

6시그마를 이용한 유연승강부품에 관한 연구

정선환[#], 최성대*, 조규열**

A Study on Mechanical Parts for Smooth Lift by 6 Sigma

Seon-Hwan Cheong[#], Seong-Dae Choi*, Gyu-Yeol Cho**

ABSTRACT

This study was carried out to install the lifting force of a two hinge type stand mechanism by 6 Sigma process in advance. This unit is designed for the display device in order to enhance the ergonomics for effective height adjustment and maintenance at any preferred position. The unit will be very useful for the mechanism fabricated with coil springs and disc springs as a torque generator. The 6 Sigma process was applied to select two key factors among 7 elements to lift the head unit and to find out applicable tolerance securing the 3.4 ppm of defects as well as what deviation of lifting force we can expect between calculation and experiment at the design stage of development. The result of this study can be applied to various units for the optimization of the smooth lift.

Key Words : 6 Sigma Process(6시그마 프로세스), Smooth Lift Mechanism(유연승강기구), CTQ(핵심인자), FAST(기능분석시스템기법), QFD(품질기능전개도)

1. 서 론

가전제품의 경쟁심화로 차별화된 상품개발 열기가 날이 갈수록 고조되고 있다. 특히 슬림(slim)하고 인체공학적으로 설계된 제품은 높은 매출신장과 함께 브랜드 이미지 향상에도 많은 영향을 주게 된다.

또한 현대산업의 특징은 고객만족, 고객감동 등 고객중심의 산업이어야 경쟁력을 가질 수 있다. 그런데 제품은 최종단계에서 고객에게 전달되기 때문에 고객의 취향, 고객의 불만 등을 알 수 있는 시기는 상당한 기간이 지난 후이다. 그러므로 공정 중에 행하는 품질

관리만으로는 한계가 있다. 따라서 최근에는 6시그마 기법을 통해 고개의 소리를 사전에 충분히 듣고 분석하여 제품개발을 하는 추세이다.

그런데 통계에 의하면 완성제품에 대한 손실비용이 개발단계, 생산단계, 고객단계에서 1:10:100 비율로 나타나고 있다. 이는 고객단계에서 손실비용이 엄청나게 크다는 사실을 보여주고 있다. 따라서 이를 줄일 수 있는 방법을 찾는 것이 생산현장에서 매우 시급하고 중요한 문제로 대두되고 있다.

최근 강건설계, DFSS(Design For Six Sigma) 기법 등을 이용한 연구를 통해 연구개발단계에서 고객의 소리를 충분히 반영하여 제품설계를 함으로써 고객단계의 손실비용을 7-80% 줄일 수 있다는 연구 결과들이 나오고 있다.

Fig. 1은 평판디스플레이의 다양하고 편리한 기능을 나타낸다. 본 연구는 평판디스플레이 장치를 원하는

교신저자 : 금오공과대학교 기계공학부
E-mail: stabram@kumoh.ac.kr

* 금오공과대학교 기계공학부

** 금오공과대학교 대학원 기계공학과

위치(높이)로 유연하게 조절할 수 있는 기구에 관한 연구로서 특히 2관절 힌지의 작동력 중 가장 난이도가 높은 F1값에 영향을 끼치는 요소들을 6시그마 기법을 이용하여 최적설계방안을 제시하고자 한다.

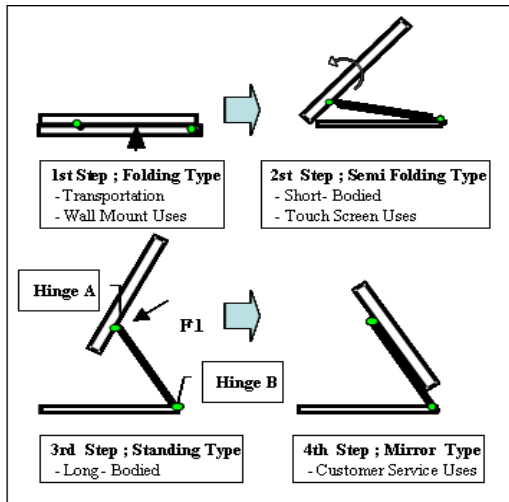


Fig. 1 Various uses of flat panel device

2. R&D 6시그마 프로세스

R&D 6 시그마 프로세스의 목적은 과학적이고 합리적인 방법으로 연구 개발 시간을 단축하면서 고객이 요구하는 6시그마 수준의 제품을 생산하는 것이다.

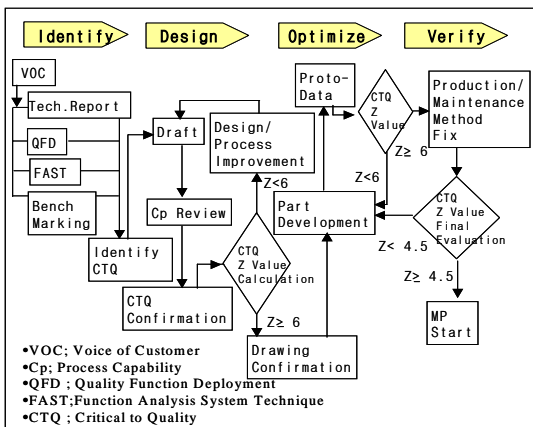


Fig. 2 A Diagram of R&D 6 Sigma process

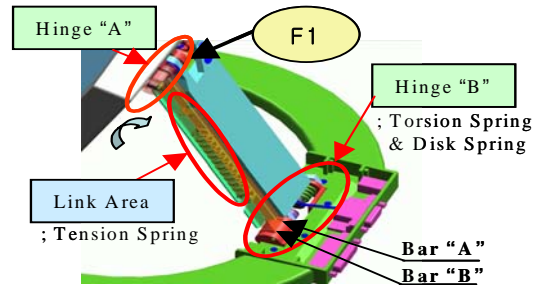
Fig. 2는 4단계 수행절차를 나타내며 Identify(확인), Design(설계), Optimize(최적화), Verify(검증)로서 IDOV 라고 하며 R&D 6시그마 프로세스의 대표적인 절차이다.

3. 합리적인 유연승강기구의 설계

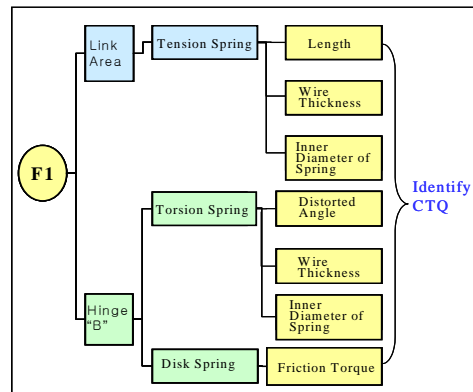
3.1 Identify(확인)

Fig. 3은 유연승강용 2관절 힌지부품들의 FAST 전개도를 나타내고 있다. 작동력(F1)에 영향을 미치는 인자들을 기능 전개시킨 그림이다.

높낮이조절 장치에서 F1이 중요한 이유는 디스플레이 본체를 힌지 B부위가 항상 지탱하고 있으므로 본체의 위치이동에 따른 하강(Drooping)모멘트를 공급하며 균일한 작동력(F1)을 보장하는 메커니즘 설계가 인



(a) Reference figure for FAST diagram



(b) FAST diagram

Fig. 3 Reference figure And FAST diagram

체공학적인 설계의 포인트가 될 수 있기 때문이다.

작동력 (F1)을 유지시키는 구성요소로서는 1) 텐션 스프링 2) 토션 스프링 3) 디스크 스프링의 마찰력으로 대별할 수 있다. 세부적인 요인으로는 텐션 스프링의 길이, 선경, 내경 등과 토션 스프링의 초기 각도, 선경, 내경과 디스크 스프링들 간의 마찰력 등이 생산시 F1값에 영향을 끼칠 수 있는 요소로 기능전개시킬 수 있음을 알게 되었다. 고객의 소리(VOC)가 유연승강 기능을 원한다면 아래의 FAST결과와 같이 QFD 실시 결과에서도 상기 7가지 요소의 확인(Identify) CTQ를 구할 수 있게 된다.

3.2 Design(설계)

Fig. 3에서 얻은 7가지 확인CTQ의 합리적인 공차를 지정하기 위해서 부품제조업체의 공정능력과 계산에 의한 민감도를 분석하고, 미팅을 통해 CTQ를 확정하는 단계이다. 먼저 공정능력을 텐션스프링의 전장부터 산출해 보면 Fig. 4와 같다. 즉, 기준 값 60mm, 공차범위(59.5~60.5)내에서 불량률 만들 확률은 Z=2.78로서 10%정도이다. 이때 공차는 A업체에서 관리 가능한 수준을 기준하며, 공정도 유사공정을 기준하여 책정한다. 이하 나머지 6항목들도 동일한 방법으로 공정능력을 산출해 보면 Table 1과 같다.

Table 1에서 불량발생 순위별로 중점 관리대상 인자가 결정된다. 즉, 텐션 스프링 길이(C_len) > 토션 스프링 각도(T_ang) > 토션 스프링의 선경(T_d) > 디스크 토크(Fric) 순이며, C_len와 T_ang이 대표적인 관리대상 인자임을 알 수 있다.

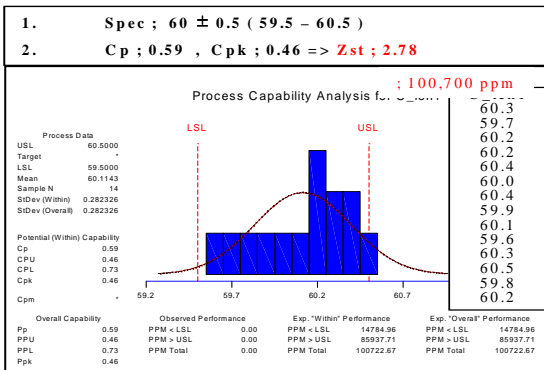


Fig. 4 Capability analysis for spring length

Table 1 Capability analysis for the other 6 factors

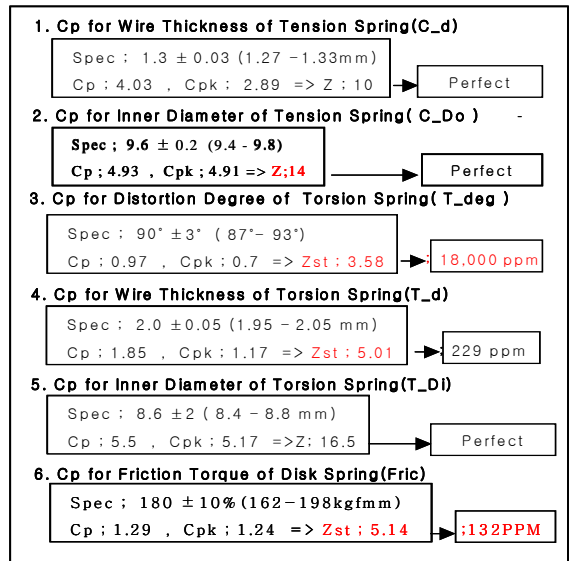


Fig. 5는 이상의 7인자들에게 이상적으로 할당된 토크 값이 작동력 (F1)에 얼마나 치명적인 영향을 미치는가를 나타내었고, Table 2는 인자별 이론적인 민감도를 숫자로 명기하였다. 이론적으로 중요한 인자순은 디스크 마찰토크(Fric) > 토션 각도(T_ang) > 텐션 길이(C_len)순으로 민감하게 나타났고 업체 미팅결과 C_len은 입고검사 시 쉽게 관리되는 항목이므로 민감도와 관리 난이성을 감안한 핵심인자로는 마찰토크(Fric)와 토션 각도(T_ang)로서 부품CTQ로 확정하고 마찰토크(Fric)는 작업자를 고정배치, 전문가기술인으로 양성시켜, 관리키로 하고 토션 각도(T_Ang)는 특별 지그를 제작, 부품입고시마다 전수 검사를 실시한다.

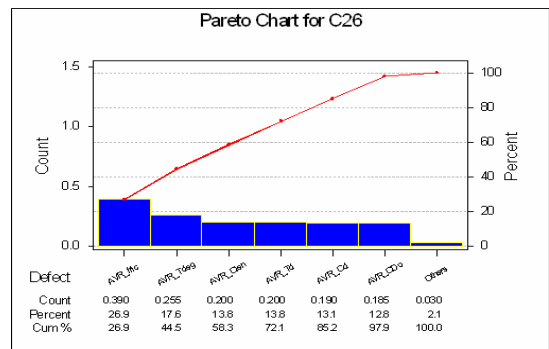


Fig. 5 Theoretical sensitivity review

Table 2 Theoretical count value

AVR_ Fric	0.390
AVR_ T_deg	0.255
AVR_ C_Do	0.185
AVR_ C_d	0.190
AVR_ C_len	0.200
AVR_ T_d	0.200
AVR_ T_Di	0.030

3.3 Optimize(최적화)

F1의 최적치를 구하여 합리적인 설계 스펙을 정하는 단계이다. F1의 최적치를 구하기 위해서는 7가지 인자들의 공차범위 내에서 제작한 샘플들을 조합시켜 실험계획법(DOE)을 실시하고 반응표면 방식을 실시하여야 한다. 먼저 주요인자들끼리 상호 교호작용 유무를 검토한다.

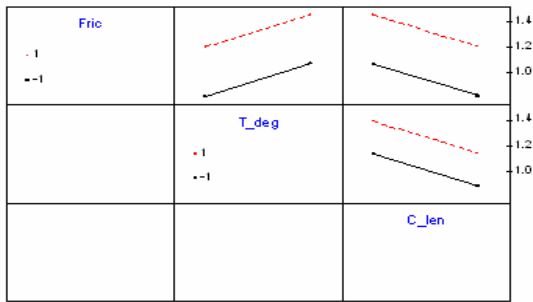


Fig. 6 Interactive plot review

Fig. 6은 주요인자인 Fric, T_deg, C_len간의 교호작용성을 나타내며, 인자들끼리 각각 나란하므로 교호성이 없는 것으로 판단할 수 있다.

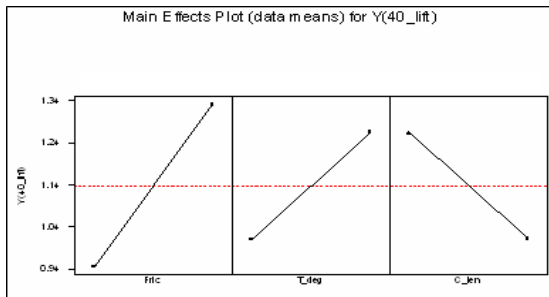


Fig. 7 Main effects plot

Fig. 7은 Fric, T_deg, C_len간의 주효과 분석한 그래프이며 Fric과 T_deg는 작동력(F1)과 비례하고, C_len는 작동력(F1)와 반비례함을 알 수 있다. 또한 기울기로 봐서 Fric이 가장 민감함을 예상할 수 있다.

Fig. 8은 Surface plot에서 만곡점을 찾기 위해 Fric과 T_ang의 경계와 중앙지점에 걸쳐 13번 실험을 실시한 결과 공간 내에 만곡점을 보여주는 도표이다. Fig. 9는

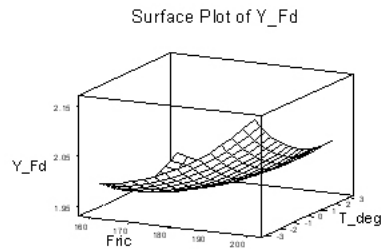
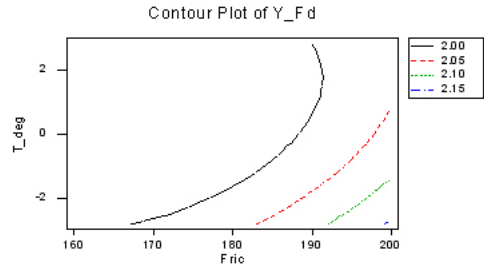


Fig. 8 Result of DOF

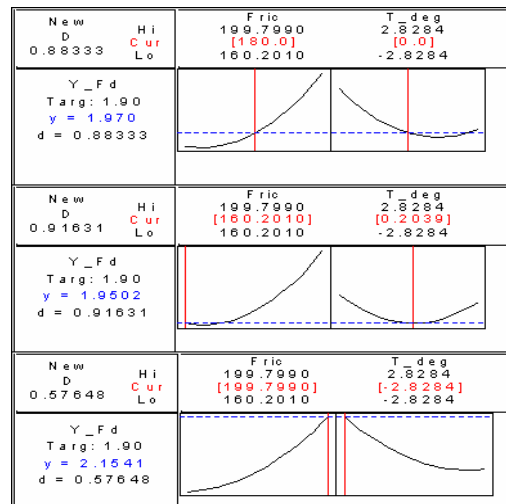


Fig. 9 Optimized F1 plot

최적화된 작동력 F1을 찾은 그래프이다. F1의 최적 값은 1.95~2.15kgf로서 중앙값은 1.97kgf로 결론지을 수 있다. 그러나 7가지 요소의 공차를 감안한 계산치(이상치)는 0.65kgf~1.85kgf 이며 중앙치인 1.25kg와는 0.72kgf의 차이를 확인할 수 있었다. 그러므로 생산시 적용할 F1의 설계스펙은 1.37~2.57kgf가 되며 소수점을 정리하여 1.4~2.6kg으로 결정하였다.

3.3 Verify(검증)

최적화된 설계품질을 검증하는 단계로서 목표품질을 만족하면 관리계획을 수립하여 양산공정으로 이관하는 단계이다. Fig. 10은 금형 초품을 적용하여 F1 품질을 검증한 결과로서 Z ; 376으로 목표 Z ;4.5 이상을 만족하지 못하게 되어 재검증이 필요하다.

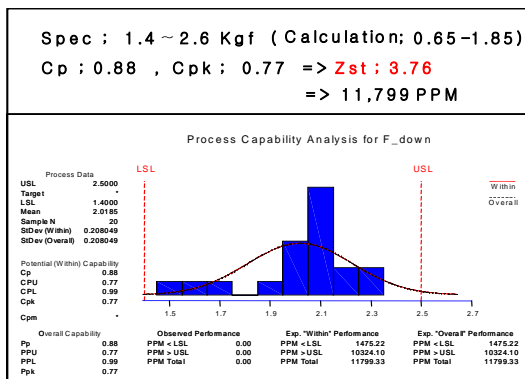


Fig. 10 Inspection result for 1st trial sample

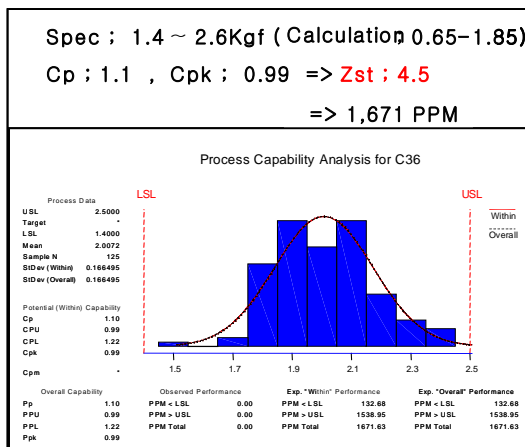


Fig. 11 Pilot inspection

Fig. 11은 파일럿 검증으로 F1 값의 목표품질인 Z; 4.5이상을 만족하므로 양산진행이 가능하게 되었다. 생산수량이 증가하고 작업자들이 더욱 익숙해지면 Z; 5.0이상은 확보될 것으로 보고 관리도를 작성하여 관리할 예정이다.

4. 연구결과 및 고찰

4.1 6시그마에 의한 합리적인 설계스펙

유연승강 기능을 갖춘 이질 힌지를 개발함에 있어서 6시그마 방식을 적용함으로써 개발 초기단계부터 7대 영향인자에 대한 업체의 공정능력과, 민감도 분석을 통하여 특별 관리해야 할 인자(CTQ)를 발굴할 수 있었고, 합리적인 공차를 책정할 수 있었다.

즉, 성능 CTQ인 F1 값의 이론치인 0.65~1.85Kgf보다 0.72Kgf만큼 높은 실제 값을 설계단계에서 예상할 수 있었다 이로 말미암아 양산단계의 규격변경, 금형 수정 비용, 일정지연 등을 미연에 방지할 수 있었다. 또한 0.7~0.8Kgf는 높낮이(tilt) 작동 시 수많은 부품들 끼리 마찰력으로서 약 2,000회 신뢰 시험을 하고나면 소진되든지 미세 마찰력으로 남아 있을 것으로 예상되며 사용상에는 전혀 문제가 없는 것으로 확인하였다.

4.2 최적설계 변수의 조립

본 프로젝트는 또한 보다 완벽한 유연승강 기능 구현을 위해서 Fig. 12와 같이 먼저 디스플레이 본체의 이동궤적을 따라 자중 토크(Self Moment Needed)를 먼저 계산하고 어떤 위치에서도 균일한 작동력(F1)을 설정하여 필요 토크값(Torque Needed)을 그래프로 표현하고 이 그래프를 만족하기 위해서 신개념인 텐션 스프링을 고안하여 Fig. 3에서 힌지 A와 B를 연결하는 2개의 연결 바(Bar) A,B 사이에 설치함으로써 높낮이 조정 시 힌지B부의 고정으로 힌지A부는 원호의 궤적을 그리게 되고, 2개의 연결 바(Bar) A,B는 텐션 스프링의 연결로 원의 접선방향으로 장력을 받게 된다. 이 장력(C_len)과 마찰토크(Fric)와 미틀럼 토크(T_ang)의 조합으로 이상적으로 필요한 토크값(Torque Needed)을 만족할 수 있었고 즉, 임의의 위치로 이동시에도 작동력이 항상 균일한 유연승강 기능을 갖춘 인체공학 적 제품을 개발할 수 있었다.

반대로 기존방식은 Fig. 13과 같이 높낮이 변경 시 필요한 모멘트의 궤적은 비선형 곡선형인데 이것을 충족하는 기구는 토션 스프링(T_deg)과 마찰토크(Fric)만을 조합하므로 선형(Hook's Law)으로 모멘트를 공급하므로 화살표길이(F1)가 다르듯이 위치별 작동력이 균일치 않았고, 6시그마 방식 미적용으로 설계단계에서 양산초기와 2000회 이상 작동력을 짐작할 수 없으므로 생산초기에 품질문제가 많이 발생할 수 있었다.

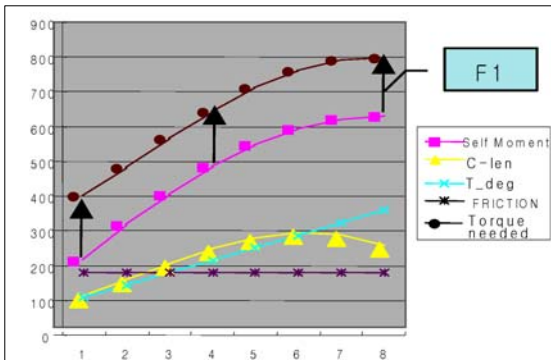


Fig. 12 Optimized mechanism with 6 Sigma

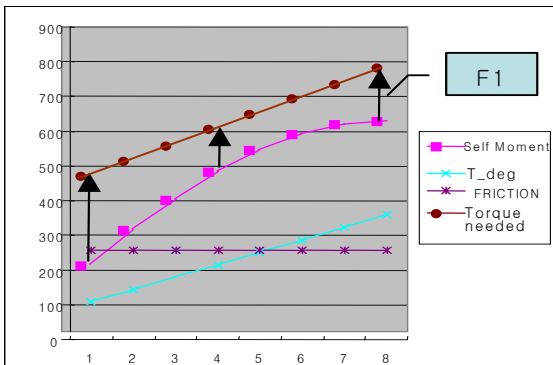


Fig. 13 Current dual mechanism

5. 결 론

본 연구에서는 힌지 A와 힌지 B간에 연결 바(Bar)가 있는 2절 힌지구조에서 높낮이 작동력(F1)을 유연하게 할 수 있는 연구를 6 시그마 방식으로 접근함으로써 아래와 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 작동력 F1에 영향을 끼치는 인자는 7개로서 작업자의 숙련도에 따라 변할 수 있는 마찰토크(Fric)와 토션 스프링의 각도(Tor_ang)가 관리상 가장 난이도와 민감도 높은 요소임을 확인하였다.
2. 초기 조립후 높낮이 작동력이 계산치보다 약 50%(0.72kgf) 증가한다는 것을 알 수 있었고, 그 원인은 구동 부품들 간의 마찰에 기인할 것으로 예상되었다.
3. 설계 단계에서 양산초기의 최적 작동력(F1)을 산출할 수 있었고, 내구성을 감안한 합리적인 설계스펙을 설정할 수 있었다.
4. 유연승강 기능을 가진 2절 힌지 구조를 기존과 유사한 재료비 부담으로 높낮이 작동력을 항상 유연하게 유지시킬 수 있음 검증하였다.
5. 기구의 최적설계 시 연구개발 단계부터 6시그마 방식을 적용함으로써, 과학적이고 효율적인 방법으로 고객마족을 시킬 수 있는 제품을 개발할 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

1. 서영성의 12 공역, 창의적 공학설계(1), 피어슨 에듀케이션 코리아, 1998.
2. 홍석관의 3, "DFSS 기법을 이용한 RTP 성형기의 대면적 전사성 향상," 2006년도 한국정밀공학회 춘계학술대회, 2006.
3. 박성현, 이명주, 이강군 공저, 6 시그마 설계를 위한 DFSS, 한국표준협회, 2001.
4. 정선환, 최성대, 양세영, "6시그마 프로세스를 이용한 정류자 압입 공정 개선에 관한 연구," 한국기계공학회 논문집, 제4권 제2호, pp. 37-42, 2005.
5. 이레테크 미니탭 사업팀 저, 새 Minitab 실무 완성.
6. 최성대, 정선환, 조규열, "유연한 승강 기능용 부품에 관한 연구", 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 1454-1457, 2003.
7. 한국공업규격, 비틀림 코일 스프링 설계기준(KS B 2399)
8. 응용 기계설계 연구회편, 응용기계 설계1,2, 동명사, 2000.