타내고 있으나, 3 경우 모두 큰 차이는 없으며, N66(glass fiber 30%)의 case1에 비하여 상당히 큰변형값 차이를 보여 N66가 POM glass fiber 0%보다 좋은 사출 안정성을 보인다.

Fig. 26.의 POM glass fiber 25%의 경우 POM의 경우와 마찬가지로 가장 큰 변형 부위는 original의 결과이고 전체 변형 값이 가장 작은 부위는 양끝 단이다.

상기의 simulation 결과는 가장 변형이 없는 부품을 생산하기 위한 샤프트 축의 직진도를 얻는데 중요한 자료로 사용되며, 변형이 없는 직진도를 갖는 샤프트의 제작은 힌지의 동작성과 직접적인 연관성을 가지고 있으므로 신뢰성에 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 본 개발에서는 상기의 결과를 토대로 gate위치는 case1을 선정하였으며, 실제 금형제작 및 시사출을 위한 자료로 사용하였다.

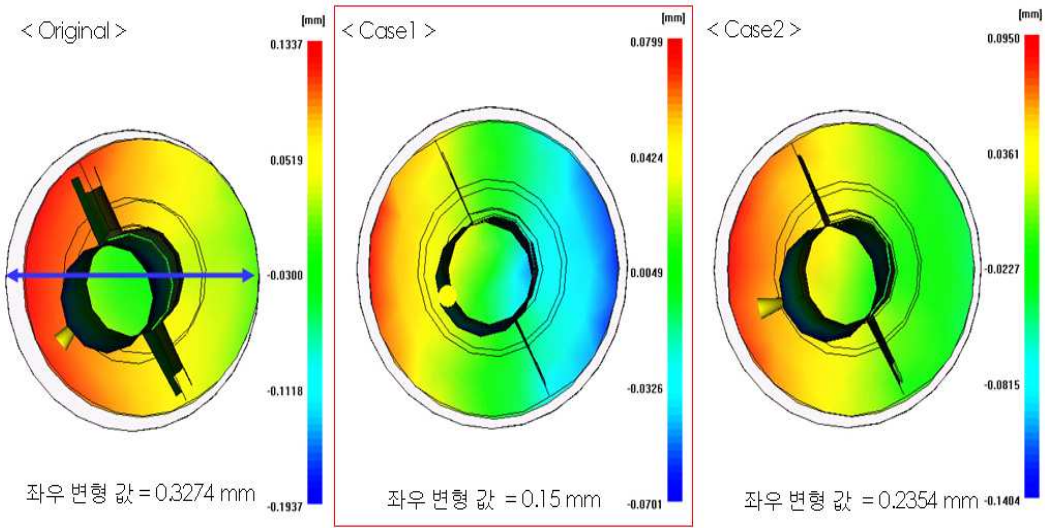


Fig. 24. Simulation results of the deformation of N66(glass fiber 30%).

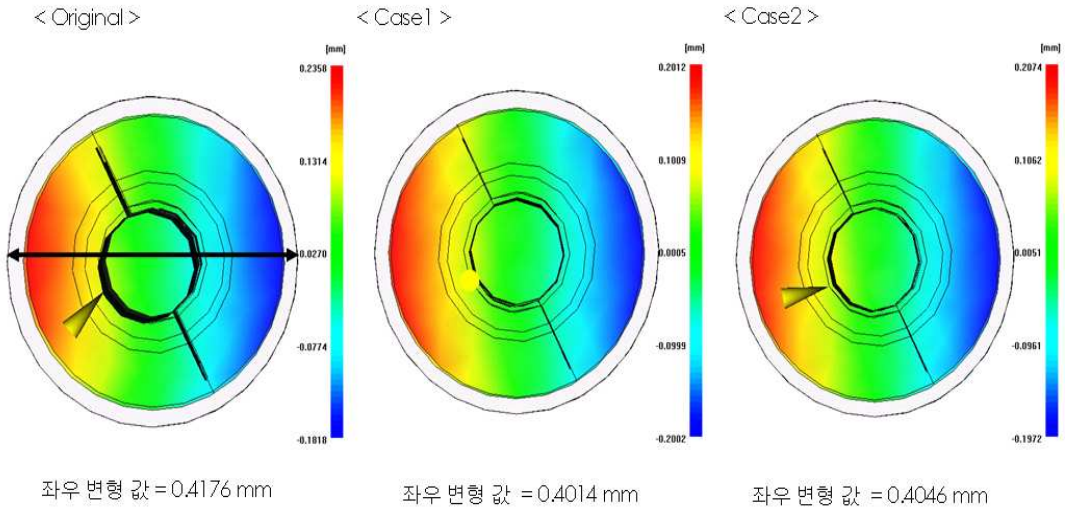


Fig. 25.Simulation results of the deformation of POM(glass fiber 0%).

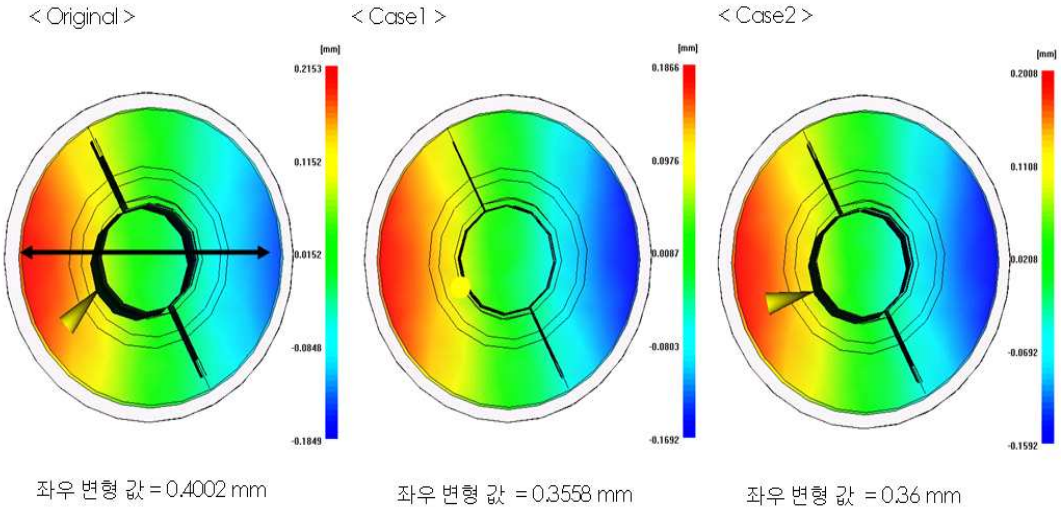


Fig. 26. Simulation results of the deformation of POM(glass fiber 25%).

사출금형의 최적조건을 얻기 위하여 Fig.27.의 사출기로 시사출을 시행하였다.

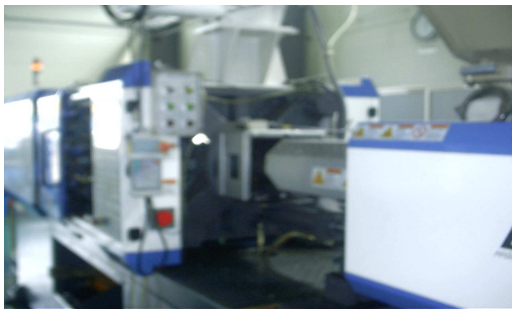


Fig. 27. Injection moulding machine(250ton).

사출은 각 부품의 크기 및 형태에 따라 사출조건에 따른 변형이 다르게 나타나며 시사출을 통하여 부품의 치수를 측정한 결과, 동작에 가장 큰 영향을 미치는 body(하우징)과 shaft의 부품별 사출조건을 나타내었다. 상기 그림의 사출기에서 시사출을 통하여 얻어진 사출금형의 최적조건의 결과를 Table4.에 나타 내었다.

Table 4. The optimum condition of injection mould.

소재	건조	실린더 온도 (℃)	사출압력 (kg/cm^2)	금형온도 (℃)	보압시간 (sec)	냉각타입	비고
아세탈	110℃, 240분	210℃	310	55	8	chiller	하우징(body)
	90℃, 180분	210	660	55	5	chiller	샤프트(shaft)
N66	120℃, 240분	295℃	280	60	7	chiller	하우징(body)
	110℃, 180분	295℃	630	60	4	chiller	샤프트(shaft)

5.2 힌지재료의 기계적 물성측정 결과

POM의 정상적인 물성을 확인하기 위하여 상기의 조건(Table 4)으로 적절한 mold에서 사출을 실시한 후, 물성측정용 시편을 가공하였으며 상기의 측정방법으로 측정하고 그 분석결과를 제시하였다. 측정은 최소 5회 이상씩 측정되었으며, 결과는 최대최소값을 제외한 산술 평균값으로 제시하였다. 제작된 시편의 형상을 Fig.28.에 나타내었다.

인장시편 굴곡강도(탄성율) 내마모성 측정

Fig. 28. Fabrication of POM specimen.

POM 재료의 인장시험, 굴곡시험, 경도시험, 내마모성 시험을 통하여 측정한 결과치를 Table 5에 나타내었다.

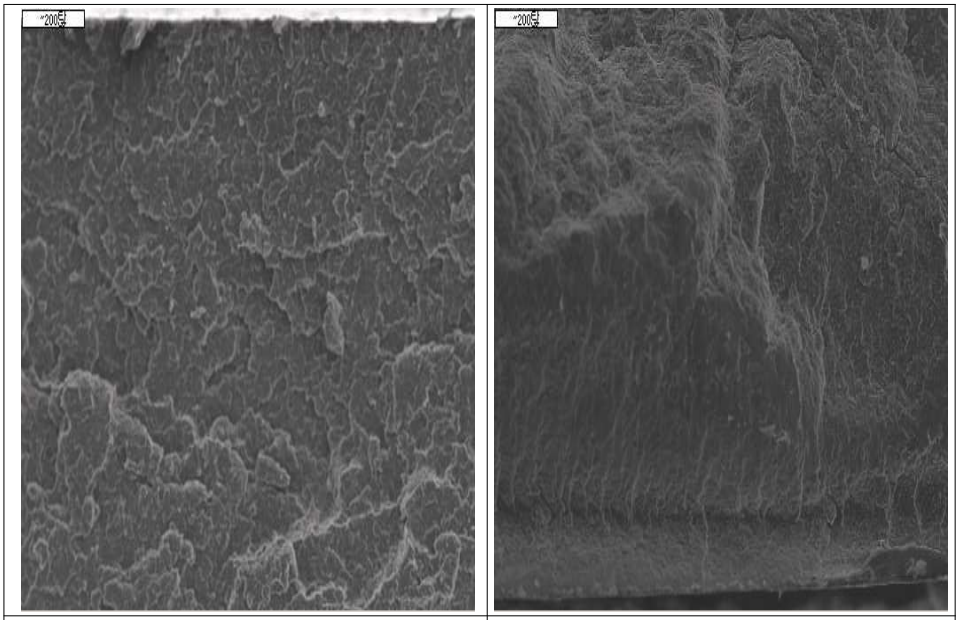
Table 5. Mechanical properties of POM.

구 분	POM 1	POM 2	N66
성 분	glass fiber 0%	glass fiber 25%	glass fiber 25%
인장강도(kg/cm^2)	633.5	690.2	698.3
굴곡강도(kg/cm^2)	992	985	977
굴곡탄성율(kg/cm^2)	28,200	30,420	31,280
경 도(RB)	114	118.5	116.6
내마모성	0.38	0.36	0.35

Table 5.에 나타낸 것처럼 POM의 기계적 물성치는 연구자들의 결과 치와 거의 근접하고 있음을 알 수 있었고, 이는 힌지재료로서 양호한 재료 적용을 위한 근거로 사용하였다.

POM의 재질의 양호성 여부를 판단하기 위하여 표면 및 파단후 단면을 SEM으로 관찰하였다. 일반적으로 성형품의 파손 불량은 주로 두가지 요인에 근거한다. 부적절한 가공(성형, 후가공)과 부적절한 제품 설계인데 파손된 성형품의 불량 분석을 통하여 불량의 분석 및 제품이 가지고 있는 최선의 물성을 얻기 위한 가공조건을 최적화 할 수 있다.

파면의 초기부와 최종부를 관찰한 결과, 엔지니어링 플라스틱의 양호한 파단면(Fig. 29.)을 나타내고 있으며, 상기에서 적절한 기계적 특성이 나온 이유는 상기의 사출성형 조건변수가 양호하여 품질에 큰 영향을 주지 않았기 때문으로 생각되며, 용융수지 온도, 보압, 보압시간 뿐만아니라 온도구배 등이 균일한 결정화가 일어날 수 있는 조건이 확보되어 크랙 침식 및 다른 결함이 없는 사출조건이 형성되었기 때문으로 사료된다.



POM 파면의 초기부	POM 파면의 최종부

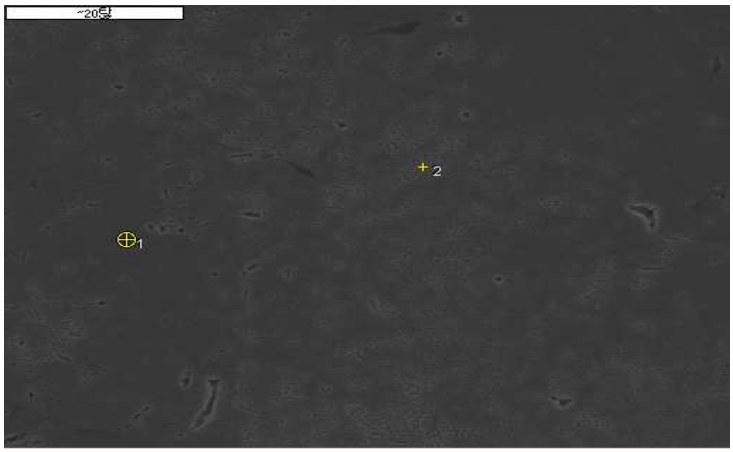
Fig. 29. Cross sectional view of POM fracture surface.

구동하는 힌지는 구동부의 치수정밀도가 구조물 및 기계장치의 작동과 안전유지에 중요한 역할을 한다. 각종 기계 구조물에 이용되고 있는 힌지의 접촉면은 미약한 상대운동이나, 진동 등에 의해서 마찰되고, 마찰되고 있는 구조물의 금속표면은 마멸이 발생한다[24].

시험에 사용된 sk-5강의 경도 및 부식특성을 알아보기 위하여 경도 측정 및 염수분무 시험을 시행하였다. 경도측정은 Rockwell 경도기를 사용하여 측정하였으며, 측정결과 RB로 210 이상을 기대하였으나, 136 정도의 값을 얻을 수 있었다. 이는 프레스시 발생한 응력을 조치하지 않은 결과로 해석된다. 염수분무 시험 후에 부식현상을 알아보기 위하여 염수분무 전후의 SEM 사진을 촬영하였으며 염수분무시험은 염수 5%에서 8시간 분무, 16시간 휴지의 조건을 1cycle로 하여 총 5회를 실시하였다. 은착색을 하지 않은 시편에서 발청등 국부적인 부식현상이 진행되었다. (Fig.30.). Kwak[24]등의 연구에 의하면, STC4(탄소 공구강), SM20C(일반 구조용강) 및 BsC3(황동주물)재의 찰과마멸 거동을 관찰한 결과, 이종금속간의 마멸에 의하여 힌지 재료의 전위가 증가하는 것을 보였는데, 이는 마찰력에 의한 표면경화가 원인인 것으로 밝히고 있다.

본 연구에서도 마찰거동을 관찰하여야 하나, 진행되지 못하였으며 향후에 부식환경 조건 하에서 부식특성에 대하여 연구가 필요할 것으로 생각된다.

Fig. 31.은 sk-5강을 프레스 한후, 부식을 막기위해 은착색한 시편으로서 염수분무 시험 전후의 시편을 SEM 으로 촬영한 사진이다. 염수분무 시험 후의 적녹은 발생하지 않았으며, sk-5강은 은착색을 실시하면, 힌지의 stopper로서 부품사용에 대한 큰 문제는 나타나지 않을 것으로 사료된다. 이는 표면에 형성된 안정화된 Fe화합물과 Ag의 화합물이 안정상을 이루기 때문으로 생각된다.

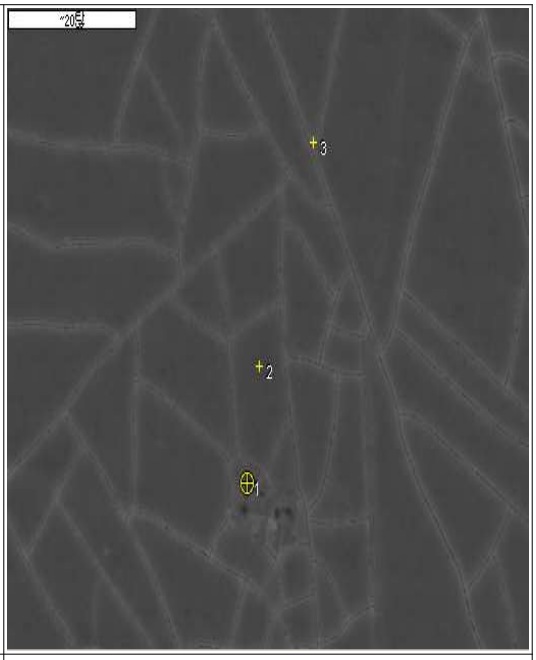


1번	Type	Corrn.	Corrn.	%	%	%
Si K	ED	0.626	0.99	0.22	0.07	0.44
P K	ED	0.981	0.99	-0.40*	0.09	-0.72*
S K	ED	0.849	0.99	-0.56*	0.08	-0.98*
Mn K	ED	0.977	1.00	0.06*	0.13	0.06*
Fe K	ED	1.000	1.00	100.91	0.29	101.32
Ag L	ED	0.849	0.96	-0.23*	0.22	-0.12*

2번	Type	Corrn.	Corrn.	%	%	%
Si K	ED	0.626	0.99	0.38	0.08	0.76
P K	ED	0.980	0.99	-0.50*	0.09	-0.91*
S K	ED	0.848	0.99	-0.61*	0.08	-1.06*
Mn K	ED	0.976	1.00	0.06*	0.13	0.07*
Fe K	ED	0.999	1.00	100.68	0.30	101.15
Ag L	ED	0.848	0.96	-0.01*	0.23	-0.01*

Fig. 30. SEM potograph of SK-5 steel.

(은착색후)염수분무 시험전



(은착색후) 염수분무 시험후

Type	Corrn	%	%	Atomic%	
Si TK ED	0.749	0.99	0.06*	0.61	0.11*
P K ED	1.131	0.99	11.49	0.82	17.18
S K ED	0.844	0.99	20.75	1.02	29.98
Mn K ED	0.900	1.00	12.25	1.23	10.32
Fe K ED	0.929	1.00	46.51	1.76	38.57
Ag L ED	0.727	0.96	8.93	2.32	3.84

은착색후 염수분무 시험전 EDX

Type	Corrn	%	%	Atomic%	
Na K ED	0.770	0.86	58.61	0.62	77.35
Si K ED	0.570	0.99	0.70	0.16	0.75
P K ED	0.894	0.99	2.05	0.19	2.01
S K ED	0.762	0.99	0.96	0.16	0.91
Mn K ED	0.872	1.00	1.93	0.32	1.06
Fe K ED	0.895	1.00	30.0	0.53	16.30
Ag L ED	0.757	0.96	5.75	0.56	1.62

은착색후 염수분무 시험후 EDX

Fig. 31. SEM potographs before and after salt spray test of SK-5 steel. (after Ag colorring treatment).

sk-5강의 특성을 알아보기 위하여 경도 측정, 염수 분무시험, 동작성 시험을 시행한 결과를 Table 6에 정리하였다.

Table 6. Mechanical properties of SK-5 steel.

구 분	단위	측정치	결과판정	비고
염수분무 시험	cycle	5	양호	육안검사/ sem관찰
경도측정	R_B	136	동작성에서 양호	양호하나 검토필요
동작의 신뢰성	20000회	20000회	양호	육안검사

5. 3 신뢰성 평가시험 결과

5.3.1 틈새의 영향

하우징과 shaft간격(gab size)에 대한 도어의 down time의 변화는 damper hinge의 동작을 구현하는데 아주 기초적인 자료이다. gab size의 영향을 Fig. 32.에 나타내었으며, 이때 사용한 실리콘 오일의 점도는 40만 cst, 오일량은 2.0g, 도어무게는 0.88 kg 이었다.

이 결과로부터 소형힌지의 민감성을 나타내고 있으며, 유체가 동작하는 기구적 설계는 damper 동작에 아주 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. gap size가 증가함에 따라 도어의 down time은 급격히 감소하고 있으며, gap size가 0.02mm인 경우 0.1mm인 경우에 비하여 약 40% 정도의 down time이 감소하였다. 이는 비데의 속도감소를 의미하며, 밀폐된 도관을 흐르는 평행한 환형의 유체이동에 대하여 식(3.13)과 식(3.17)에서 알수 있듯이 shaft와 housing의 간극이 증가하면 증가할 수록 유량이 증가하여 실리콘의 마찰력이 도어의 자중 낙하에 대한 항력보다 감소하여 나타나고 있음을 알 수 있다.

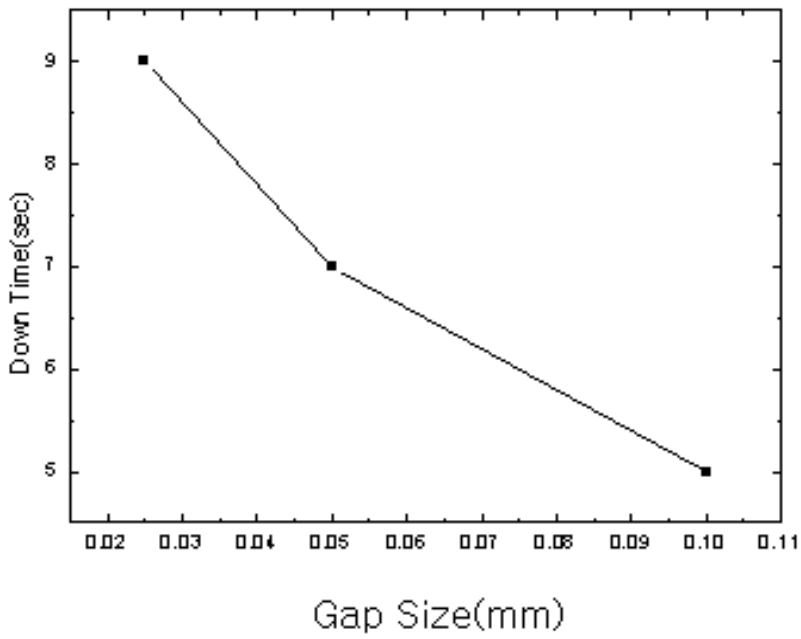


Fig. 32. The change of down time with gap size difference(between housing and shaft).

5.3.2 도어무게에 따른 속도의 영향

도어 무게에 따른 도어의 동작성을 알아보기 위하여 down time의 변화를 측정하였다. 여기서 사용한 도어무게는 각각 변개(cover door, 0.88Kg), 변좌(seat door, 1.08kg)이었으며, 이때 사용한 실리콘 오일의 점도는 40만 cst, 오일량은 2.0g이었다. 아래의 Fig. 33., Fig. 34는 힌지에 오일주입후 무게가 다른 도어에 장착시킨 오일주입 전후의 힌지 ass'y의 무게 및 down time을 측정한 결과이다. 오일주입량에는 큰 변화가 없으며, 5회의 힌지 down time을 측정한 결과 down time의 spec에서 벗어나는 결과는 나타나지 않았으나 일정한 값을 얻을 수는 없었다. 그러나, 도어의 무게가 증가하면 도어의 down time은 감소하며, down time의 편차는 심해지는 경향이 확인되었는데 이는 body, shaft, O-ring 등의 형합성에 기인하여 나타나는 민감한 결과로 해석된다.

비데의 신뢰성은 각 부품요소간의 설계 정밀도, 형합성, 오일의 적절한 사용 등에 의하여 결정된다. 본 연구에서는 최종적으로 설계된 힌지를 사용하였으며, gab size 0.02mm, 동작범위 0-90°, 오일점도 40만-60만 cst, 오일중량 2.0g, dwell time 3초, down 동작시간 3-8초, 시험은 대기 중에서 실시하였으며, 이때 신뢰성 cycle 수는 기업체에서 요구하는 20000 이상으로 하였고, 동작횟수는 분당 약 5회로 하였다.

Fig. 35와 Fig. 36은 door 무게를 달리하고, 오일점도 60만 cst, 오일중량 2.0g, cycle 횟수를 20000회까지 진행하였을때 신뢰성 결과를 나타내었다.

Fig. 35는 cover door(0.88kg)에 힌지를 장착시 도어에 대한 힌지의 신뢰성을 측정한 결과로서 cycle 횟수가 증가함에 따라 도어의 down time은 초기에 setting 값보다 1-2초 가량 상승하고 있으나, 18000회 까지 완만하게 저하되는 경향을 보이고 있으며, 18500회 이상에서 급격히 감소하고 있음을 보인다. 그러나, 이 속도는 실제 제품에서 요구하는 수준이상의 spec을 요구하고 있으므로 제품의 신뢰성에는 큰 문제가 없는 것으로 확인되었다.

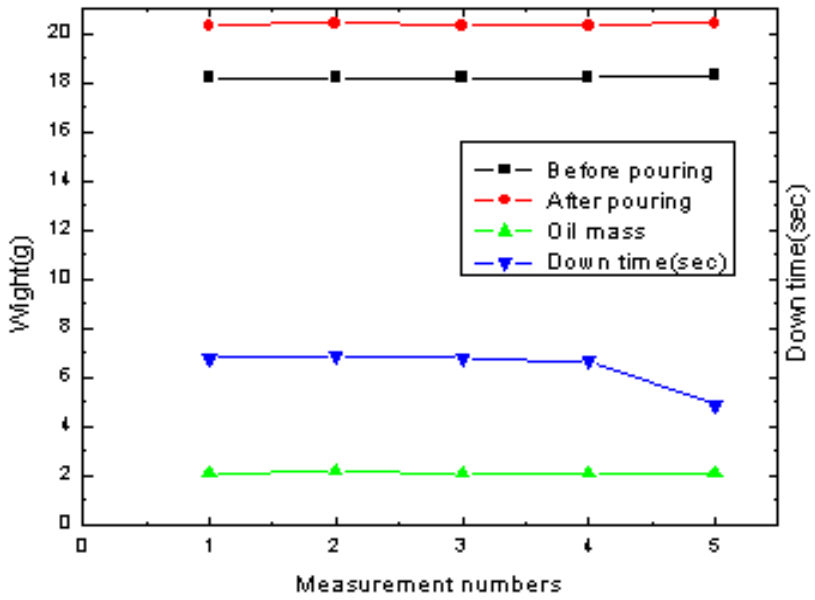


Fig. 33. The change of down time with door weight(cover door weight 0.88 Kg, η= 400000 cst).

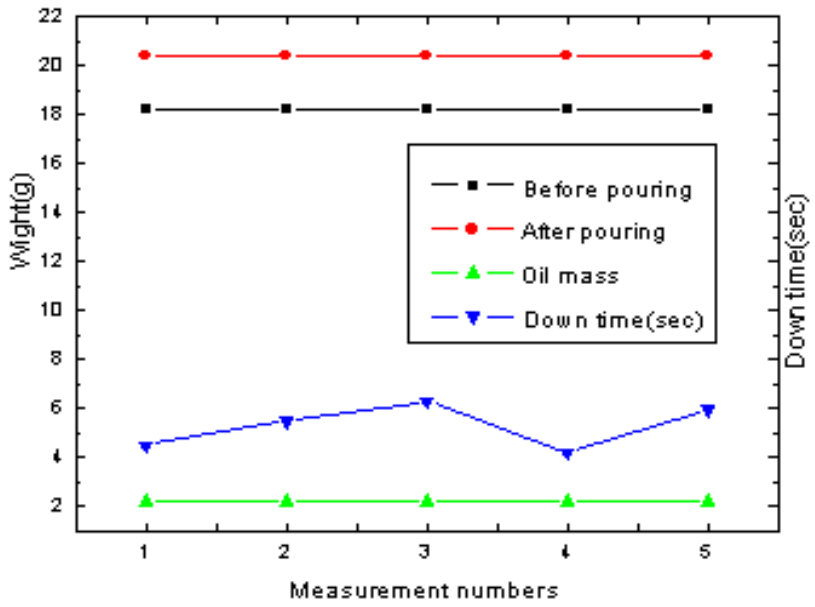


Fig. 34. The change of down time with door weight(seat door weight 1.08 Kg, η=400000 cst).

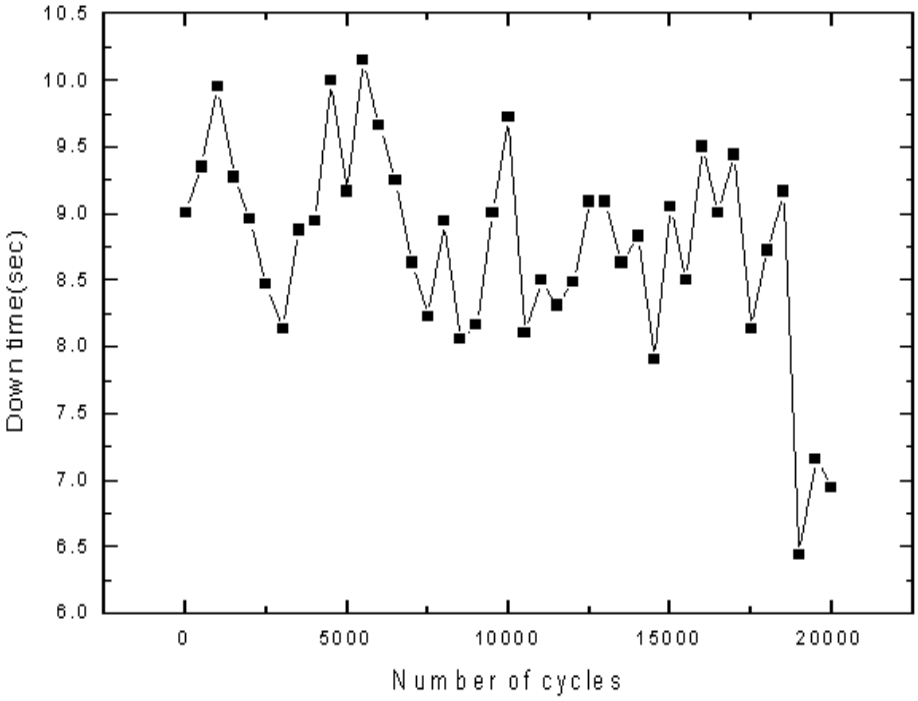


Fig. 35. .The change of down time with cycle numbers(cover door weight 0.88 Kg, η=600000 cst)

Fig. 36은 seat door(1.08kg)에 힌지를 장착시 도어에 대한 힌지의 신뢰성을 측정한 결과이다. cycle 횟수가 증가함에 따라 도어의 down time은 초기에 setting 값보다 1.5 초 가량 상승하고 있으나, 15500회 까지 완만하게 저하되는 경향을 보이고 있으며 16000회 이상에서 급격히 감소하고 있음을 보인다.

Fig. 35와 Fig. 36에서 cycle 횟수가 증가함에 따라 전체적으로 도어의 down 속도는 증가하고 있으며, seat door에서 속도의 증가가 더 크게 나타나는 이유는 도어의 무게가 증가한 때문이다. 또한, 안정한 동작속도 범위(0-15000 cycle횟수)에서 seat door의 down 속도의 변화폭이 더 심하게 나타나는 이유는 도어의 무게가 가벼울 경우 형합성에 영향이 더 크게 미치기 때문으로 생각된다. 여기에서 cover door는 실제 제품에서 요구하는 수준 이상의 spec을 만족하고 있으나 seat door(Fig. 36)은 17500회의 동작이상에서는 요구하는 down time보다 낮은 down time을 보여 동작신뢰성에 적절하지 못한 결과를 보이는 것으로 확인되었다.

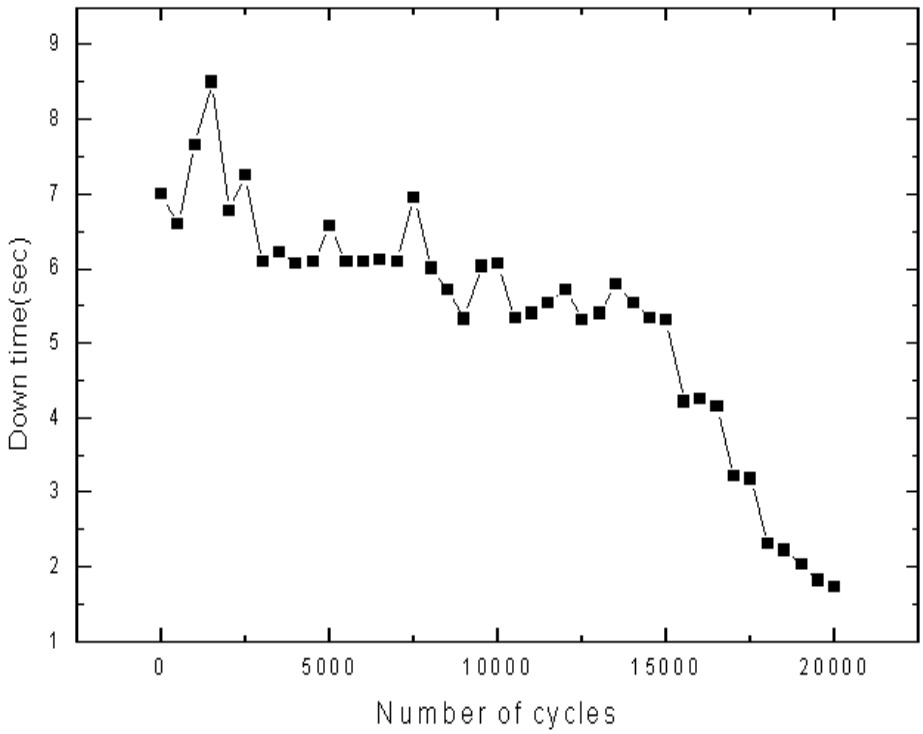


Fig. 36. The change of down time with cycle numbers(seat door weight 1.08 Kg, η=600000 cst)

Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39는 door 무게를 달리하고 및 click 장치(stopper) 유무에

따른 신뢰성의 결과를 나타내었다. 이 때. 오일점도는 40만 cst, 오일중량 2.0g, cycle 횟수는 35000회까지 진행되었다.

도어의 무게를 달리한 Fig. 37, Fig. 38에서 전체적인 down time은 cycle 횟수가 증가함에 따라 감소하고 있으며, 3단계의 뚜렷한 down time의 변화를 보여주고 있다. 즉, 초기단계인 cycle 횟수 5000회 까지는 down time이 급격히 감소하고 있으며, 2번째 단계인 5000회부터 20000회 까지는 약 ±0.5초 정도의 변화폭을 가지면서 거의 일정한 수준으로 감소하였다. 또한, 3번째 단계인 20000회부터 이상부터는 다소 변화 폭을 줄이면서 down time의 변화 폭이 좁게 형성되어 있음을 알 수 있다. 여기에서 단계별 하강 속도변화에 대한 결과는 실리콘 오일의 점도가 가장 큰 영향을 미친 것으로 사료되며, 지속적인 반복 동작에 따른 오일의 온도상승 변화도 고려해 볼 수 있다.

본 결과로부터 예상할 수 있는 것은 초기단계의 급격한 down의 감소는 초기의 형합성이 다소 불안하여 안정화 되기전의 과정에서 마찰부의 동작과정에서 예상할 수 있는 힌지내부의 온도변화 및 실리콘 오일의 온도상승으로 오일점도 감소의 결과로 해석되며, 2단계에서는 형합성이 양호해지고 일정한 변화폭을 가지기 시작하면서 부터 하우징과 shaft 간의 형합성이 점차적으로 안정화되어 나타난 결과로 사료된다. 3단계는 2단계의 일정한 변화폭보다 작은 down time의 변화폭의 단계로 형합성 및 실리콘 오일의 온도변화가 이 더 이상 발생하지 않는 단계로 마찰요소의 변화에 대한 안정화가 지속되어 나타난 결과로 생각된다.

또한 목표로 했던 도어의 down time은 벗어나지 않고 있어 신뢰성 측면에서 60만 cst의 점도를 가지는 실리콘 오일의 경우보다 40만 cst의 점도를 가지는 경우가 마찰력의 적합성을 나타내어 얻고자하는 양호한 신뢰성 특성을 나타나고 있음을 알 수 있다. 이는 실리콘 오일의 점도와 도어무게에 따른 형합성, 내부 실리콘오일의 온도변화, 마찰특성에 따른 변화로 예상된다. 그러나, 여기서는 힌지의 동작횟수 증가 및 오일점도에 따른 힌지내부의 온도변화를 측정하지 않은 결과이므로 향후 이 분야에 대한 역학적, 화학적 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것으로 생각

된다.

5.3.3 클릭장치의 영향

Fig. 39의 click장치를 제거한 상태의 결과에서도 Fig.38의 결과와 상이한 결과를 나타내고 있다. click을 제거한 동작상태에서 최대 down time이 약간 낮게 나타나고 있으나, 이는 click 제거상태의 영향일뿐 전체적으로 속도변화는 같은 경향을 보이고 있다. 17500회 근처에서 나타나는 일시적인 큰 폭의 down time 감소가 일어났으나 17500회 이후에는 다시 복원되는 결과를 보였다. 이는 일시적으로 하우징과 shaft 간극사이에 이물질이 혼입되어 나타난 결과로 생각된다. 힌지가 동작시 이물질의 혼입 및 유체와 힌지 내부마찰은 실리콘 오일의 점도변화, 내부물질의 변화 등으로 인하여 힌지동작을 방해할수 있을 뿐만아니라, 유체유압 유동시 작은 간극 사이에서 형합성 및 면압등을 상승 또는 감소시켜 나타날 수 있는 것으로 보고된다.

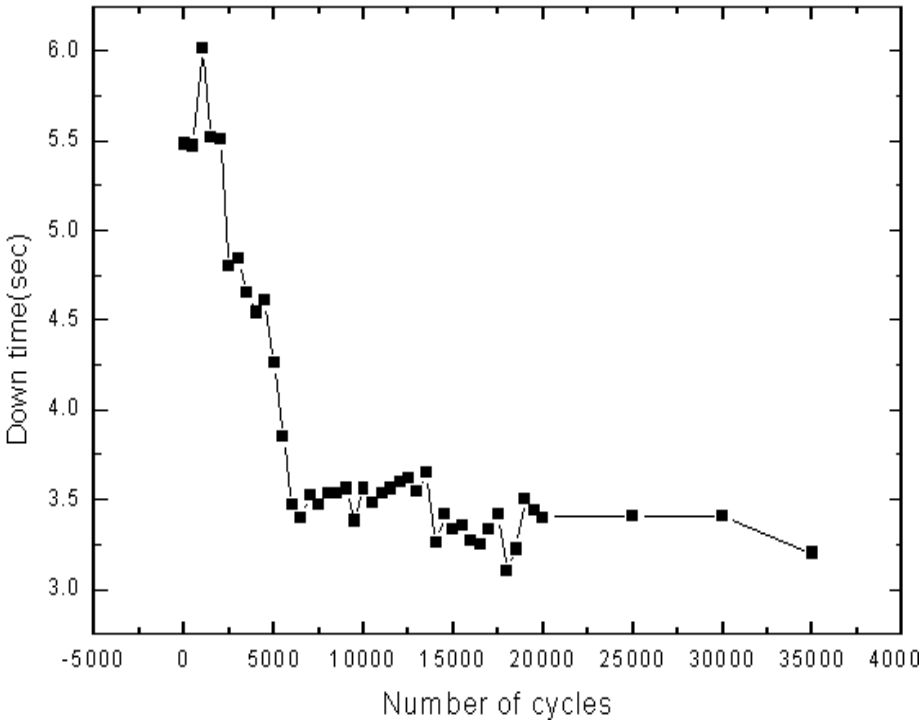


Fig. 37. The change of down time with cycle number(cover door weight 0.88 Kg, η=400000 cst)

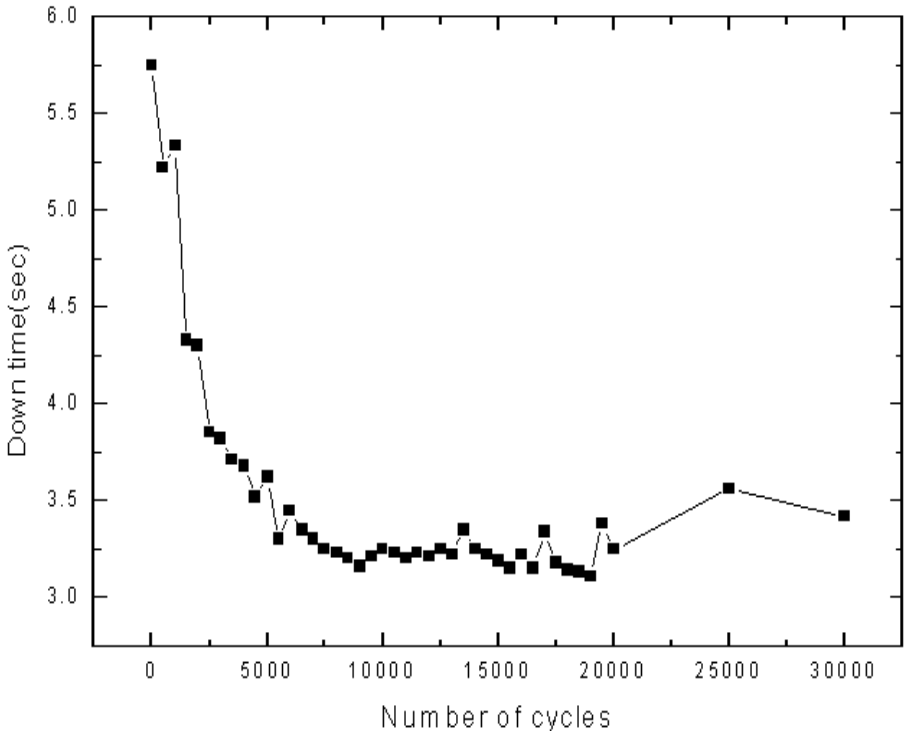


Fig. 38. The change of down time with cycle number(seat door weight 1.08 Kg, η=400000 cst)

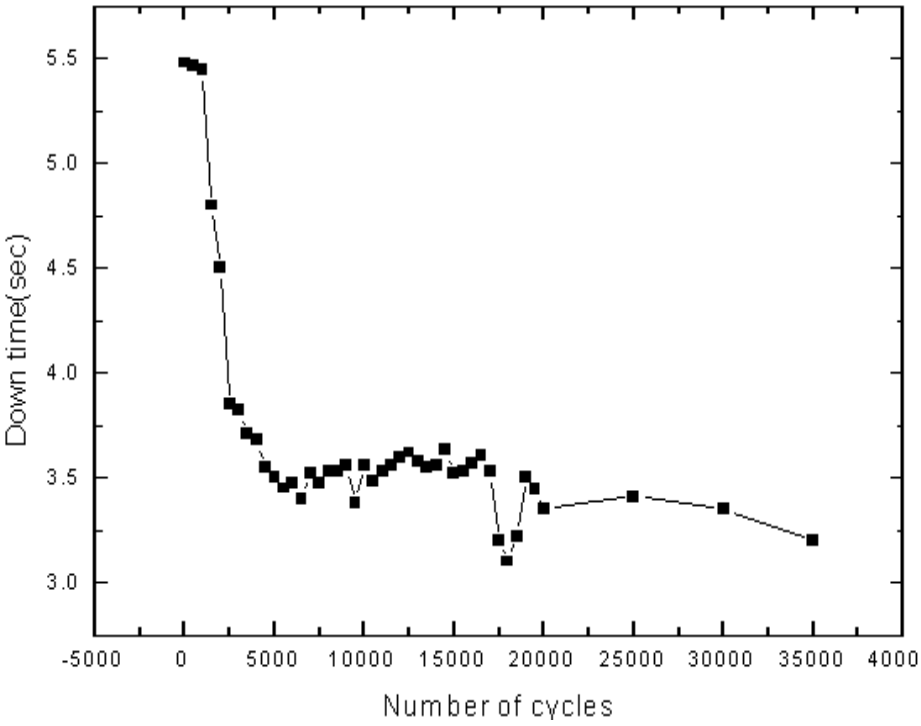


Fig. 39. The change of down time with cycle number(cover door weight 0.88 Kg, η=400000 cst, without click installation)

제 6 장 결 론

본 연구에서는 탄성폴리머(POM) 및 sk-5강을 이용하여 고급 비데용 및 소형가전 도어(도어무게: 1kg급 및 1.5-2kg급)에 적용할 수 있는 damper hinge를 개발하였으며 전자제품의 고급화 이미지, 소비자의 작동감성을 발휘함과 동시에 일정각도에서 정지기능이 추가된 constant angle stop→slow down형 기능성 힌지를 제작하였다. 또한, gab size 0.02-0.1mm, 동작범위 0-90°, 오일점도 40만-60만 cst, 오일중량 약 2.0g, dwell time 3초, down 동작시간 3-8초의 조건으로 신뢰성을 측정한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 힌지의 대부분을 이루고 있는 POM 재료의 기본물성을 측정한 결과 결함이 없는 양호한 재료특성을 갖는 최적의 사출금형 조건을 확인하였다.

2 양호한 사출금형의 gate 위치를 선정하고자 simulation 한 결과, case1의 경우에서 동심도 및 직진도가 가장 우수하였다.

3. 힌지의 동작특성을 결정하는 하우징과 샤프트 간의 간격에 대한 도어의 다운타임을 측정한 결과 2/100정도의 틈새를 갖는 힌지의 결합의 다운타임이 가장 느린 속도를 나타냈으며, 1/10의 틈새를 갖는 경우에 비하여 40% 이상 느린 속도의 차이를 보였다.

4. 도어의 무게에 따른 속도의 영향을 측정한 결과 도어의 무게가 300g정도 가벼울때, 속도는 약 30% 정도의 느려지는 결과를 보였다.

5. damper 힌지의 신뢰성을 측정한 결과 cycle number가 증가함에 따라 속도는

감소하는 경향을 보였고 3단계의 단계별 변화경향이 나타났으며, 도어의 무게가 가벼우면 속도의 변화폭이 심화되는 경향을 보였다. 이는 형합성, 힌지내부의 오일의 온도변화 등에 의한 영향으로 사료된다.

6. 본 연구에서 제작된 damper 힌지는 오일점도 40만 cst, 약 도어무게 0.8-1.5kg 정도, down time 3-5초의 spec에 대하여 신뢰성, 동작성, 재료의 양호 측면에서 모두 적절한 것으로 판명되었다.

참 고 문 헌

1. http://www.pkt.name/new/index.asp
2. 정주화, 김상권., “ 토오션 바아형 트렁크 덮개 힌지 스프링의 설계”., 대한기계학회지, Vol. 26, No. 5., 366-374, 1986.
3. Youngsoo. Kim.,"A Study of Shrinkage Phenomena on Injection Moled Pa Metal Insert"., SAE No 한국자동차공학회 논문집 제 7권 제 9호 pp112-118(2003)3.
4. 김현필, 김용조., “게이트 위치결정을 위한 사출성형 유동해석”추계학술대회 논문집(Ⅱ), pp. 786-790, 1998.
5. Nam-In Kwak et.all., "Effect of Corrosion Environment On the Fretting Wear Corrosion of a Hinge Material(Ⅰ)"., KIGAS, VOL.4., No.1., March. 26-32(2000).
6. Herbert H. Uhlig and R. Winston revie, "Corrosion and corrosion control"., 157-162(1984)
7. 윤병하, 김대룡 역저, “금속의 부식과 방식의 개론”., 141-142(1994).
8. Mark R. Jolly, Jonathan W. Bender, and J David Carlson., "Properties and Applications Comercial Magnetorheolgical Fulids" J. of Intelligent Materrial System and Structures, Vol. 10, No. 1, pp 5-13, 2000
9. G. Yang, B.F. Spencer Jr., Carl J.D and M. K. Sain, "Large- scale MR Fluid Dampers : Modeling Dynamic performance Considerations", Engerneering Structures, Vol. 24, No, 3, pp. 309-323, 2002.
10. Lee H. S., Choi S. B. and Lee S. K., "Vibration Control of a Passenger Vehicle Featuring MR Suspension Units", Transaction korean Society for Noise and Vibration engineering, Vol. 11, No. 1, pp. 41-48.
11. Robert L. Norton, "Machine design, An Intergrated Approach", Prentice Hall, 2002.

12. Robert L. Norton, "Design of machinery, 3rd Edition" McGraw-Hill, 2004.
13. J. Amer. Chem. Soc. 77. 5017(1995)
14. J. Appl. Physics. 17. 1020(1946)
15. Doklady Akad. Nauk. U.S.S.R. 89., 65(1953)
16. David R. Gaskell., "Introduction to Trasfort Phenomena in mateials Eegineering", Macmillan Publishing Company, new York, P. 33-35, 1992.
17. 노병준, 박종호 공저.,"유체역학", 동명사, pp 239~243., 1998.
18. Shebelis. G. and Friedl. C., "The Importance of Low Temperature Visicosity to CAE Injection Molding Simulation", SPE ANTEC Technical papers, pp. 945-957, 1994
19. 차재우., "CAE를 활용한 사출성형품의 해석", 연세대학교, 1995.
20. Colin Austin., "Shrinkage Data in Moldflow's CAE Analysis", Moldflow Pty.Ltd., 196-220(1992).
21. Moldflow Pty. LTD., "Moldflow Training Manual", Release 9.1, pp. 168-174(1996).
22, Peter Kennedy, " Flow Analysis Reference Manual", Moldflow Pty. LTD., pp. 142-167(1993).
23. R.G.W. Pye " Injection molding design" fourth edition Longman scientific & technical pp. 135-146, 1995.
24. Nan In Kwak, Uh Joh Lim and Jong Rark Lee, "Behaviour of the Fretting Wear and Corrosion Characteristics on a Hinge Material" J. KIGAS., Vol.3, No.3, December, pp. 39-44, 1999.