

에어컨 공장의 인간공학적 개선에 관한 연구

- An Ergonomic Approach for Improving the Workplace of an Air-conditioner Factory -

정 병 용*

Jeong Byung Yong*

이 재 득*

Jae Deuk Lee*

양 계 령*

Yong Kei Reung

Abstract

This study concerns with an ergonomic approach for improving the workplace of an air-conditioner factory. If work tasks and equipments do not include ergonomic principles in their design, workers may have exposure to undue physical stress, strain, and overexertion, including awkward postures, forceful exertions, repetitive motion, and heavy lifting. The purpose of this study is to improve the safety, comfort, and efficiency of the workplace. Adapting tasks, work stations, tools, and equipments to fit the worker can help reduce physical stress on a worker's body and enhance the effectiveness and efficiency of workplace.

Key-word : Improving the Workplace,
WMSDs: Work Related Muscularskeletal Disorders

1. 서 론

최근 우리나라에서는 고도의 단순 반복 작업, 불편하고 부자연스러운 작업자세, 작업할 때 요구되는 과도한 힘, 충분하지 못한 휴식, 진동, 작업 환경의 불량 등으로 인하여 작업자의 근육과 건에 염증 변화를 유발시켜서 통증과 기능장애를 가져올 수 있는 직업성 근골격계질환(WMSDs: Work Related Muscularskeletal Disorders)이 산업계 전반에 걸쳐 최대의 직업병으로 인식되고 있다[1,3].

* 한성대 산업공학과

+ 본 연구는 2003년도 한성대학교 교내연구비 지원과제 임

따라서 제조업체에서는 작업환경, 작업 방법 및 작업 자세에 관한 인간공학적인 평가와 체계적인 분석을 통하여 근골격계 질환의 예방을 위한 작업 환경의 개선이 요구되고 있다. 인간공학적 측면을 고려한 작업장의 개선은 부자연스러운 자세를 감소시켜 인간의 실수를 줄이거나 예방하여 불량을 줄이고 품질을 높일 수 있다. 또한, 작업 안전성 면에서는 고도의 반복 작업에 의한 근골격계 질환과 요통의 예방을 위한 개선 방향을 제시하여 작업의 위험 요소를 제거할 수 있으며, 적절한 공구의 사용으로 작업자의 신경들에 가해지는 압박을 최소화하여 피로를 줄이고, 작업효율을 높이도록 작업을 설계하여 생산성 향상을 도모할 수 있다.

에어컨 공장은 반자동화 시스템으로 작업자의 반복적인 부품의 조립, 삽입, 중량물의 취급 등의 작업이 주종을 이루고 있다. 그 동안 가전제품 시장을 이끌어 왔던 냉장고, TV, 세탁기 등은 성장기를 지나, 성숙기 또는 쇠퇴기로 접어 대체 수요의 확보 내지 기존 시장의 쟁탈이 치열하지만, 에어컨은 소득 수준의 향상과 함께 그 수요가 증가하여 새로운 가전제품의 중심을 차지하고 있다[2]. 본 연구에서는 조립 및 생산직종의 대표적인 업종인 에어컨 제조 공장을 대상으로 작업자 및 작업 방법 그리고 작업 환경과 작업설비의 실태에 대하여 인간공학적 측면에서 조사, 분석, 개선안을 제시하고자 한다.

2. 설문조사 및 작업 특성 분석

본 연구에서는 에어컨 제조 공장의 작업자 및 작업방법, 작업장의 작업환경 및 설비 등의 현황을 파악하고 인간공학적 측면에서 작업 방법 및 작업 환경의 개선안을 도출하기 위하여 총 149명의 현장 근로자를 대상으로 설문 조사 및 작업 분석을 실시하였다.

설문 대상 작업자들은 남자가 91%로 여자(9%)에 비하여 월등하게 많은 것으로 나타났다. 이는 에어컨 공장이 일반적인 전자 또는 전기 제조업에 비하여 중(重)작업이 많기 때문에 남성 근로자들이 많은 것으로 나타났다. 작업자의 나이별 분포를 보면 20세 미만이 7%, 20-24세가 33%, 25-30세가 27%, 30세 이상이 33%로 나타나 작업장의 전체 인원 중에서 20대가 60%로 가장 많았다. 작업자의 공정 경력별 분포를 보면 작업 경력이 1년 미만(54%), 3년 이상(25%), 1-2년(15%), 2-3년(6%)순으로 나타나 전체 작업자 중 54%가 경력이 1년 미만인 것으로 나타났다.

에어컨 공장은 부피가 크고 또한 중량도 무거운 부품을 취급 하는 작업이 많다. 작업장 분석 결과 작업자가 몸 뒤쪽에서 팔을 뻗쳐 중량물을 잡고 운반하거나, 어깨위의 높은 곳에서 들어서 내리는 자세, 부품을 손가락으로 마주잡기(pinch grip)로 잡고 운반하는 작업들이 발견되었다. 몸 뒤쪽에서 중량물을 이동시키는 경우에는 작업자의 몸통의 회전 반경이 커지고 또한 팔을 뻗쳐서 이동을 하므로 팔은 물론이고 허리에도 무리가 갈 수 있다. 중량물을 높은 곳에서 들어서 내리는 작업도 위험한 작업으로서

작업자가 작업 도중에 부상을 당할 위험이 매우 크다. 또한, 작업자가 작업을 하는데 있어서 과도하게 뻗치는 작업 자세나, 팔을 어깨위로 들고 있는 불편한 작업자세들이 파악되었다.

공장의 조립라인이 하나의 컨베이어로 구성되어 일정한 속도로 흘러가게 구성되어 있고 stopper 없이 작업자들이 라인에 서서 작업을 하는 경우에는 허리를 굽히고 용접 작업을 하거나 어깨 높이로 팔꿈치를 든 채로 용접 작업을 하는 경우가 발생한다. 용접 작업은 고정 자세로 일정하게 유지를 하는 자세가 필요하지만 라인 컨베이어가 계속적으로 움직이므로 뒷걸음을 치면서 용접 작업을 하는 경우도 발생하였다. 즉, 라인에서 작업을 하는 작업자는 불편한 자세로 힘들게 작업은 하지만 제품의 생산성은 떨어지고 품질은 품질대로 떨어지게 된다. 또한 움직여 가며 작업을 하기 때문에 움직임을 고려하여 개선하는 것은 기술적으로 더 힘든 문제이고 작업 개선비용도 상대적으로 많이 소요가 된다.

한편, 작업 현장의 운반 대차는 부품의 운반뿐 만아니라 작업대의 한 부분으로 역할을 담당하게 된다. 작업장의 대차는 운반물을 가급적 많이 싣기 위하여 대체적으로 점점 커지고 높아지고 있다. 운반 대차가 커지고 높아지면 시야가 안보이고, 불편한 자세를 야기시킬뿐만아니라 이동을 어렵게 하여 추돌이나 요통, 협착 사고 등을 발생시킬 우려가 있다.

작업자들이 느끼는 사용하기 불편한 작업 도구로는 운반 도구(21%), 스위치(17%), 용접기(13%), 스크루드라이버(12%), 납땜 기구(10%), 페달(4%), 라벨 부착기(3%)순으로 나타났다. 작업 환경에 대한 개선 사항에 대하여 소음(22.4%), 온도(20.8%), 도구/설비(18.9%), 작업공간(15.9%), 조명(7.8%), 중량물 취급(7.6%), 작업 방법(6.5%)순으로 나타났다.

3. 인간공학적 세부 개선안 도출

1) 양손 작업으로의 개선

표 1은 왼손으로 축을 잡고 있는 상태에서 오른손으로 부품을 끼우는 개선전 작업 방법에서 양손 작업으로 균형을 이루도록 개선한 작업 방법을 나타낸다. 그림 1은 개선된 작업대를 나타낸 것으로 흙을 작업대에 파서 축 지지대 역할을 하게한 뒤, 양손으로 부품을 축에 끼우도록 부품 상자를 대칭적으로 배치하였다.

표 1. 개선 전(좌)과 개선후(우)의 작업 방법

왼손	오른손	왼손	오른손
축을 가져옴		축을 가져옴	축을 가져옴
축을 들고 있음	부품 1삽입	부품1삽입	부품1삽입
	부품 2삽입	부품2삽입	부품2삽입
	부품 3삽입	부품3삽입	부품3삽입

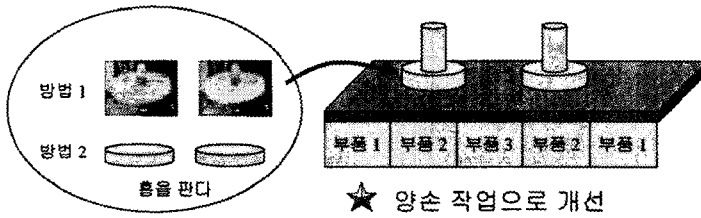


그림 1. 작업 개선 형태

2) 펌프의 관능검사 개선

펌프의 관능검사 작업은 왼손으로 펌프를 지속적으로 들고 있는 상태에서 작업대 위에 뒤엎킨 철사 고리를 오른손으로 가져와 작업을 하던 상태에서 그림 2와 같이 축 검사 받침대를 설치하여 작업자가 지속적으로 PUMP를 잡고 작업하는 것을 개선하고자 하였다. 철사 고리가 영킴으로써 생기는 작업의 비효율을 철사 고리 지지대를 설치하여 작업자가 작업을 하는데 있어서 좀더 효과적으로 작업을 할 수 있다.

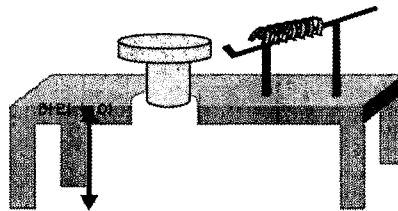


그림 2. 펌프 관능검사의 개선

3) U-BEND 삽입 작업 공정

라디에이터에 U-BEND를 삽입하는 작업은 왼손으로는 U-BEND를 한번에 많이 쥐고 가져와서 이를 하나씩 오른손으로 옮겨 잡아서 부품을 삽입한 후에 오른손에 쥐어져 있는 망치로 망치질을 하는 작업을 한다. 작업자는 왼손에 많은 U-BEND를 잡고 오른손은 지속적으로 망치를 들고 있는 상태에서 오른손으로 왼손의 부품을 옮겨 라디에이터에 삽입하는 과정에서 부품을 떨어뜨리는 상황이 발생하고, 양손의 동작 분할이 균형을 이루지 못하여 비효율적이었다.

표 0. U-BEND 삽입 작업 작업의 개선전(좌)과 개선후(우)

왼손	오른손	
U-bend를 많이 쥐고 있는 상태	U-bend를 하나잡는다	망치를 잡고 있음
	U-bend를 끼운다	
	망치질을 한다	

왼손	오른손
U-bend를 하나잡는다	
U-bend를 끼운다	
	망치질을 한다

작업의 개선은 부품의 크기에 맞는 부품 상자를 기울여서 배치하여 작업자의 손이 너무 깊이 들어가는 것을 방지하고 손의 이동 거리를 줄임으로 작업의 효율을 높일 수 있다. 또한, 왼손은 부품 상자에서 U-BEND를 집어 와서 바로 U-BEND를 끼우고 오른손은 계속 망치질만 할 수 있게 개선함으로써 양손 작업 분할에 있어서 보다 효율적으로 작업을 할 수가 있다.

4) 개스주입 작업의 개선

그림 3은 개스주입 작업에서 작업자와 자동 개스주입 기계와의 작업 내용을 보여준다. 작업자는 혼자서 3대의 기계를 담당하고 있으며 가스 주입 시간은 102초가 소요가 되며 주기 시간은 34초(102초/3대=34초)가 소요된다. 작업자의 기계 1대의 담당시간은 20초이므로 작업자 1명이 담당할 수 있는 이론적인 기계의 수는 5.1대(102/20=5.1)이다. 그러므로 제품 생산 주기 시간을 줄이려면 기계의 수를 증가하여 배치하면 가능하다. 기계의 수를 4대로 늘렸을 경우의 주기 시간은 25.5초(102/4=25.5)로 줄어든다.

	작업자	실외기
5초	유휴	진입(5초)
10초	연결(5초)	연결(5초)
13초	실내기(3초)	자동 주입 (1분)
	유휴	
1분10초	배고 연결(7초)	배고 연결(7초)
1분17초	유휴	자동 주입 (15초)
1분32초	밸(5초)	
1분37초	유휴	진출(5초)
1분42초	유휴	진출(5초)

* 작업자작업은 이동시간 포함

그림 3. 개스주입 작업의 공정도

5) 적재 대차의 개선

대차에 적재된 부품의 위치가 무릎 아래로 낮은 경우에 작업자는 부품을 적재 또는 하역하는 작업에서 허리를 굽히는 정도가 심하게 되고 이동 거리도 길어져 비효율적

일 뿐만 아니라 요통의 원인이 될 수 있다. 특히 10kg 이상의 부품을 반복적으로 취급하여야 되는 경우에는 부담이 더 커지므로 대차의 낮은 위치에 있던 판을 없애고 허리 부위 높이에 판을 추가하여 작업자가 작업을 하는데 있어서 허리에 가는 부담감을 줄이고 부품의 이동시 동선을 줄일 수 있다(그림 4).

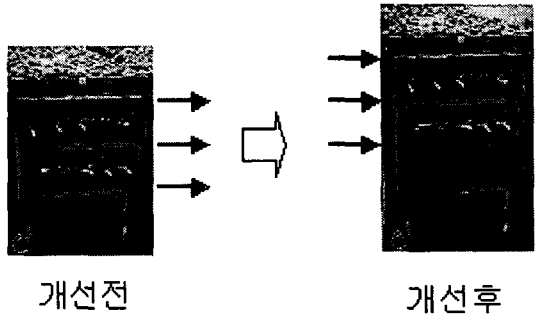


그림 4. 적재 대차의 개선전후

6) 부품 상자의 크기

작업대에 놓고 사용하는 부품 상자의 깊이가 작업자의 손길이 보다 깊을 경우에는 비효율적이므로 부품 상자의 깊이는 손길이 보다 깊지 않게 설계를 해야 한다. 부품 상자의 깊이는 여자 손 길이가 작은 사람(여성의 5%)보다 깊지 않도록 설계를 하여야 하며, 부품 봉지의 용량이 한 번에 들어갈 수 있도록 부품 상자의 크기를 가로×세로로 조절을 하여 설계를 한다(그림 5).

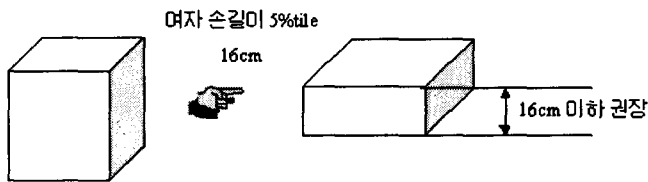


그림 5. 부품 상자의 개선

7) 부품상자를 기울여 주는 지지대

부품 상자를 왼쪽이나 오른쪽에 수평면에 놓는 경우에는 부품 위치에 따라 손을 움직여야 한다. 손의 이동을 줄이고 손목이 꺾이는 동작을 줄이기 위하여 부품 상자를 기울여 주는 지지대를 이용함으로써 부품을 흘러내리게 하는 효과를 가져올 수 있다.

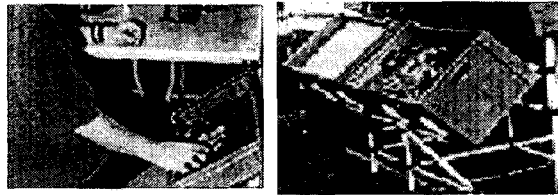


그림 6. 부품 상자 지지대

8) 밀기 작업

작업자가 실외기를 작업대에서 이동하는 데 있어 맨 바닥에서 부품을 밀어 이동을 하는 경우에는 작업대의 바닥에 롤러나 롤러 볼 등을 설치하여 바닥과 부품 사이의 마찰을 줄일 수 있다.

9) 수공구의 개선

작업자가 작업을 할 때는 대부분 수공구를 사용한다. 작업자가 일자형 도구를 사용하여 작업을 하는 경우에는 작업자의 손목 꺾임이 반복적으로 발생하여 손목에 무리가 갈 수 있다. 그러므로 직경 검사 도구를 일자형에서 T자형으로 바꾸어 좁으로써 작업자의 손목의 꺾임을 방지하고 손바닥에 분포되는 압력이 일부분이 아니라 넓게 분포되게 하여 준다. 그림 7과 같이 일자형 송곳은 T자형 송곳으로 개선하여 작업자의 손목에 무리가 가는 것을 방지할 수 있으며, 또한 손가락을 끼워서 사용하는 가위보다는 손가락을 끼우지 않고도 사용할 수 있는 가위로 대체하면 작업의 효율을 보다 높일 수 있다.

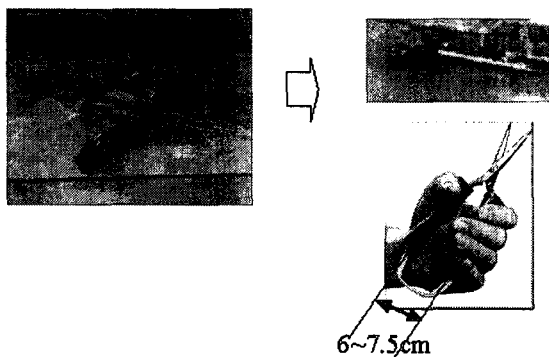


그림 7. 수공구의 개선

4. 결 론

인간공학적 측면을 고려한 작업장의 개선은 부자연스러운 자세를 감소시켜 인간의 실수를 줄이거나 예방하여 불량률을 줄이고 품질을 높일 수 있고, 적절한 공구의 사용으로 신경들에 가해지는 압박을 최소화하여 작업자의 피로를 줄이고, 작업효율을 높이도록

작업을 설계하여 생산성 향상을 도모할 수 있다. 그리고 작업 안전성 면에서는 고도의 반복작업에 의한 작업관련 근골격계 질환과 요통의 예방을 위한 개선 방향을 제시하여 생산성과 작업 편리성을 동시에 향상시키거나 작업의 위험 요소를 제거할 수 있다. 1996년에 미국의 Honeywell사는 근골격계 질환 예방을 위한 인간공학적 개선을 통하여 생산성을 37% 증가시킬 수 있었으며, 작업자의 연간 산재 보상비용은 연간 약 200만 달러 정도 감소되었다. 또한 TRW의 자동차 분야는 작업장에서의 인간공학적 위험 요소 개선을 통하여 근로자 100명당 작업 손실일수를 90% 정도 줄였고 15%의 생산성 향상을 이루어 냈으며, 주기시간을 62%나 줄이는 효과를 가져올 수 있었다[4].

본 연구에서는 에어컨 공장의 작업장 및 작업 방법에 관하여 실태를 인간공학적인 면에서 조사, 분석하여 개선안을 제시하였다. 본 연구에서 제시된 개선안은 생산성 향상과 작업 오류의 감소, 작업 위험 요인의 감소 효과를 가져 올 것으로 기대된다. 또한, 제시한 개선안은 동종 업종에서의 인간 공학적 작업 개선 활동에 유용하게 활용할 수 있으리라 여겨진다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 정병용, “작업 분석 및 관리”, 한성대학교 출판부, 2003.
- [2] 윤원영, 성문현, 정석주. “에어컨 서비스데이터 신뢰도 분석”, IE Interfaces Vol 12 No 1, 1999. 3
- [3] Konz, S. and Johnson, S., *Work Design: Industrial Ergonomics(5th ed.)*, Holcomb Hathaway, Publishers, 2000.
- [4] http://www.htec.com/resources/case_studies.html.

저 자 소 개

정 병 용 : 현재 한성대학교 산업공학과 교수로 재직중.

고려대학교 산업공학과 학사, 한국과학기술원 산업공학과 석사, 박사.

관심분야는 인간공학적 진단 및 개선 응용, 안전관리.

이 재 득 : 현재 한성대학교 산업공학과 교수로 재직중.

한양대학교 산업공학과 학사, Penn. State Univ. 산업공학과 석사, 박사.

관심분야는 인공지능, 공장자동화, 산업공학 응용 분야

양 계 령 : 한성대학교 산업공학과 학사, 석사.

관심분야는 인간공학적 진단 및 개선 응용, 안전관리.