Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 26, No. 4 pp.85-90, November 2007

품질기능전개를 이용한 플라이어의 인간공학적 디자인*

박 희 석 · 이 미 란

홍익대학교 정보산업공학과

Application of Quality Function Deployment to Ergonomic Design of a Plier

Hee Sok Park, Mi Ran Lee

Department of Industrial & Information Engineering, Hongik University, Seoul, 121-791

ABSTRACT

This study shows a way to develop ergonomic design of a plier through quality function deployment (QFD) approach. User needs for pliers, as well as the engineering characteristics which have influence on the ergonomic quality of pliers were determined from the interviews and questionnaires with various user groups. This information was entered in the house of quality, and the results show that the handle is the most important quality factor. A new model was proposed in which ergonomic and gender aspects were considered. QFD is considered a suitable method especially for the manufacturing and/or design fields where biomechanical or physiological background is not present.

Keyword: QFD, Ergonomic design, Hand tool, Plier

1. 서 론

수공구는 가정에서부터 다양한 산업현장에 이르기까지 폭넓게 사용되고 있으며, 특히 제조업과 건설업에서는 가장 기본적인 작업도구라 할 수 있다. 최근 자동화 시스템이 활발히 도입됨에 따라 전통적인 수공구의 중요성이 점점 감소되고 있지만, 산업체와 가정에서 수공구는 여전히 빈번하게 사용되고 있다.

수공구는 그 용도에 따라 가정용, 작업용, 설비용 수공구로 분류된다(한국공구공업협동조합, 2001). 최근에는 액세서리, 가구 등 많은 제품을 손수 제작하여 사용하는 DIY (Do It Yourself)의 개념이 확산되면서 가정용 수공구의 수요가 점차 증가하고 있다. 그리고 DIY 제품 시장의 수요자로서 여성이 남성의 3배에 달하므로(고성민, 2006) 여성 소비자를 고려하여 보다 가볍고, 다루기 쉬우며, 미려한 디자인의 공구류가 필요한 시점이다.

또한, 주지하는 바와 같이 부적절하게 디자인된 수공구를 장기간 사용하는 작업 또는 동작은 작업관련성 근골격계질환의 위험성을 증가시킬 수 있다(Chaffin et al, 2006). 그리고 Armstrong과 Silverstein(1987)은 상지에서 발생하는 수근관증후군을 비롯한 여러 근골격계질환의 위험요인을 정리하였으며, 그 중 반복적으로 과도한 힘을 가하는 동작, 부적절한 자세, 압박스트레스 및 진동 등의 위험요인들은 수공구 디자인 및 사용과 직접적으로 관련이 있는 위험요인들이다. 따라서 작업관련성 근골격계질환을 예방하기 위해서는

*본 연구는 2007년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.
교신저자: 박희석
주 소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1, 전화: 02-320-1473, E-mail: hspark@hongik.ac.kr

작업자에게 적합한 인간공학적인 수공구가 필수적이다.

한편, 사용자의 요구를 제품 개발에 반영하는 여러 기법 중에서 품질기능전개(Quality Function Deployment: QFD)가 널리 사용되고 있다. QFD는 품질의 집(House of Quality: HOQ)을 통하여 고객의 요구사항(Voice of Customer: VOC)과 그들의 우선순위를 파악하고, VOC를 만족시키기 위해서 어떤 기술적 특성(Engineering Characteristics: EC)들이 관련이 있는지를 분석한다(Akao, 1990). QFD를 통하여 제품 개발 노력의 집중이 필요한 요소, 즉 CTQ(Critical To Quality)를 결정할 수 있어 제품의 개발에 드는 기간을 절약할 수 있다. QFD는 조선업에서 출발하였지만 현재 다양한 산업에서 적용되고 있으며, 품질경영 분야에서 핵심적인 도구로 자리 잡고 있다.

인간공학적인 관점에서 볼 때, QFD는 디자인 프로세스 전반에 걸쳐 고객의 요구를 반영하며 제품 디자인 관여자들(엔지니어, 인간공학자, 사용자 등)간의 의사소통을 원활하게 하고, 나아가 다양한 디자인 변수들간의 관계를 잘 이해할 수 있기 때문에 인간공학과 제품 디자인을 통합하는 데 좋은 방법이 된다. 하지만 QFD를 수공구 개발에 이용한 예는 매우 제한적이다. Happalainen et al.(2000)은 HOQ를 이용하여 전지가위(pruning shears)를 평가한 바 있으며, Marsot(2005)은 보닝나이프(boning knife: 동물의 고기를 잘라낼 때 쓰는 칼)의 인간공학적 디자인에 HOQ를 이용하였다.

본 연구에서는 가장 흔히 사용되고 있는 수공구의 한 종류인 플라이어에 대하여 QFD를 이용하여 사용자의 요구를 반영한 새로운 디자인을 제시하였다. 특히 최근의 트렌드를 반영하여 여성 사용자를 고려한 설계안을 제안하였다. 다양한 사용자층(일반인, 준전문가, 전문가)으로부터 플라이어에 대한 VOC를 조사하고 그들간의 중요도를 결정하였으며, 이에 관련이 있는 EC를 선정하였다. VOC와 EC간의 상관관계를 파악하여 우선적으로 개선되어야 할 CTQ를 도출하여 플라이어를 인간공학적으로 다시 디자인하였다. 본 연구는 주로 생체역학적/생리학적 접근방법을 취해온 기존의 수공구 관련 연구방법을 보완하여 QFD 기법을 사용하여 보다 사용자 중심적인 결과를 도출하려 하였다. 특히 생체역학적/생리학적 지식이나 경험, 장비 등이 부재한 수공구 제조/설계 현장에서 QFD기법이 유용하게 응용되리라 예상된다.

2. 연구 방법

본 연구의 추진 절차 및 내용을 그림 1에 제시하였다.

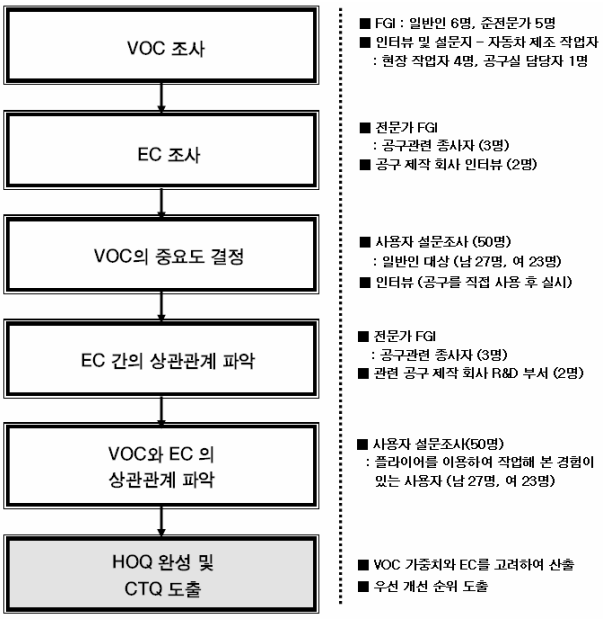


그림 1. QFD 추진 절차

2.1 적용대상 플라이어의 선정

플라이어는 작업 용도에 따라 크게 절단용 플라이어와 롱노우즈 플라이어로 분류할 수 있다. DIY를 취급하는 공방과 가구판매점 6곳을 대상으로 현장조사를 실시한 결과, 가장 많이 쓰이는 절단용 플라이어(국내산)를 연구대상으로 선정하였다.

2.2 VOC 조사

VOC를 조사하기 위하여 일반인(수공구 사용빈도가 많지 않으며, 수공구를 사용하는 직업을 가지지 않은 사람) 6명(남 3, 여 3, 대학생, 평균연령 25.2세)과 준전문가(수공구를 자주 사용하지만 수공구를 사용하는 직업을 가지지 않은 사람, 공예 관련학과 대학생) 5명(남 4, 여 1, 평균연령 27.4세)을 대상으로 2회의 Focused Group Interview (FGI)를 실시하였다. 이 때, 수공구 사용 시 불편했던 점, 개선되어야 할 점과 수공구 선택 시 고려하는 점 등을 위주로 자유로운 토론 형식으로 인터뷰를 진행하였다.

또한 수공구를 직업적으로 매일 사용하는 전문가들의 의견을 반영하기 위하여 국내 굴지의 자동차 제조 공장을 방문하여 FGI와 설문지를 병행하는 현장 조사를 실시하였다. FGI는 자동차 의장 현장 작업자 4명, 공구실 담당자 1명을 대상으로 실시하였으며, 수공구 사용 시 불편한 점 및 개선할 점, 수공구 선정(사용) 시 고려하는 점, 플라이어를 포함한 여러 종류의 수공구에 대한 만족도 조사, 추천의도 및

재구매 의도 등을 중심으로 질문을 하였다. 설문지는 자동차 의장 현장 작업자 20명을 대상으로 수공구 사용 실태 조사, 수공구의 불편한 점 및 개선할 점을 파악하기 위하여 실시하였다.

이상의 FGI와 설문지를 통해 나온 의견을 친화도법(Affinity Diagram)을 이용하여 정리하였다. 친화도법(또는 KJ법)은 1960년대에 일본에서 개발된 기법으로서, 동일 주제에 대한 다양한 아이디어나 자료를 종합하여 유사성이나 연관성에 따라 재분류하고 문제에 대한 해결안을 제시하는 방법이다. 즉, 설문 조사나 면담 등을 통하여 도출된 고객요구사항을 기초로 참여 구성원의 의견에 따라 유사한 요구사항을 군집으로 묶는 기법이다(Cohen, 1995). 본 연구에서는 수집된 고객의 요구사항을 유사한 속성을 기준으로 분류하여 그룹화하였다. '조작이 쉬워야 한다', '사용하기 편리해야 한다', '잡기 편해야 한다'와 같이 편리성과 관련되어 유사한 속성을 가진 것들을 하나의 그룹으로 1차적으로 분류한 후, 표현은 다르나 내용이 같은 문장들은 '조작이 용이해야 한다'와 같이 하나의 표현으로 정리하면서 2차 분류를 하였다. 이에 사용의 용이성, 크기, 내구성, 안전성, 이미지, 가격으로 그룹핑되는 11개의 VOC가 도출되었다.

2.3 EC 조사

플라이어의 EC를 선정하기 위해 자동차 제조업체에 대한 현장 조사에서 공구관련 종사자 3명을 대상으로 FGI를 실시하였고, 국내 수공구 제작회사의 R&D부서 담당직원 2명과 FGI를 실시하였다. 주로 플라이어의 구성과 플라이어를 개발할 때 고려하는 사항을 토대로 VOC와 연관이 있는 기술적 특성치를 선정하였다. 이에 따라 길이, 각도, 무게, 표면질감, 모양, 완충력, 색상으로 분류되는 16개의 EC가 선정되었다. 선정된 EC는 표 1과 같다.

표 1. 플라이어의 EC

번호	EC	세부항목
1	길이	전체 길이
2		Jaw의 길이
3		손잡이 최대 이완 시 너비
4		Jaw 최대 이완 시 너비
5		손잡이 길이
6	각도	손잡이의 최대 이완 시 각도
7		Jaw 최대 이완 시 각도
8	무게	전체 무게
9	표면질감	Jaw 마감재료에 따른 질감
10		Joint 마감재료에 따른 질감
11		손잡이 재질에 따른 질감
12	모양	전체 모양
13		손잡이 모양
14	완충력	스프링 종류
15		완충장치 유무
16	색상	공구의 전체적 색상

2.4 VOC의 중요도 결정

VOC들간의 중요도 결정을 위하여 플라이어를 직접 사용한 후에 설문지를 작성하게 하였다. 플라이어 사용 경험이 있는 사람 50명(남 29, 여 21, 일반인, 평균연령 27.2세)을 대상으로 실시하였다. VOC 각 항목을 7점 척도로 평가한 50명 데이터의 평균값을 중요도로 부여하였다. 그 결과, 안전성과 관련된 부분인 '앞날 모양이 위험하지 않아야 한다', '사용 및 보관 시 안전해야 한다' 등의 항목이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 '사용의 용이성', '내구성'의 순으로 높게 나왔다(표 2).

표 2. VOC별 중요도

번호	VOC	중요도
1	조작이 용이해야 한다.	5.44
2	잡기 편해야 한다.	5.42
3	부피가 크지 않아야 한다.	5.26
4	무겁지 않아야 한다.	2.30
5	손잡이 두께가 너무 두껍지 않아야 한다.	5.06
6	손잡이가 끈적거리지 않아야 한다.	5.85
7	손잡이가 쉽게 마모되지 않아야 한다.	5.97
8	앞날 모양이 위험하지 않아야 한다.	6.30
9	사용 및 보관 시 안전해야 한다.	6.08
10	공구 이미지를 개선해야 한다.	3.85
11	적정한 가격이어야 한다.	4.79

2.5 EC 간의 상관관계 파악

본 단계에서는 EC를 파악하는 단계에 참여한 수공구 전문가 3명을 대상으로 다시 인터뷰를 실시하였다. 이 때, 각 EC간 관계의 특성과 관계의 +/−방향성을 추출하였다. 두 EC가 양의 관계에 있을 경우 ++, +의 기호로 강약을 표시하여 기입하였으며, 마찬가지로 음의 상관관계일 경우 −, −−를 기입하였다. 서로 상관관계가 없을 경우에는 공란으로 남겨두었다. 예를 들어, Jaw의 길이가 줄어들면 전체 길이도 줄어들므로 둘은 서로 강한 양의 관계가 있다고 할 수 있다. 따라서 두 EC가 겹치는 행렬의 셀(cell) 위에 ++로 표기된다.

2.6 VOC와 EC의 상관관계 파악

양자간 상관관계 파악을 위하여, VOC의 중요도 결정에 참여한 50명을 대상으로 설문 조사를 다시 실시하였다. 각 VOC와 각 EC가 만나는 셀에 서로 간의 관계 정도에 따라 0, 1, 3, 9의 점수를 부여하도록 하였다. 관련성이 약하면 1, 관련성이 보통이면 3, 관련성이 강하면 9점을 부여하였다. 이 수치부여 방식은 QFD 기법에서 일반적으로 적용되는 방법이다(이상복과 신등설, 2002). 50명이 부여한 점수의 평균값을 구하여 VOC와 EC의 상관관계 행렬의 각 셀에 기입하였다. 다음, 각 EC에 대하여 모든 VOC의 가중치에 양자간의 상관점수를 곱하여 총 점수를 도출하였다. 예를 들어, 그림 2의 HOQ에서 EC 5번 손잡이 길이에 대한 총 점수는 (VOC 1번의 가중치 5.44* VOC 1번과 EC 5번과의 상관점수 3.9) + (VOC 2번의 가중치 5.42* VOC 2번과 EC 5번과의 상관점수 4.3) + … + (VOC 11번의 가중치 4.79* VOC 11번과 EC 5번과의 상관점수 0.6) = 117.56로 나오게 된다.

2.7 CTQ 도출

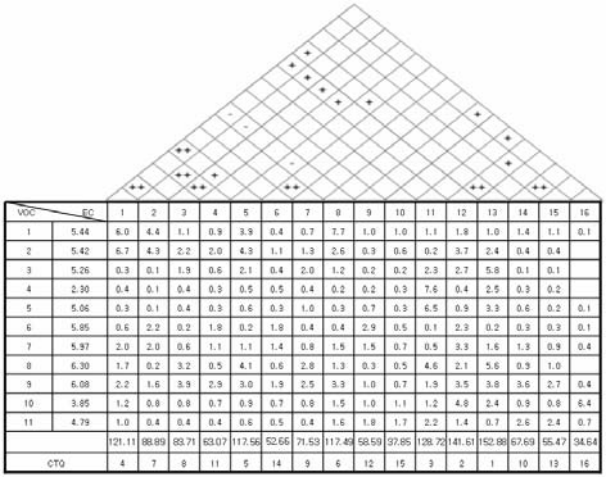
위의 단계들을 거쳐서 QFD의 최종단계인 HOQ가 완성되었다. 2.6절에서 파악된 VOC와 EC간의 관계 점수에 2.4절에서 구한 VOC의 중요도 점수를 곱하여 각 EC별 점수를 구하였다. 점수의 크기에 따라 먼저 개선되어야 할 품질요인인 CTQ를 선정하였다.

3. 연구결과

3.1 HOQ와 CTQ

QFD의 전개 과정을 통해 완성된 플라이어의 HOQ는 그림 2와 같다. 그림 상에서 VOC와 EC는 표 1 과 표 2에서 사용된 번호로 표기하였다. 또한 도출된 CTQ는 표 3과 같다.

플라이어에서 가장 먼저 개선되어야 할 품질요인은 손잡이 모양으로 나타났다. 손잡이 모양은 잡을 때의 느낌(Grip 감)의 개선과 관련이 있으므로 손잡이의 두께, 길이 등이 모두 고려되어야 한다. 또한 손잡이의 모양은 수공구를 잡을 때 자세에 영향을 주게 되므로 작업자의 피로를 줄이기 위해서도 중요한 요소가 된다(Winston and Narayan, 1993). 다음으로 플라이어 전체 모양, 손잡이 재질에 따른 질감, 플라이어 전체 길이, 손잡이 길이의 순으로 나타났다.



VOC \ EC		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	5.44	6.0	4.4	1.1	0.9	3.9	0.4	0.7	7.7	1.0	1.0	1.1	1.8	1.0	1.4	1.1	0.1
2	5.42	6.7	4.3	2.2	2.0	4.3	1.1	1.3	2.6	0.3	0.6	0.2	3.7	2.4	0.4	0.4	
3	5.26	0.3	0.1	1.9	0.6	2.1	0.4	2.0	1.2	0.2	0.2	2.3	2.7	5.8	0.1	0.1	
4	2.30	0.4	0.1	0.4	0.3	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2	0.3	7.6	0.4	2.5	0.3	0.2	
5	5.06	0.3	0.1	0.4	0.3	0.6	0.3	1.0	0.3	0.7	0.3	6.5	0.9	3.3	0.6	0.2	0.1
6	5.85	0.6	2.2	0.2	1.8	0.2	1.8	0.4	0.4	2.9	0.5	0.1	2.3	0.2	0.3	0.3	0.1
7	5.97	2.0	2.0	0.6	1.1	1.1	1.4	0.8	1.5	1.5	0.7	0.5	3.3	1.6	1.3	0.9	0.4
8	6.30	1.7	0.2	3.2	0.5	4.1	0.6	2.8	1.3	0.3	0.5	4.6	2.1	5.6	0.9	1.0	
9	6.08	2.2	1.6	3.9	2.9	3.0	1.9	2.5	3.3	1.0	0.7	1.9	3.5	3.8	3.6	2.7	0.4
10	3.85	1.2	0.9	0.9	0.7	0.9	0.7	0.9	1.5	1.0	1.1	1.2	4.8	2.4	0.9	0.8	0.4
11	4.79	1.0	0.4	0.4	0.4	0.6	0.5	0.4	1.6	1.8	1.7	2.2	1.4	0.7	2.6	2.4	0.7
		121.11	88.89	83.71	63.07	117.56	52.66	71.53	117.49	58.59	37.85	128.72	141.61	152.88	67.69	55.47	34.64
CTQ		4	7	9	11	5	14	9	6	12	15	3	2	1	10	13	16

그림 2. 플라이어의 HOQ

표 3. 플라이어의 CTQ

번호	EC	세부항목	우선순위
1	길이	전체 길이	4
2		Jaw의 길이	7
3		손잡이 최대 이완 시 너비	8
4		Jaw 최대 이완 시 너비	11
5		손잡이 길이	5
6	각도	손잡이의 최대 이완 시 각도	14
7		Jaw 최대 이완 시 각도	9
8	무게	전체 무게	6
9	표면질감	Jaw 마감재료에 따른 질감	12
10		Joint 마감재료에 따른 질감	15
11		손잡이 재질에 따른 질감	3
12	모양	전체 모양	2
13		손잡이 모양	1
14	완충력	스프링 종류	10
15		완충장치 유무	13
16	색상	공구의 전체적 색상	16

3.2 인간공학적으로 개선된 수공구 디자인

이상의 결과를 바탕으로 다음과 같은 개선 아이디어를 도출하였다. 이 때, 특히 여성 사용자를 고려하였다(아래 각 항목의 번호는 그림 3에 예시되어 있음).

① 손잡이의 두께를 보다 두껍게 만든다.

② 손잡이에 엄지 손가락을 지탱할 부분을 만든다.

③ 손잡이의 길이를 줄인다.: 기존 제품의 손잡이 길이 115mm는 수공구 가이드라인에 벗어나지 않으나, 여성이 사용하기에는 다소 길어 불편함이 있다. 여성 사용자를 위

해서 대한민국 25~45세 여성의 평균 손 너비인 76.92mm의 99분위값인 86mm에(기술표준원, 2006) 다소의 여유를 고려하여 105mm로 줄인다.

④ 리턴 스프링을 장착한다.

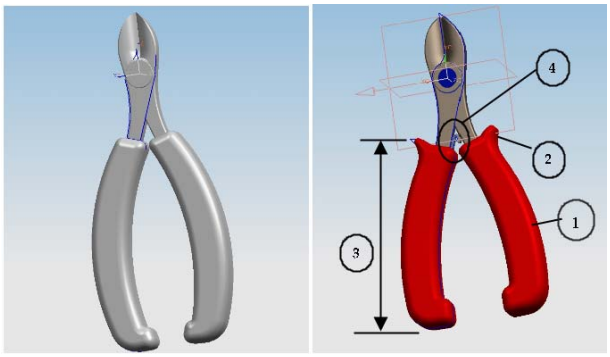


그림 3. 플라이어의 개선 전(좌)과 개선 후(우)

위에 따라 그림 3과 같이 플라이어의 디자인 개선안을 제시하였다. 손잡이 두께의 지름을 19.5mm로 늘임으로써 기존의 플라이어보다 작업 시 드는 힘을 줄일 수 있겠다. 또한 손잡이 부분에 엄지손가락을 지탱할 수 있는 장치를 고안하였다. 이를 통해 미끄러짐을 방지할 수 있으며, 쥐었을 때의 손의 모양과 손잡이의 그립 모양을 더욱 비슷하게 함으로써 편안함을 느낄 수 있을 것이다.

손잡이 길이가 너무 짧은 경우 손바닥 가운데 부분에 불필요한 압착을 일으킬 수 있다. 그러므로 수공구의 손잡이 길이는 손바닥 폭을 다 커버할 수 있을 정도가 되어야 한다. 본 연구에서는 여성 사용자를 위하여 손잡이의 길이를 기존의 115mm에서 105mm로 줄임으로써 여성이 사용하기에 용이하도록 하였으며, 손바닥의 압박현상도 감소시키고자 하였다.

그리고 리턴 스프링에 관해서는 기존의 단순 스프링은 충분히 고정되어 있지 않아 사용시 분실 등의 불편요소가 있으므로, 보다 완충력이 좋고 고정되어 있는 리턴 스프링을 고려하였다. 그 결과, 스프링의 분실율도 줄이고 플라이어의 양 손잡이가 완전히 닫혔을 때 손가락 혹은 손바닥이 두 손잡이 가운데의 빈 공간에 끼어서 상해를 불러일으킬 수 있는 소지도 줄일 수 있을 것이다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 본 연구에서는 우리 주변에서 폭 넓게 사용되는 플라이어에 대하여 QFD 기법을 이용하여 고객의 요구와 인간공학적 요소를 디자인에 반영하였다. 특히, 여성 사용자를 반영하는 설계안을 제안하였다.

FGI와 설문지를 통하여 얻어진 다양한 VOC에 친화도법을 적용하여 최종적으로 11개의 주요 VOC를 선정하였다. '잡기 편해야 한다', '조작이 용이해야 한다'와 같이 주로 사용의 편리성과 관련된 항목이 많이 나타났으며, 특히 손잡이와 관련된 항목들이 많았다. 이외에도 안전성과 이미지, 가격에 관련된 사항도 있었다. EC는 자동차 제조업체의 공구 관련 종사자와 국내 공구 제작회사 R&D 부서와의 인터뷰를 통하여 길이, 각도, 무게, 표면질감, 모양, 완충력, 색상으로 분류되는 16개를 선정하였다. 그리고 VOC와 EC간의 상관관계를 파악하여 HOQ를 완성하였다. 그 결과로 도출된 주요한 품질요인은 손잡이와 관련된 사항들이 상위 우선순위에 있었으며, 손잡이 모양, 전체 길이, 손잡이 재질에 다른 질감, 전체 길이, 손잡이 길이 순으로 나타났다.

개선된 디자인에서는 손잡이 두께의 직경을 늘림으로써 작업 시 가하는 힘을 줄일 수 있게 하였다. 또한 손잡이 부분에 엄지손가락을 지탱할 수 있는 장치를 마련하여 작업 시 미끄러짐을 방지할 수 있으며, 더욱 편안한 그립이 가능하게 하였다. 여성을 위하여 손잡이 길이를 기존제품보다 짧게 함으로써 작업과 보관이 더욱 용이해졌다. 또한, 플라이어의 양 손잡이가 완전히 닫혔을 때 손가락 혹은 손바닥이 가운데 빈 공간에 끼어서 상해를 불러일으킬 수 있는 소지가 있는 기존 리턴 스프링의 문제점을 보완하는 새로운 리턴 스프링을 제안하였다.

수공구에 대한 기존 연구들은 주로 수공구 사용 시의 불편도 또는 근력사용 정도 등으로 평가하는 생체역학적인 접근방법을 취하여 왔다. 본 연구는 생체역학적인 접근방법을 QFD 기법으로 보완하여 사용자의 요구를 좀 더 구체적이며 현실적으로 제품 디자인에 반영할 수 있도록 하였다.

추후, 본 연구에서 CAD로만 제안되었던 컨셉 모델로는 질감 및 손바닥에 가해지는 압력의 변화나 편안함을 느끼는 정도 등을 분석할 수 없으므로 실제로 프로토타입을 제작하여 그 타당성을 검증해볼 필요가 있을 것이다.

본 연구를 통하여 규모나 품질 등 전반적으로 선진국에 비하여 상당히 열악하며, 최근에는 중국 및 대만의 저가 제품으로 인하여 입지가 약해져서 더욱 경쟁력이 악화되고 있는 우리나라 수공구 산업에 도움이 되기를 희망한다.

참고 문헌

고성민, 여성용 DIY 공구시장을 노려라, http://www.globalwindow.org, 2006.

기술표준원, 사이즈코리아, http://sizekorea.ats.go.kr, 2006.
이상복, 신동설, *품질기능전개의 이론과 실무*, 상조사, 2002.
한국공구공업협동조합, 공구산업개요 공구산업의 분류, http://www.tool.or.kr, 2001.
Akao, Y., An introduction to Quality Function Deployment. In: Akao, Y., *Quality Function Deployment; Integration Customer Requirements into Product Design*. Productivity Press, Cambridge, 1-24, 1990.
Armstrong, T. and Silverstein, B., Upper extremity pain in the workplace-Role of usage in causality. In Hadler, N.(Ed.), *Clinical Concepts in Regional Musculoskeletal Illness*, Grune and Stratton, New York, 333-354, 1987.
Chaffin, D. B., Andersson, G. B. J. and Martin, B. J., *Occupational Ergonomics*, 4th ed., John Wiley & Sons, New Jersey, 249-263, 2006.
Cohen, L., *Quality Function Deployment, How to Make QFD Work for You*, Addison Wesley, Massachusetts, 47-53, 1995.
Haapalainen, M., Kivisto-Rahnasto, J. and Mattila, M., Ergonomic Design of non-powered hand tools: An application of quality function deployment (QFD), *Occupational Ergonomics*, 2(3), 179-189, 2000.
Marsot, J., QFD: a methodological tool for integration of ergonomics at the design stage, *Applied Ergonomics*, 36(2), 185-192, 2005.
Winston, G. L. and Narayan, C. V., Design and sizing of ergonomic handles for hand tools, *Applied Ergonomics*, 24(5), 351-356, 1993.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 박 희 석 ❖ hspark@hongik.ac.kr
미시간대학교 산업공학과 박사
현 재: 홍익대학교 정보산업공학과 교수
관심분야: 산업인간공학, HCI 등

❖ 이 미 란 ❖ happymirany@naver.com
홍익대학교 정보산업공학과 학사
현 재: 홍익대학교 정보산업공학과 석사과정
관심분야: 산업인간공학, HCI 등

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2007년 09월 12일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2007년 11월 15일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2007년 11월 19일