

2007년 2월

2007년 2월
석사학위논문

석사학위논문

전자산업

생산현장
PMV

개선

및

생산성향상에

관한연구

박상만

전자산업 생산현장 PMV 개선 및 생산성 향상에 관한 연구

조선대학교 대학원

산업안전공학과

박 상 만

전자산업 생산현장 PMV 개선 및 생산성 향상에 관한 연구

*A Study on PMV Enhancement and Productivity
Improvement in the Production Sites of Electronics Industry*

2007년 2월

조선대학교 대학원

산업안전공학과

박 상 만

전자산업 생산현장 PMV 개선 및 생산성 향상에 관한 연구

지도교수

박 해 천

이 논문을 공학 석사학위신청 논문으로 제출함.

2006년 11월

조 선 대 학 교 대 학 원

산업안전공학과

박 상 만

박상만의 공학석사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 교수 김 종래 인

위 원 조선대학교 교수 최 형일 인

위 원 조선대학교 교수 박 해천 인

2006년 11월

조 선 대 학 교 대 학 원

Abstract

A Study on PMV Enhancement and Productivity Improvement in the Production Sites of Electronics Industry

Park, Sang-man

Advisor : Prof. Paek Hai-chun, Ph.D.

Dept. of Industrial Safety Engineering

Graduate School of Chosun University

Modern people have been interested in comfort indoor environment, as the standard of living has been improved according to social and cultural development. Especially, air quality cause modern people who usually stay in indoor places to get disease like Sick Building Syndrome, moreover it has influenced workers' health, comfort requirements and operation efficiency in the production sites of electronic industry.

Usually, modern people have been lived in confined buildings, so that we can not helping being subject to artificial indoor environment. Under indoor environment without self-purification, air conditioners, air handling units and air purifiers can make comfort environment. In here, the requirements for comfort environment are thermal environment which related to temperature and humidity, air quality environment which are influenced by hazardous gas and dust, acoustic environment, light environment, and etc. The ventilation methods of indoor space can be divided into natural ventilation and mechanical ventilation. Since enough ventilation can not be occurred by only natural ventilation which makes use of the natural flow of air

by temperature variations between outdoor and indoor, or the wind power of open air, generally we use mechanical ventilation methods for indoor ventilation.

To control indoor thermal environment, nowadays, thermostat and humidist which are controlled by temperature and humidity are using. However it is necessary to consider and control all the factors such as humidity, wind speed, radiation, etc, also including temperature, since those factors are complexly involved in indoor thermal environment.

So to speak, we adopted this research to find out the method of productivity improvement in production sites, as we planned to set up control factors for indoor thermal environment using more complex Thermal Environment Index and to control indoor thermal environment as similar to warmth and cold that people usually felt.

The purpose of this study is to make comfort environment ideal to improve productivity, as we inquire into the control condition and the phenomena of thermal environment and air quality in the production sites of 'S' Electronics, and also suggest alternative plans for improvement by measuring the workers' satisfaction with indoor air quality.

The summary of this study is that firstly we measured thermal environment and air quality from 3 production sites in 'S' Electronics. The result that we analyzed the problems is that PMV(Predicted Mean Vote) was recorded as 0.20, which was definitely required to be improved, according to the cooling load of refrigerators production sites. On the other hand, the PMV of the air conditioners and washing machines production sites was from -0.17 to -0.07, and it means their thermal

environment was quite excellent. However, in air conditioners production site, it was necessary to improve the function of ventilation, since the position and the operation of some ventilations were poor in the process of welding, so the density of CO₂ was too high. Then, through the questionnaire survey of workers, it was found that workers in refrigerators and washing machines production sites were the most highly dissatisfied with air quality, as they were recorded like 52% and 55%. This fact caused workers to have respiratory diseases, and workers with respiratory diseases were 68% in refrigerators site, more than 36% in washing machines and air conditioners sites. We analyzed the relative frequency of PMV and production improvement that were compared with the characters of work. As a result, we found that there was the productivity loss of 2% in air conditioners site, 3% in washing machines site, and 8% in refrigerators site.

The result of this study were as follow:

- 1) The improvement of thermal environment in production sites
- 2) The improvement of air quality
- 3) The improvement of dissatisfied factors by questionnaire survey, etc

It should be focused to maintain production environment that make workers feel comfort.

In fact, we had planned to suggest improvement programs for proper thermal environment and air quality in the production sites of electronic industry, however it is difficult to say that the contents suggested by this study completely corresponds with the improvement of thermal environment in the whole production sites of electronic industry.

Simply, we should keep trying to control and maintain indoor thermal environment as similar to body heat, to create ideal indoor thermal environment for workers to suggest improvement plans which fit in each character of control and thermal environment depending on production sites.

Accordingly, we would like to indicate the PMV improvement plans of production sites through workers' interview and basic surveys for PMV improvement in production sites, and to make a contribution to improve the production environment which is related to PMV in other production sites by measuring the relation of productivity and the result of improvement

〈 목 차 〉

Abstract	1
제1장 서론	1
제1절 연구의 배경과 목적	2
제2절 연구의 범위 및 방법	2
제2장 이론적 배경	4
제1절 열환경 평가지표인 PMV개념	4
1. 온열환경의 의미	5
2. PMV & PPD (예상 온열감 반응과 예상불만족도)	6
3. 신유효온도와 표준 신유효온도	8
4. 건물에서의 온열환경	9
5. 온열환경과 인체의 열적반응	9
6. 복사환경과 온열환경	9
7. 기류와 온열환경	9
8. 온열환경과 쾌적범위	10
제3장 연구모형	12
제1절 측정 및 온열감 조사	12
1. 측정개요	12
2. 현장온도 및 온열감 측정	14
3. 조사기간 및 방법	14

4. 설문조사 결과	15
제2절 측정결과 및 고찰	16
1. PMV와 PPD의 분포	16
2. CO, CO ₂ 가스의 농도	19
제4장 연구 분석 결과	24
제1절 생산성손실 산출 및 개선방향	24
1. 생산성손실 산출	24
2. 개선방향	26
제2절 개선효과 분석	30
제5장 결론	33
제1절 연구결과의 요약 및 시사점	33
제2절 연구의 한계 및 향후계획	34
참고문헌	35
부록	36
감사의 글	38

⟨*Tables*⟩

Table 1. air conditioner production line improvement	24
Table 2. washing machine production line improvement	25
Table 3. refrigerator production line improvement	26
Table 4. temperature differences between before and after individual duct installation	28

〈*Figures*〉

Fig 1. predicted mean vote	4
Fig 2. the definition of new effective temperature	8
Fig 3. Flow of Research	12
Fig 4. CO and CO ₂ concentration in the atmosphere	13
Fig 5. percentage of PMV of each production line	14
Fig 6. percentage of dissatisfied on the atmosphere of each production line	15
Fig 7. thermal environment in air conditioner C-line	16
Fig 8. thermal environment in washing machine A-line	17
Fig 9. thermal environment in refrigerator B-line	17
Fig 10. CO and CO ₂ concentration in the atmosphere (air conditioner C-line)	18
Fig 11. bad effects from gas concentration in air conditioner C-line	20
Fig 12. CO and CO ₂ concentration in the atmosphere (washing machine A-line)	21
Fig 13. CO and CO ₂ concentration in the atmosphere(refrigerator B-line)	22
Fig 14. PMV index and productivity improvement	23
Fig 15. air conditioner production line improvement plan	25
Fig 16. washing machine production line improvement plan	26
Fig 17. refrigerator production line improvement plan	27
Fig 18. refrigerator production line improvement plan	29

제 1 장 서 론

제1절 연구의 배경 및 목적

사회와 문화의 발달로 인한 생활수준의 향상으로 현대인은 쾌적한 실내 환경에 대한 관심이 증대하고 있으며, 특히 공기질은 장시간 실내에 거주하는 현대인에게 빌딩증후군과 같은 질병의 원인이 되고 있다. 전자 산업 생산현장에서도 실내 환경조건의 공기의 질은 작업자의 건강, 안전 및 작업 능력에 많은 영향을 주고 있다.

현대인은 생활의 대부분을 밀폐된 건물에서 생활을 하고 있고 이로 인해 실내의 인공적인 환경에 지배적인 영향을 받고 있다. 자기정화 기능이 없는 인공 환경 하에서는 에어컨, 공기조화기 그리고 공기정화기 등에 의해서 쾌적한 실내 환경이 조성된다. 여기서 쾌적한 환경의 조건으로는 주로 온도 및 습도에 관련한 열환경, 유해가스 및 분진 등에 의한 공기질 환경, 음 환경 및 광환경 등으로 나눌 수 있으며 실내 공간의 환기방식은 자연 환기 방식과 기계 환기 방식으로 구분된다. 자연 환기 방식은 실내·외 온도차와 외기의 풍력에 의한 자연적인 공기의 흐름을 이용한 것으로 자연 환기만으로는 충분한 환기량을 얻을 수 없으므로 대부분의 실내 환기에는 기계 환기 방식을 이용하고 있다.

기계 환기 방식 이용으로 인한 에너지 소비를 줄이기 위해 고효율의 설비를 갖추는 것은 물론 건물의 밀폐화로 실내 환경을 제어해 줄 필요성과 효율적인 에너지 절약과 지구온난화 방지를 위한 에너지 유효이용이란 관점에서 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히, 건물 내에서 대부분의 시간을 보내는 실내 작업자들에게 있어 근무환경의 쾌적성은 일의 효율성을 증대시키고 나아가 건강을 유지하는 데 매우 중요한 요소이다. 최근 정보화 시대로의 급속한 변화에 따른 공장자동화와 지가 상승에 따라 공장 내에는 인간과 각종 기계 설비들이 매우 조밀하게 배치되어 있다. 이러한 작업장 내 근무자에게 쾌적한 환경을 제공하기 위해서 실내의 기온, 습도 등을 제어할 수 있는 공조

시스템이 사용되고 있다. 그러나 인간은 주위환경으로부터 상당히 복잡한 과정을 거쳐 쾌적한 상태를 느끼므로 공조시스템을 통하여 쾌적한 실내 환경을 구현하기 위해서는 먼저 인간이 가장 직접적으로 느끼는 실내의 기온, 습도, 기류, 복사와 같은 물리적 환경과 인간의 쾌적감간의 상관성을 밝혀내는 것이 중요하다.

인간의 쾌적감과 온열환경간의 관계를 파악하기 위한 연구는 일찍이 19세기 말부터 미국, 유럽 등지에서 시작되었으며 현재 쾌적한 실내공간에 대한 계측, 평가 및 예측 기술에 대한 연구가 세계적으로 활발히 수행되고 있다. 국내에서는 1970년대 후반부터 일부 대학, 연구소에서 실내 온열환경의 쾌적성에 연구를 시작하였는데, 이들은 주로 아파트나 단독 주택과 같은 주거시설을 대상으로 연구를 수행하였다. 최근에는 환경 실험실을 사용하여 한국인의 온열감을 밝히려는 연구도 수행되고 있다.

실내 온열환경을 제어하기 위한 방법으로는 현재 써머스태트와 휴미디스태트에 의한 온도와 습도 제어방법이 널리 이용되고 있다. 그러나, 실내 열 환경은 온도뿐만 아니라 습도, 기류속도, 복사열 등이 복합적으로 관계가 있으므로 이와 같은 요인을 종합적으로 고려하여 제어할 필요가 있다.

따라서 보다 종합적인 열 환경지표를 실내 열 환경 제어요소로 설정하고 인체가 느끼는 온·냉감과 유사하도록 실내 온열환경을 제어함으로써 생산현장의 생산성을 향상시키기 위한 방법의 하나로 연구를 채택하게 되었다.

제2절 연구의 범위 및 방법

권장 쾌적한 열 환경 조건(Recommended comfort requirements)은 일반적으로 사람이 거주하는 공간을 대상으로 할 것을 권한다. PPD는 10% 이하로 하며, 이는 $-0.5 < PMV < +0.5$ 범위에 있음을 의미한다. 주로 착석상태의 경 작업 시 ($70 \text{ W/m}^2 = 1.2 \text{ met}$) 작용온도에 대한 쾌적 한계들이 아래의 A.1 절에 나타나 있다. A.1 절은 여름철, 착의량 $0.5 \text{ clo} = 0.078 \text{ m}^2\text{C/W}$ 인 상태에서의 쾌적한 열 환경 조건에 관한 내

용이다. PMV, PPD 지표는 신체의 덥거나 추운 불 쾌적감을 표현하는 것이다. 그러나 열적 불만족은 인체 특정 부분에 대한, 원치 않는 국부적 냉난방에 의해서도 야기될 수 있다. 즉, 열적 불만족은 머리와 발목 근처에서의 수직 온도차가 너무 큰 경우, 바닥이 너무 뜨겁거나 찬 경우, 기류 속도가 너무 빠른 경우, 복사온도의 불균일이 심한 경우 등에도 야기될 수 있는 것이다. 이러한 각 요소들의 한계들은 A.1 절에 주로 착석 상태의 경 작업에 대해 서술되어 있다. 만약 이러한 한계 조건이 충족될 경우 재실자의 5% 이하만이 앞에서 언급된 각 요소들에 의한 인체의 국부적 냉난방으로 인해 불쾌함을 느낄 것으로 예상된다.

국부적 불쾌적에 관한 실험 데이터들은 PMV, PPD 지표를 위한 실험 데이터들에 비해 아직 미흡하며, 착석상태에 비해 많은 활동량을 갖는 경우의 국부적 불쾌적 한계를 규정하기는 아직 미흡한 실정이다. 그러나 보통 사람의 경우 활동량이 많은 상태에서는 열쾌적에 덜 민감한 것으로 판단된다. 만약 환경 조건들이 제시된 쾌적한 한계 내에 들면, 재실자의 80% 이상이 열적으로 만족하다고 할 수 있다

A.1 여름철, 주로 착석상태의 경작업시 쾌적 조건 (냉방기)
 작용온도 : 23 ~ 26 °C (즉, 24.5 +- 1.5 °C)
 수직온도차 : 바닥 위 1.1, 0.1 m (머리와 발목 높이) 사이에서 3 °C 이내
 평균 기류속도 : 0.25 m/s 이내

따라서 본 연구에서는 권장 쾌적 열환경 조건을 만족시키고 생산성을 증대시키기 위한 방법을 모색하기 위해 기초 설문조사와 전자산업 생산현장의 실내 환경 실태에 대한 현장조사와 분석을 통하여 온열환경의 문제점을 개선하고 국내 전자산업 제조현장에서 생산성 향상을 위한 쾌적한 온열환경 제공의 대안을 제시하고자 한다. 또한 이 자료를 토대로 PMV 쾌적성 유지관리에 대한 개선의 기초 자료로 활용할 수 있다.

본 연구를 위한 표본대상은 광주광역시 H산업단지 내 S-전자를 대상으로 하였으며, 2006년 6월에서 2006년 9월까지 근로자들에 대한 설문 및 면담과 냉장고, 에어컨, 세탁기 3개 라인 생산현장의 35개소를 대상으로 온열환경측정기, CO, CO₂ 측정기를 이용한 공기의 질을 측정하는 방법으로 이루어졌다.

제 2 장 이론적 배경

제 1절 열환경 평가지표인 PMV의 개념

인간이 느끼는 열적 쾌적감이나 불쾌감의 정도는 개인마다 다르며, 추위나 더위에 대한 감각도 다소 차이가 있다. 인간이 느끼는 열적 쾌적 상태란 열에 의해 재실자가 스트레스나 긴장감을 받지 않는 환경을 의미하며 인간이 열적인 상태에서 느끼는 쾌적 정도를 열 쾌적감이라 한다. 1)ASHRAE의 Comfort Standard 55와 ISO 7730에 의하면 “열 쾌적감이란 열 환경에 만족을 나타내는 기분의 상태”라고 정의하고 있다. 온열환경을 평가하는 지표는 여러 가지가 있으나 2)덴마크의 Fanger는 1,300여명의 피험자를 대상으로 하여 작업량, 착의량, 건구온도, 평균 복사온도(MRT), 기류속도, 습도, 수증기분압 등을 측정하고 정리하여, 예상 온열감반응(Predicted Mean Vote, PMV ; 이후 PMV로 표기)과 예상불만족도(Predict Percentage of Dissatisfied, PPD) ; 이후 PPD로 표기)를 제안하였다. PMV는 대상 집단의 반응을 다음과 같이 7단계로 나누어 양(+)의 값은 [Fig 1.]와 같이 더운 범위(warm side), 음(-)의 값은 추운 범위(cold side)로 표시하였다. (cold side) -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3(warm side)

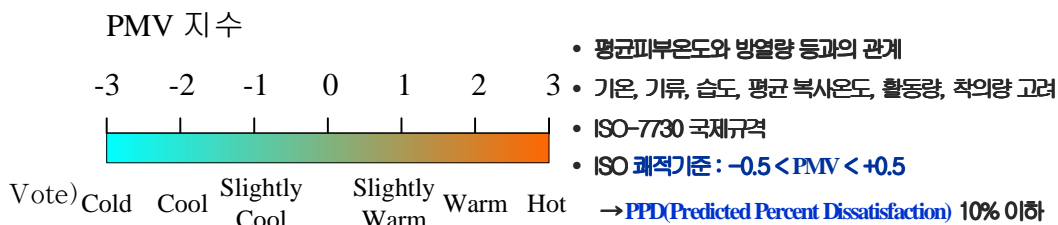


Fig 1. 예상평균 온열감 (PMV, Predicted Mean)

- 1) ASHARE(미국냉공조학회). The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers advances the arts and sciences of heating, ventilation, air conditioning and refrigeration to serve humanity and promote a sustainable world.
- 2) P.Ole.Fanger. 덴마크 교수. 열쾌적 방식 주장, 지난 1984년 ISO에 의해 ISO 7730으로 국제 규격화(ISO 쾌적기준 : $-0.5 < PMV < 0.5$)

1. 온열환경의 의미

예로부터 건축물은 인간이 직접적인 외부환경으로의 노출로부터 완충작용을 하며, 맹수 등의 위협으로부터 인간을 보호할 수 있는 장소를 제공하여 주었다. 그러나 오늘날 사회가 발전하고 경제가 윤택함에 따라 인간은 건축물을 단순하게 거주 한다는 개념의 장소라는 차원을 벗어나 자신이 거주하고 있는 실내공간을 쾌적하며 살기 편안한 장소로 변화시키는 노력을 통하여 건축물을 발전시키고 있다.

인간이 거주하고 있는 실내 환경은 여러 가지 물리적인 요소에 의하여 영향을 받는다. 특히 열적인 측면에서 고려해 보면 인간은 온열환경의 개선은 매우 중요한 부분이다.

온열환경이란 인체를 둘러싸고 있는 열적인 환경을 뜻한다. 즉 인간의 열적인 감각에 영향을 주는 모든 환경을 뜻한다. 이에 온도·습도·복사 및 기류의 기본적인 요소 및 나이·성별·체질·습관 등의 여러 가지 주관적인 요소 등이 포함된다. 이러한 환경이 인간의 쾌적에 영향을 끼치게 되며, 이러한 환경을 온열환경이라 말할 수 있다. 그림1은 온열환경에 영향을 미치는 요소를 나타낸 것이다. 이러한 온열환경은 다양한 방법으로 평가할 수 있으며, 특히 온열환경 평가지표를 이용하여 그 특성을 파악할 수 있다.

일반적으로 실내의 온열환경을 평가하는 지표는 매우 많은 종류가 있다. 실내의 환경을 평가하는 경우에 사회 통념상 일반적으로 온도만을 이용하였다. 즉 현재의 온도가 낮고 그러므로 덥거나 춥다는 느낌만을 중요시 하였다. 그러나 앞서 언급하였듯이 온도만이 인간의 쾌적감에 영향을 미치는 것이 아니라 그 외 여러 온열환경 요소들을 몇 가지 또는 상당히 많이 고려한 종합적인 평가지표가 필요하게 되었다. 예를 들어 여름철에 많이 쓰이는 불쾌지수는 온도와 습도를 고려한 지표이다. 즉 어느 한 요소만을 고려한 단일 지표보다는 여러 요소들을 고려한 종합적인 지표들이 실내의 온열환경을 평가하는데 더욱 정확하고 바람직할 것이다.

여기에서는 여러 가지 온열환경 지표 중에서 가장 대표적이며, 사용빈도가 높은 지표를 소개하기로 한다.

2. PMV & PPD (예상온열감 반응과 예상불만족도)

PMV(predicted mean vote)는 덴마크의 P.Ole.Fanger 교수에 의하여 제안된 지표로서 주위 환경과 인체와의 열적 반응에 의한 인체의 열평형을 기초로 하고 있다. 즉 인체의 활동과 착의가 산정되고 공기온도, 평균복사온도, 풍속 및 수증기압의 환경에서 인체의 열 생산과 환경으로의 열 손실량이 같은 즉 열적으로 평형을 이룰 때의 열적감각을 수치로서 표현한 것이다. PMV 지표는 많은 사람에게 '덥다부터' '춥다'까지의 7단계 평가에 의해 기입·회답하여 받은 지표이다.

PMV는 다음 식 (1) 에 의해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 PMV = & (0.303 e^{-0.036M} + 0.028) \{ (M - W) - 3.05 * 10^{-3} \\
 & * [5733 - 6.99 (M - W) - p_a] - 0.42 \\
 & * [(M - W) - 58.15] - 1.7 * 10^{-5} M (5867 - p_a) \\
 & - 0.0014 M (34 - t_a) - 3.96 * 10^{-8} f_{cl} \\
 & * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \} \dots\dots\dots \text{식 (1)}
 \end{aligned}$$

여기에서,

$$\begin{aligned}
 t_{cl} = & 35.7 - 0.028 (M - W) - I_{cl} \{ 3.96 * 10^{-8} f_{cl} \\
 & * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \} \\
 h_c = & 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} \text{ for } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} > 12.1 \text{ root (var)} \\
 h_c = & 12.1 \text{ root (var) for } 2.38 (t_{cl} - t_a)^{0.25} < 12.1 \text{ root (var)} \\
 f_{cl} = & 1.00 + 1.290 I_{cl} \text{ for } I_{cl} < 0.078 \text{ m}^2\text{C} / \text{W} \\
 f_{cl} = & 1.05 + 0.645 I_{cl} \text{ for } I_{cl} > 0.078 \text{ m}^2\text{C} / \text{W}
 \end{aligned}$$

여기에서,

- PMV : Predicted mean vote
- M : 활동량 (metabolic rate), 단위 : 인체 표면에서의 W/m^2 , 1 metabolic unit = 1 met = 58 W/m^2
- W : 외부 일 (external work), 단위 : W/m^2 , 대부분의 활동에서 0
- I_{cl} : 의복의 단열값 (thermal resistance of clothing), 단위 : m^2C/W , 1 unit of thermal resistance of clothing = 1 clo = 0.155 m^2C/W
- f_{cl} : 나체일 경우 인체 표면적에 대한 착의시 인체 표면적 비율
- t_a : 공기 온도 (air temperature), 단위 : $^{\circ}C$
- t_r : 평균 복사온도 (mean radiant temperature), 단위 : $^{\circ}C$

v_{ar} : 상대 기류속도 (relative air velocity), 단위 : m/s

P_a : 수증기 분압 (partial water vapour pressure), 단위 : pascals

h_c : 대류 열전달 계수 (convective heat transfer coefficient), 단위 : $W/m^2\text{ }^\circ\text{C}$

t_{cl} : 의복의 표면온도 (surface temperature of clothing), 단위 : $^\circ\text{C}$

식 (1)을 통해 서로 다른 활동량, 착의량, 온도, 평균 복사온도, 기류 속도, 습도의 조합에 대한 PMV를 계산할 수 있다. t_{cl} 과 h_c 에 관한 방정식은 반복해법에 의해 풀 수 있을 것이다.

PMV 지표는 정상상태 조건하에서 유도되었지만, 하나 이상의 변수가 미세하게 변화하는 동안이라도, 해당 변수의 직전 1시간 동안의 시간 가중 평균을 이용한다면 잘 적용될 수 있다.

PMV 지표는 -2 ~ +2 사이의 PMV 값 경우에만 사용을 권하며, 6개의 주요 인자가 다음의 범위 안에 있을 경우에만 사용을 권한다.

예상불만족도 *PPD(predicted percentage of dissatisfied)*는 많은 사람들 중 열적으로 불 쾌적하게 느끼는 사람들의 비율을 예측하는 것이다. (즉, 7단계 온열감 척도 중, hot (+3), warm (+2), cool (-2), cold (-3) 에 의사 표시를 하는 사람들의 비율을 예측하는 것임.) 나머지 사람들은 열적으로 neutral, slightly warm, slightly cool 하게 느낀다고 할 수 있다.

PPD 값은 PMV 지표에서와 같이 마찬가지로 온도를 재실자를 대상으로 한 실험결과를 통계적으로 처리한 것이다. 즉, PPD 지표는 다수의 사람들 중에서 열적으로 불만족을 느끼는 사람의 수를 나타낸다.

예상 온열감 반응과 예상 불만족도와 의 상관관계를 나타낸 것이 그림 2로서 그림에 서와 같이 예상 온열감 반응의 절대 값이 커질수록 예상불만족도의 값이 커짐을 알 수 있다. 그러나 예상 온열감 반응의 값이 '0'일지라도 예상불만족도는 5%를 나타낸다. 즉 온열감이란 개인들의 주관적인 판단이 많이 개입되기 때문에 비록 열적으로는 '덥지도 춥지도 않다'라는 반응을 나타내더라도 그 상태에서 불만을 나타내는 빈도는 0% 가 아니며 따라서 이러한 온열환경에서도 불만을 나타내는 경우가 있음을 알 수 있다.

PMV 지표는, 동일 환경에 노출된 많은 사람들의, 온열감에 대한 의사 표시의 평균치를 예측하는 것이다. 그러나 실제 개별적인 의사 표시 값들은 평균치를 중심으로

흘어져 있게 되며, 좀 더 실용적이기 위해서는 덥거나 혹은 춥게 느끼는 사람들의 숫자를 예측하는 것이 필요하다고 할 수 있다.

3. 신 유효온도와 표준 신 유효온도

신 유효온도(new effective temperature)는 모델화한 체온조절기구의 열평형식을 푸는 것에 의해 구하는 생리적 상태치를 바탕으로 열 환경을 평가를 행하는 것이다.

이 지표는 발한에 의한 체온조절기능을 포함하는 열평형 모델에 의거하여 기온, 복사, 습도, 기류, 착의, 작업량, 기압, 인공공동의 환경변수에 따른 생리인자로서 피부온도, 체내온도, 발한량, 저장량 등을 종합적으로 평가할 수 있다.

실제 환경의 4가지 온열요소 및 인간 측의 요소로서 작업 강도와 복의 상태를 고려하고 인체표면으로부터 주위 환경으로의 발열량을 구한다. 이때 인체의 생리량으로서 계산되는 평균 피부온도와 발열량도 같아지도록 상대습도 50%에 있어서 기온을 신 유효온도라 한다.

작업강도로서 앉아서 작업하고 착의가 보통(0.6clo)의 상태에서 정온한 기류일 때를 표준 상태로 하고, 이 조건에서 구하는 신 유효온도를 표준 신 유효온도라고 한다.

표준 신 유효온도의 계산은 복잡하고 일반적으로 계산기에 의존하여야 하는데, 이를 구할 수 있는 방법을 나타내면 Fig 2. 과 같다.

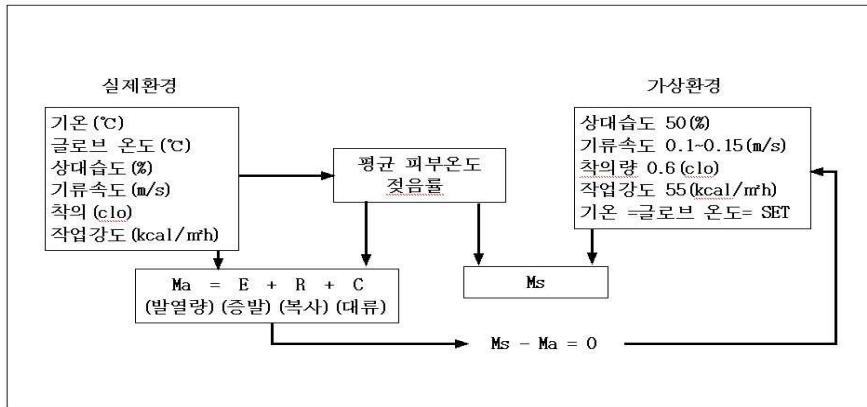


Fig 2. 표준 신유효 온도의 개념

4. 건물에서의 온열환경

일반적으로 온열환경에 영향을 미치는 물리적 요소 중에서 복사 및 기류의 요소가 온열환경에 어떠한 영향을 미치는가를 살펴보고, 이를 토대로 하여 건물의 온열환경이 이러한 요소들에 의하여 어떠한 반응을 하는지 검토하여 본다.

5. 온열환경과 인체의 열적 반응

인체를 둘러싸고 있는 주위의 물리적 환경요소는 피부 호흡 등의 열적 작용을 통해 피부호흡으로 인한 방열량에 영향을 미치게 된다. 이 과정은 인간의사와는 관계없이 발생하는 물리적인 현상이지만 인체는 체온을 일정하게 유지하려는 생리반응이 있으므로 이로 인하여 체내에서 방열량이 제어된다. 이 생리적 반응의 부하가 가벼울 때가 온열적으로 쾌적하다고 할 수 있다. 이러한 반응은 개인적으로 차이가 있고, 또 운동 상태와 착의 상태 등에 따라서 상이하게 나타난다.

6. 복사환경과 온열환경

주거건물의 거실 내에서 복사의 영향은 창 등의 개구부가 가장 크지만, 그 외 벽면 등의 표면온도도 영향이 크다. 쾌적한 건축 공간을 창조하기 위해서는 각 부위의 표면 온도를 충분히 고려할 필요가 있다. 창은 조망 등을 통해 쾌적한 공간을 구성하는 건축적 요소이지만 방위와 면적에 따라서는 온열 환경상 불리한 요소가 될 수 있다.

7. 기류와 온열환경

기류에 따라 서늘해지거나 추워지는 기후는 온도 상으로는 중립이지만 몸의 일부에 닿는 기류는 불쾌감을 주게 된다. 앉아서 가벼운 작업을 하는 사람에게 머리 부분에서 기류의 불쾌감을 느낀다. 기온이 높은 경우에는 상대적으로 불쾌하게 느끼지는 않지만 일반적 사무작업의 경우 0.25m/s 정도까지 풍속을 억제하는 것이 좋다.

실내 기류는 공조에 의해 인공적으로 만들어지는 것과 창 면, 실내기온의 온도차에 의해 발생하는 대류에 의한 것이다. 공조에 의한 기류는 취출구에서 조정되기 때문에 취출구 선정시 외장과 조화를 이룰 수 있고, 기류감이 적은 것을 선정하는 것이 중요하다.

대류에 의해 발생하는 기류에서 대표적인 것이 콜드 드래프트이다. 콜드 드래프트는 실내에서 유리의 표면온도차에 의해 발생한다. 콜드 드래프트를 방지하는 대책은 과도한 창면을 계획하지 않는 것이 가장 중요하다. 그 외에 창 밑에는 베이스 보드를 설치하거나 에어 플로윈도 등의 창호 시스템을 채택하는 것 등이 있다. 또 창 밑에서 배기를 유도하면 콜드 드래프트를 방지하는 효과가 있다.

8. 온열환경과 쾌적 범위

건물에서 온열환경을 파악하는 목표는 건물에서의 온열환경 특성에 맞추어 쾌적 범위를 설정하고 그 설정 범위에 맞추어 각종 설비를 작동하여, 가장 합리적인 운전조건을 설정하고, 쾌적한 실내 환경을 조성하는 것이다. 즉, 건물 내에서 목표가 되는 온열 범위를 설정하고 그에 맞추어 설비를 합리적으로 가동 시켜야 가장 에너지 절약적이며 실내의 거주자에게 쾌적한 환경을 조성할 수 있을 것이다. 지금까지 주거용 건물뿐만 아니라 사무소 등의 용도가 다른 각종 건물에서의 쾌적 범위에 대한 많은 연구 결과가 이루어졌다. 그 결과를 분석해보면, 현대사회로 갈수록 건물 내에서 재실자가 느끼는 쾌적 범위가 점차 좁아지고 있다는 것이다. 이는 사회가 발전되고 경제적으로 윤택하게 된 현대인은 쾌적 범위에 대하여 과거의 그것보다 좀 더 엄격하여지고, 쾌적함이라고 느끼는 온도 및 습도 등 온열요소에 대하여 까다롭게 요구되고 있기 때문이다.

건물에서 쾌적 범위가 좁아지게 되면 이를 위하여 냉난방설비 등 각종 설비 등의 자동화의 요구가 증대되고, 이로 인하여 비용이 증대되게 되며, 건물의 관리적인 측면에서 생각하면 요구 쾌적 조건에 부합되기 위한 운영비가 증대되게 된다. 이러한 비용의 증대는 결국 건물 운영을 위한 러닝 코스트의 증대를 가져오게 된다.

쾌적 범위의 설정은 에너지 절약과 매우 유기적이며 밀접한 관계가 있다. 건물에서 쾌적 범위를 설정함에 있어서 오늘날 같이 매우 협소한 범위로 설정하지 않고 과거와 같이 쾌적 범위를 설정함에 있어서 좀 더 넓은 범위로 설정하는 것이 바람직할 것이다. 그러나 쾌적 범위가 넓어지게 되면 인간이 건물에서 느끼는 온열감에 대하여 불만족스럽다고 응답하는 경우가 현재보다 증대될 것이다. 그러나 에너지 절약이라는 더 큰 목표를 실현하기 위해서는 건물 내에서 온열적 불쾌감을 인간이 조절할 수 있는 의복의 열 저항치 및 일사 등의 자연적 요소를 좀더 이용하여 극복하는 것이 바람직할 것이다. 이러한 방법을 통하여 설비적인 측면에서의 절약 및 자연환경을 적극적으로

이용하는 방법을 모색하여야 할 것이다. 또한 쾌적 온·습도의 기준설정, 실 간 온·습도 제어기술 등의 발전을 통하여 건물 내에서 느끼는 불쾌감을 많이 경감시킬 수 있으리라 생각된다.

에너지 절약 적이면서 쾌적한 환경을 조성하는 것은 우리 모두의 과제이다. 특히 온열환경이 인간이 가장 반응이 빠른 요소이고, 쾌적함과 불쾌감에 대한 인식을 쉽게 할 수 있다. 즉 실내 환경에 영향을 미치는 요소 중 어느 것이 비록 쾌적한 상태가 아니더라도 온열적으로 쾌적하면 어느 정도의 보상이 가능하다.

일반적으로 쾌적한 환경과 에너지와는 매우 밀접한 상관관계가 있고 따라서 결과적으로는 에너지를 절약할 수 있는 기법 등의 개발을 통하여 앞으로 실내의 재 실자가 더욱 쾌적하며, 환경 친화적인 환경에서 거주할 수 있도록 많은 노력을 해야 하는 것이 우리의 숙제인 것이다.

제 3 장 연구모형

제1절 측정 및 온열감 조사

1. 측정 개요

본 연구는 바닥급기 공조시스템과 개별공조시스템을 적용한 인공기후 실험실에서 온열환경의 쾌적성을 평가하고 온열환경 쾌적 종합지표인 PMV와의 상관관계를 조사하기 위한 실험으로 다음과 같은 측정을 실시하였다. 본 연구의 측정대상은 광주광역시 H산업단지 소재 S-전자의 각 생산현장을 기초로 작업환경과 관련된 문헌을 조사한 결과 3)Fisk는 실내 환경을 개선할 경우 작업효율향상을 미국 전 지역에서 200~1600억불의 이익 예상되고, 밀턴은 94년 폴라로이드사의 작업환경과 병과 기록을 통하여 환기량을 25CFM 증가시킬 경우 작업자당 400불 정도의 이익이 발생할 것으로 예상하였다.

이는 환기량의 증가로 작업자의 호흡기관 관련 질환 감소로 개인당 연평균 1.5일의 작업 손실을 감소시키고 있다고 판단되었으며,

실제로 각 제품별 생산 라인에서는 아래와 같은 문제점을 가지고 있으며, 냉장고 라인의 경우 실내 열 환경의 미흡함으로 약 8%의 생산성 손실이 있다고 판단하게 되었고 본 연구 수행을 위해 아래와 같은 순서로 진행하였으며, 그 흐름(Flow-Chart)은 Fig 3. 과 같다.

3) William J. Fisk. 미국 로렌스 버클리 국립연구소 박사

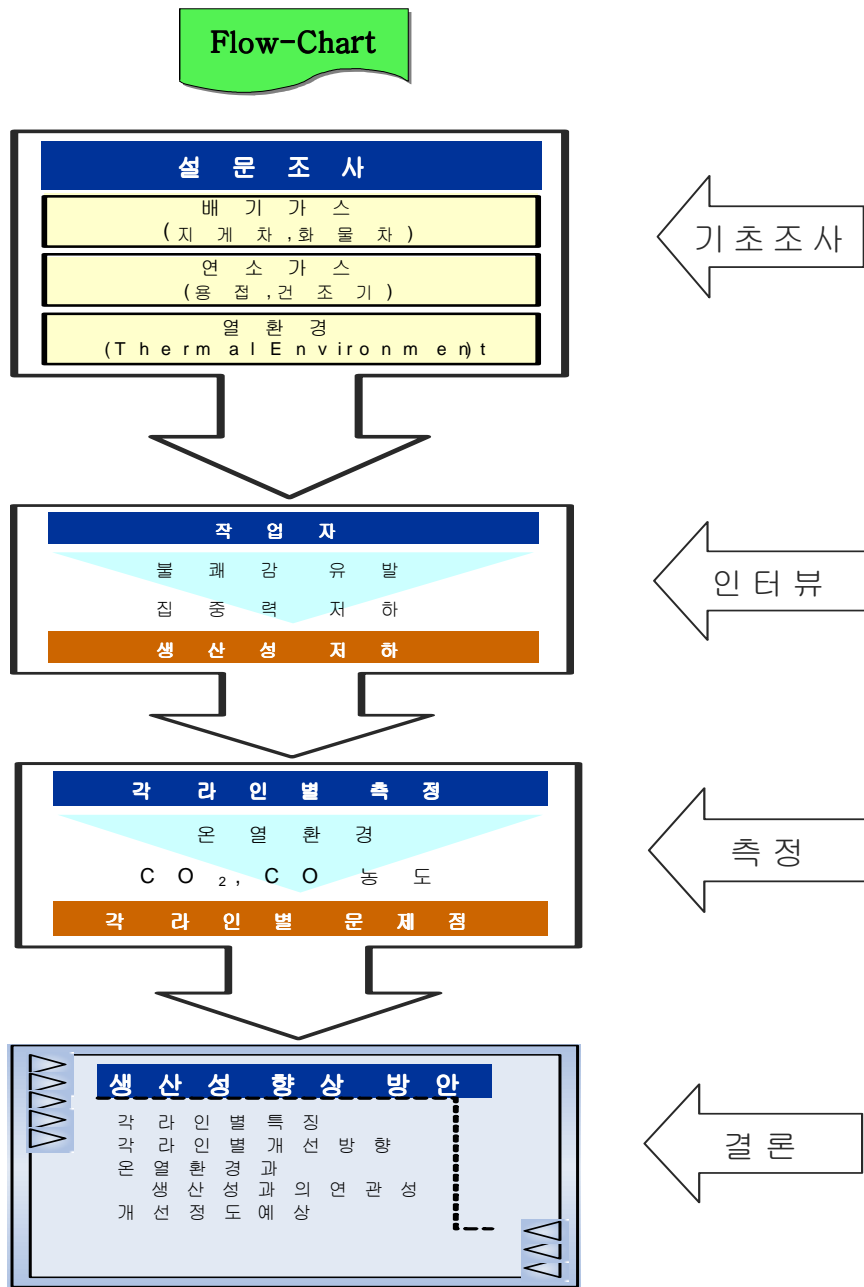


Fig 3. 연구의 흐름도

2. 현장 온도 및 온열감 측정

실내온열환경에 대한 피험자의 주관적 온열감을 파악하고, 그 결과를 PMV와 비교하기 위하여 생산현장을 대상으로 온도 측정 및 온열감 조사를 실시하였다. 측정은 먼저 PMV 지수와 가스농도 관련하여 설명하고, 일반적으로 쾌적감이라 하면 온도와 습도를 많이 생각하게 되지만, PMV 지수는 6가지 항목을 고려하여 인체와 주위의 열평형관계를 통하여 쾌적감을 평가하는 지수이므로 -3~3까지 범위에서 나타내지며, 0이 열적인 평형 상태를 말하고 -0.5~0.5까지를 쾌적 범위로서 이 PMV 지수를 통하여 불만족도인 PPD 지수를 구하였다.

일산화탄소, 이산화탄소는 다음 3가지 범규에 의하여 10ppm, 1000ppm의 규제를 받고 있으며, 또한 우리 주위에서 느낄 수 있는 일산화탄소 농도는 아래 Fig 4. 의 그래프와 같다.

CO, CO₂ 法規 및 실례

- 공중위생법 (제45조 1항 관련), 건축법 (제 12조 관련), 지하생활 공간 공기질 관리법
→ CO : 10 ppm↓, CO₂ : 1000 ppm↓

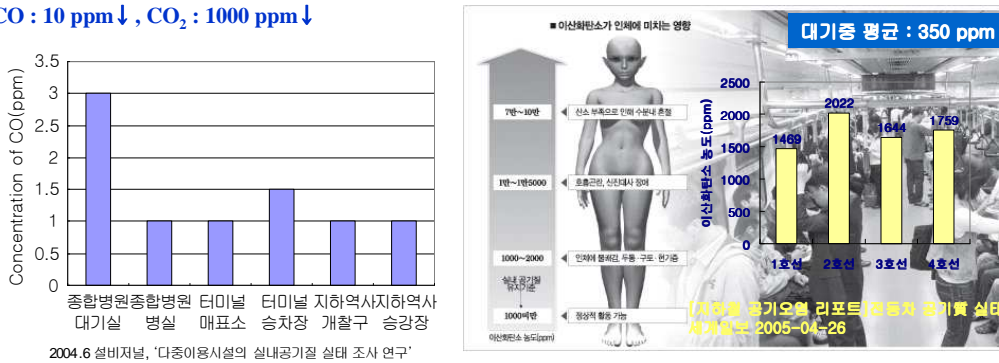


Fig 4. CO, CO₂농도

3. 조사기간 및 방법

전자산업 생산현장의 설문조사는 S-전자의 3개 생산라인을 대상으로 2006년 7월 3일부터 2006년 7월 18일까지 약 16일에 걸쳐 조사한 후 분석하였으며, 조사방법은 설문방법으로 설문지는 제조현장의 작업자에 한하여 설문지 작성 및 직접면담을 하는 방법으로 하였다.

설문구성의 구체적 내용은 아래 Fig 5. 생산라인별 체감 온열감 설문조사, Fig 6. 생산라인별 공기질에 대한 불만족도 설문조사와 같다.

4. 설문조사 결과

Fig 5. Fig 6. 은 설문조사 결과 내용이다.

현장내 공기의 질에 대해서는 각 제품별로 다음과 같은 불 만족도를 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

그리고 최근 2개월 이내에 감기 호흡기 질환 경험 질문에 대하여 냉장고 라인에서 68% 상당히 높은 비율을 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

이는 실내 환경이 외부와 온도차가 심하고 선풍기 사용으로 인체가 건조하게 됨에 따라 생기는 것으로 판단되어 진다.

설문조사 결과는 Fig 9. 냉장고 B/L 열 환경 지수 측정결과와 같이 체감온도에 대한 설문은 냉장고가 가장 많은 불만을 가지고 있는 것으로 확인할 수 있었다. 또한 실내 공기질의 개선을 통한 생산성 향상 효과에 대한 질문은 45%의 인원이 개선 효과가 있을 것으로 답해주었다.

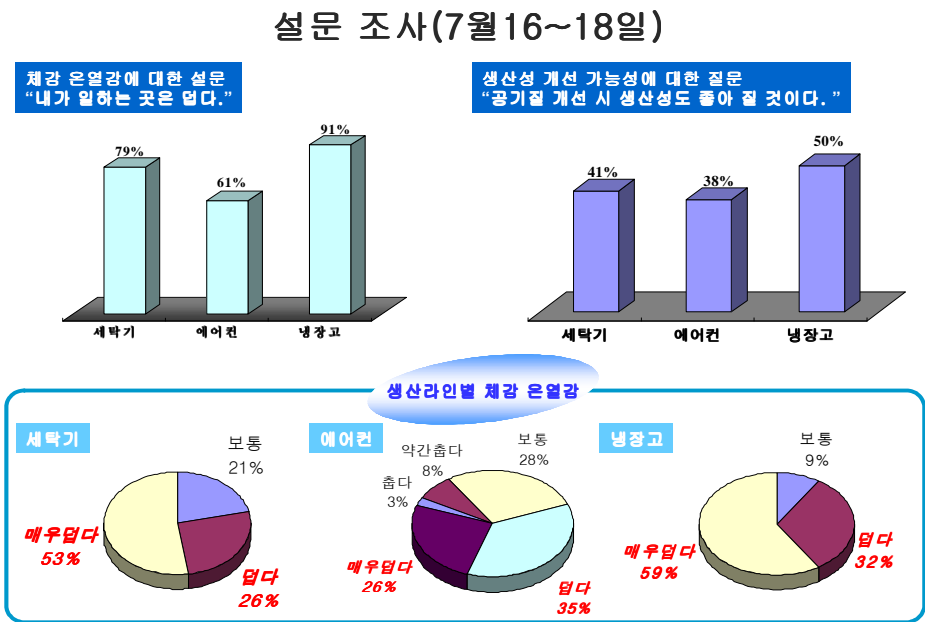


Fig 5. 생산라인별 체감 온열감 설문조사

설문 조사(7월16~18일)

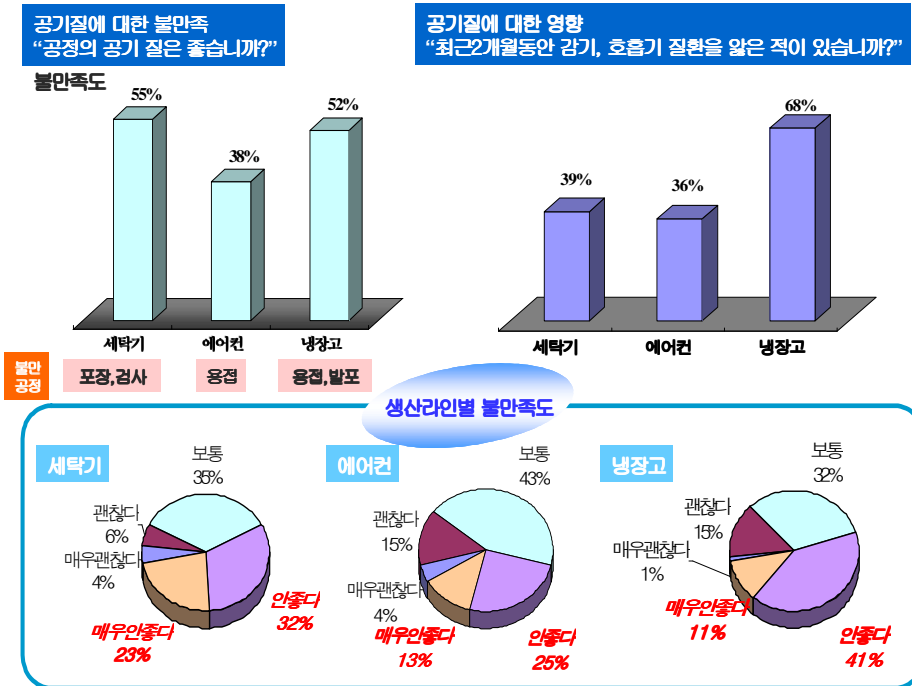


Fig 6. 생산라인별 공기질에 대한 불만족도 설문조사

제2절 측정결과 및 고찰

1. PMV와 PPD의 분포

아래 Fig 7. 은 에어컨 생산 라인에서의 열 환경 측정 결과이다.

왼쪽에 보시는 건물 생체기후도는 습공기 선도상에 생체기후학적 요구를 나타낸 그림이다. 가운데 색이 칠해진 부분이 Comfort Zone이고 대부분의 측정데이터가 그 안에 위치되는 것을 확인 할 수 있다.

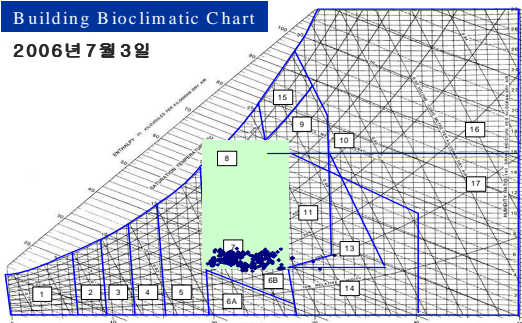
또한 앞에서 말씀드린 PMV 지수의 경우 평균 -0.17의 결과로 매우 양호한 열환경 측정결과 그래프 상에서 이 부분은 검사실내부에서 선풍기 바람의 영향으로 풍속 측정이 높게 되어 PMV지수와 PPD지수가 다르게 나타나는 결과를 보였다.



에어컨 생산 C Line - 열환경

Building Bioclimatic Chart

2006년 7월 3일



생체기후학적 요구 준	
난방 필요	1-5
냉방 필요	9-17
쾌적	7
제습만 필요	8
가습만 필요	6A, 6B

실외온도 : 31.9℃ (최고치)
 실내온도 : 19.4~26.9℃
 상대습도 : 20.4~43.4%
 P M V : -1.32 ~ 0.29



열환경 (Thermal Environment) 쾌적함.
 → 평균 PMV 지수 : -0.17

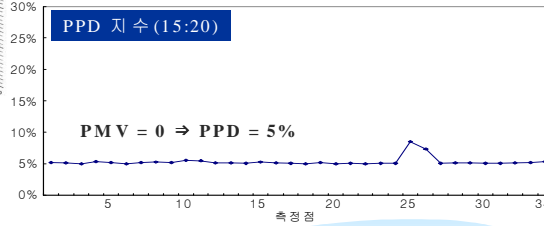
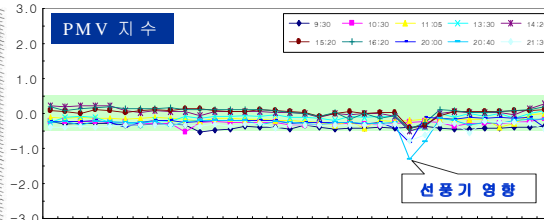


Fig 7. 에어컨 C/L 열환경 지수

다음으로 Fig 8. 은 세탁기 A라인의 열환경 지수를 측정된 결과이다. 건물 생체기후도에서 Comfort Zone에 64% 만족시키는 것을 확인할 수 있었으며 나머지 부분은 냉방이 필요한 것을 확인할 수 있었다.

PMV 지수는 -0.07로 양호한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있으며, 검사공정과 같은 일부 공정에서는 실내 온도가 높게 형성되는 것을 확인할 수 있었다.

이는 건조 검사 시 발생하는 스팀과 2층에 위치함에 따른 영향으로 판단된다.



세탁기 생산 A Line - 열환경

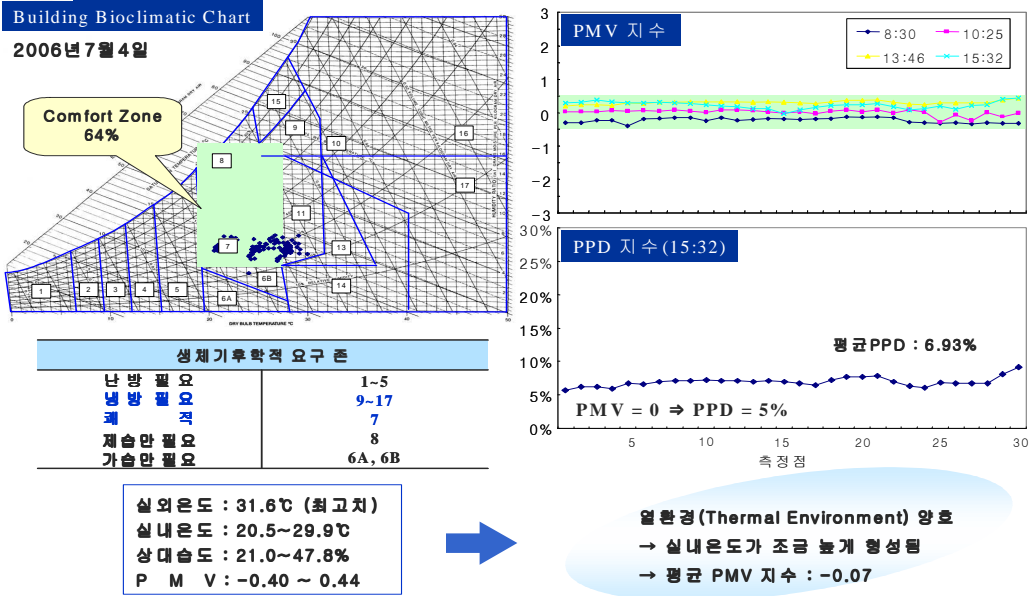


Fig 8. 세탁기 A/L 열환경 지수

그리고 아래 Fig 9. 은 냉장고 B라인 열환경 지수 측정 결과이다.

냉장고 B라인의 경우 46% Comfort Zone을 만족시키는 것을 확인할 수 있었으며, PMV 지수도 평균 0.2로 조금 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

생산현장에서는 실제로 선풍기 사용이 많았으며, 실내 온도 또한 다른 제품라인 보다 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.



냉장고 생산 B Line - 열환경

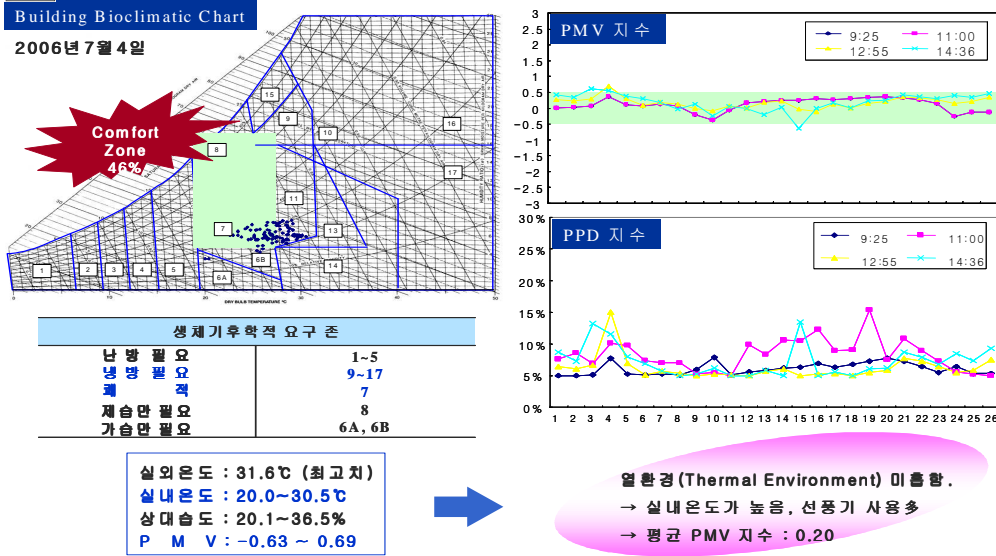


Fig 9. 냉장고 B/L 열환경 지수

2. CO, CO₂ 가스의 농도

Fig 10. 은 에어컨 C라인 생산현장 내에서 CO, CO₂ 농도에 대한 측정 결과이다. CO 농도는 평균 1.5ppm 이었고, CO₂ 농도는 557ppm으로 나타났다. C라인에서 공기청정기를 생산하다가 실외기로 변경하여 생산함에 따라 CO가스 농도의 분포가 변화하는 것을 확인할 수 있었다.

또한 실제 용접 시 발생하는 CO가스 농도를 측정하기 위하여 작업위치 30cm 떨어진 지점에서 측정한 결과 평균 8~9ppm 정도로 측정되었다.

생산라인 전체의 가스농도가 양호한 것으로 확인할 수 있었으며, 환기 및 급기가 잘 이루어지는 것을 확인할 수 있었다.

에어컨 생산 C Line - CO, CO₂ 가스 농도

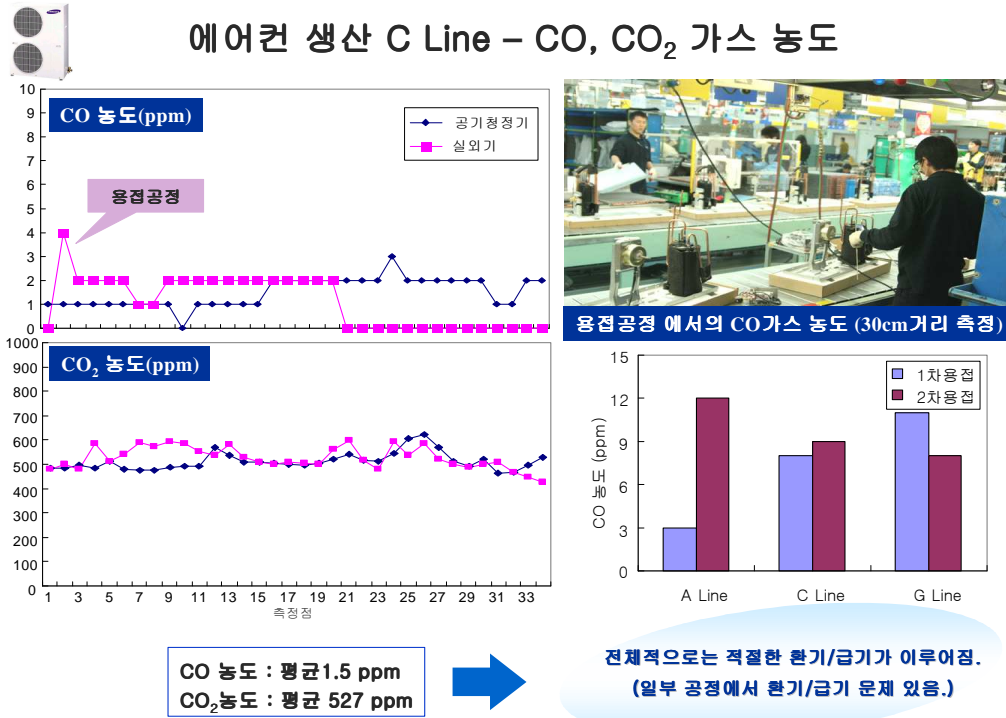


Fig 10. 에어컨 C/L CO, CO₂ 농도

그러나, 설문 조사 결과에서는 Fig 11. 과 같이 용접공정과 포장공정에서 용접가스와 지게차 매연에 대한 작업자들의 불만이 있는 것으로 조사되었다.

실제로 용접공정에는 국소 배기시설이 설치되었지만, 작동이 미흡하거나 실제 용접 위치와 배기시설 위치가 다른 경우가 있었다.

그리고 출하장과 생산라인이 분리된 공조공간이 아니라 제품 이동통로, 출입구로 배기가스가 유입될 가능성이 있다는 것을 확인할 수 있었다.

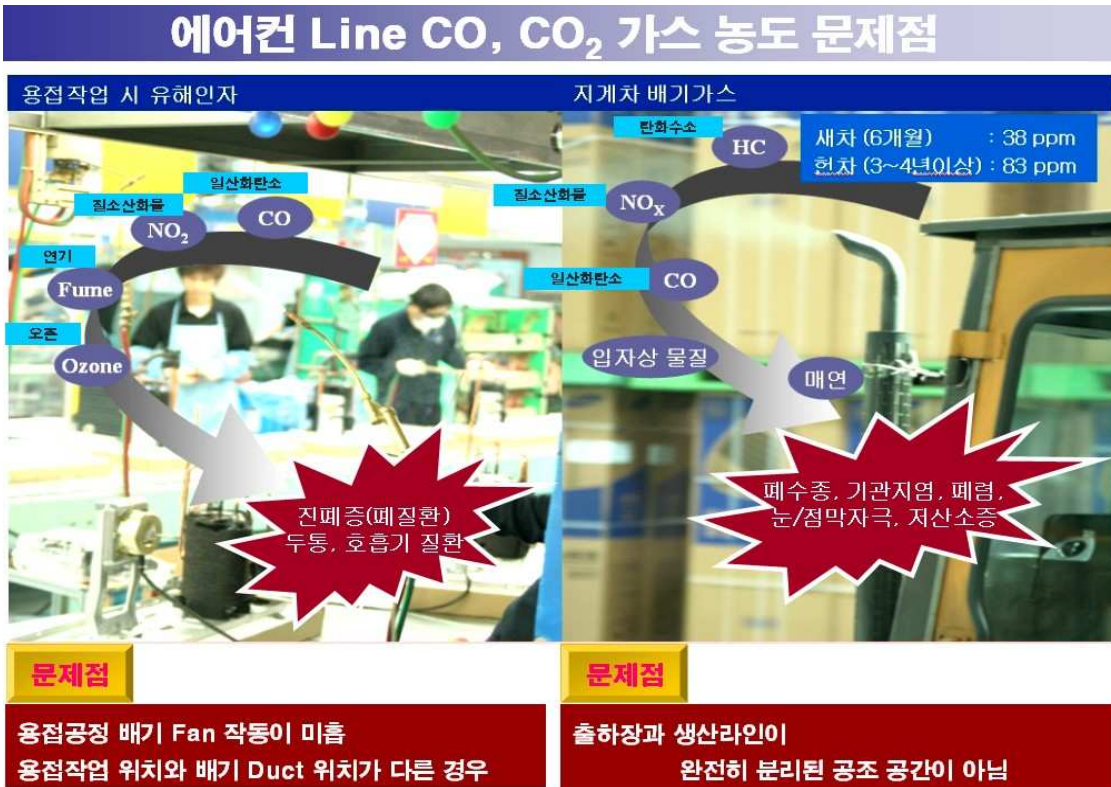


Fig 11. 에어컨 C/L 가스농도 문제점

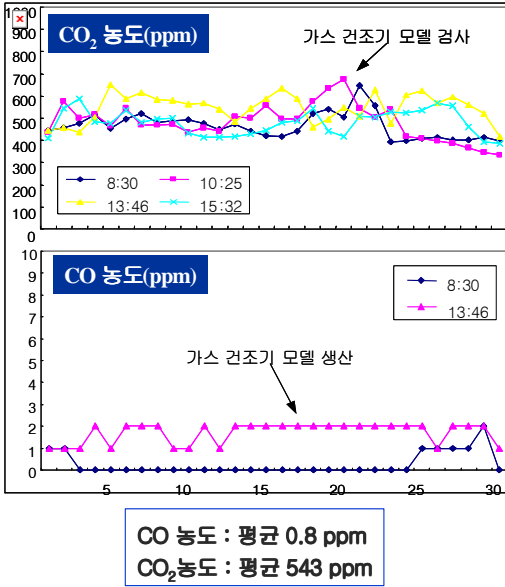
Fig 12. 은 세탁기 생산 A라인의 CO, CO₂ 가스 농도 측정 결과이다 . CO 농도는 평균 0.8ppm 이었고, CO₂ 농도는 543ppm으로 나타났다.

CO 농도는 세탁기 생산모델 중 가스 건조기가 장착된 모델을 생산할 때 모델 검사시 배기 효율이 떨어져 실내 가스 농도가 증가한다는 것을 확인 할 수 있었다. 노후된 배기 덕트를 개선하고 배기효율을 향상해 줄 필요가 있었다.

실제로 아래 그림과 같이 배기설비와 제품의 거리가 멀고 노후된 덕트 설비 때문에 가스의 배기 효율이 떨어지는 것으로 판단된다.



세탁기 생산 A Line – CO, CO₂ 가스 농도



전체라인에 양호한 환기 상태를 보임



문제점

가스 건조 모델 생산 시 가스 농도가 증가하는 경향을 보임. → 배기효율 향상 필요

Fig 12. 세탁기 A/L CO, CO₂ 가스 농도

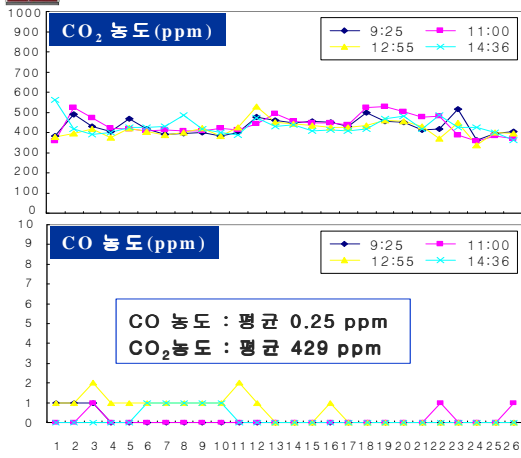
냉장고 생산 B라인의 경우 Fig 13. 에서 보는 바와 같이 CO, CO₂ 가스 농도는 매우 양호한 상태인 것으로 확인 되었다. CO 농도는 평균 0.25ppm 이었고, CO₂ 농도 429ppm으로 나타났다.

냉장고 생산현장의 경우 냉장고 도아 우레탄 발포 공정 등으로 실내에서 발열량이 많은 관계로 실내가 상당히 더운 환경이다.

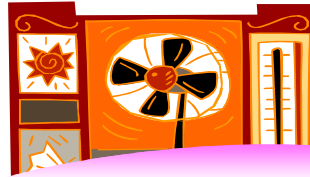
이로 인하여 선풍기 사용이 많고 인체의 수분 증발이 많은 관계로 작업자들이 갈증을 많이 느끼는 것을 볼 수 있었다.

또한 불필요하게 냉동기, 에어컨의 방열기가 실내에 위치하는 것을 볼 수 있었는데 이는 개선되어야 할 것으로 판단되었다.

냉장고 생산 B Line - CO, CO₂ 가스 농도



전체라인에 양호한 환기 상태를 보임.



냉동기, 에어컨 실외기 등이 실내에 있어 실내 냉방부하를 증가 시킴.

Fig 13. 냉장고 B/L CO, CO₂ 가스농도

제 4 장 연구 분석 결과

본 연구에서는 생산현장의 작업환경에 편리하게 적용할 수 있는 개선점을 발굴하고 그 적용성을 평가하고자 하였다. 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

제1절 생산성 손실 산출 및 개선 방향

1. 생산성 손실 산출

4)Wyon은 사무작업의 생산성에 대하여 실내환경을 변화시켜 측정하였고 5)Kosonen은 그 결과를 이용하여 PMV 지수와 생산성과의 관계식을 제시하였다. 6)Mohamed는 건설 노동 생산성과 연계하여 Srinavin이 제시한 PMV 관계식의 일치 정도를 확인하였다.

두 가지 경우 현재 S-전자 생활가전 생산현장의 작업 형태와는 많은 부분이 다르다는 것을 알 수 있다.

사무작업, 타이핑의 경우에는 정신노동의 특성이 매우 강하여 열 환경에 매우 민감한 반면, 건설 노동, 벽돌 나르기의 경우 육체노동의 특성으로 열 환경의 조건에 둔감한 것을 확인할 수 있었다.

S-전자 생산현장의 제품 조립작업은 이에 중간 정도의 특성을 갖는다고 가정하여 두 가지 결과의 평균을 제품별 공정의 생산성 손실로 예상하였다.

그 결과 Fig 14. 에서 보는 것과 같이 에어컨은 평균 2%, 세탁기는 3%, 냉장고 공장의 경우 8%의 열 환경으로 인한 생산성 손실이 발생되는 것으로 판단하였다.

4) David Wyon. 덴마크 실내환경과 에너지 국제센터에서 연구수행, 빌딩증후군 유발 주요 오염원등 연구

5) R. Kosonen. Assessment of productivity loss in air-conditioned using PMV index buildings

6) MacKenzie,J.J., Mohamed,T., and El-Ashry, (1989), Air Pollution's Toll on Forests & Crops, Yale Univ. Press

각 생산 라인별 PMV 지수와 생산성

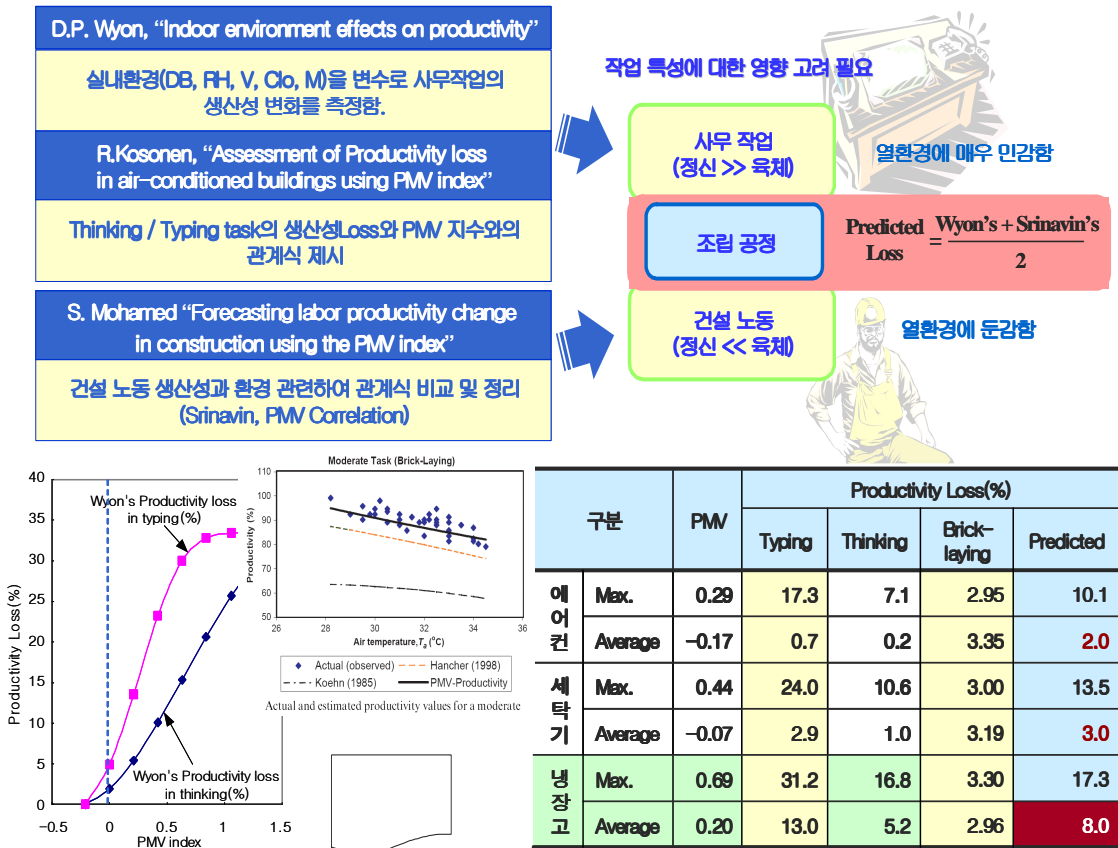


Fig 14. PMV 지수와 생산성 향상 측정결과

2. 개선방향

에어컨 생산라인의 특징은 Table 1. 에서와 같이 S-전자의 3개 생산현장 가운데 열 환경이 가장 우수한 것으로 조사되었으며(PMV -0.17, 설문결과), 가스 농도가 가장 높은 것으로(CO : 1.5 ppm) 나타났다.

그러나 에어컨 출하장, 용접공정에서 배기가스와 연소가스의 발생으로 작업자들의 불만요인이 되고 있는 것으로 조사 되었다.

에어컨 생산라인의 개선 방향은 국소 배기시설의 가동과 시설사용 효율을 향상시킬 필요가 있는 것으로 나타났다.

특히 용접 공정과 출하장의 경우 용접 작업과 배기 덕트를 일치시키고 이동 가능한 덕트로 개선해야 할 것으로 판단된다.

또한 지게차 공회전 방지대책을 수립하고 출하장과 작업장의 공조공간을 에어커튼 설치 등으로 분리하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

아울러 Fig 15. 에어컨 생산라인 개선도에서 보듯이 불필요한 방열기를 이동시켜 배기가스와 냉방기 가동에 따른 부하를 감소시키고 취약지역의 작업자 주변만을 공조하는 개별 공조시스템을 도입하여 개선해야 할 것으로 판단된다.

에어컨 생산 라인 특징 및 개선방향


	특징	개선방향
	<p>열환경이 가장 우수함.(PMV -0.17, 설문)</p> <p>가스 농도 가장 높음.(CO : 1.5 ppm)</p> <p>출하장, 용접공정에서 배기가스, 연소가스 불만 조사 됨.</p>	<p>국소 배기시설의 가동 및 시설 사용 효율을 향상 필요 (용접 공정, 출하장)</p> <p>-용접 작업과 배기 덕트의 일치 (이동 가능한 덕트로 개선)</p> <p>-지게차 공회전 방지, 출하장과 작업장 공조 공간 분리(에어커튼 설치)</p>

Table 1. 에어컨 생산라인 개선방향



Fig 15. 에어컨 생산라인 개선도

세탁기 생산라인의 특징은 Table 2. 에서와 같이 열 환경과 가스 농도가 양호한 것으로 나타났으나 설문조사 결과 작업환경에 대한 불만족도는 높은 것으로 판단된다.

이는 측정인자 이외의 먼지와 냄새 등에 대한 불만족과 생산 모델 변경에 따른 가스 농도 편차 발생 등이 요인인 것으로 판단된다. 특히 가스 건조기 장착 모델생산 시에 불만족도가 더 높게 나타났다. 공조 Duct 설비 노후에 따른 불만요인도 있었다.

또한 Fig 16. 세탁기 생산라인 개선도와 같이 세탁기 생산라인의 개선점으로는 검사 공정의 배기, 급기 시설의 개선 및 가동효율 개선이 필요하였다. 또한 연소가스 배기 덕트를 Test 제품 가까이에 위치시켜 외부로부터 환기 풍량을 증가시키고 먼지, 냄새로 인한 불만요인을 감소시켜 나가야 할 것으로 판단된다.

세탁기 생산 라인 특징 및 개선방향


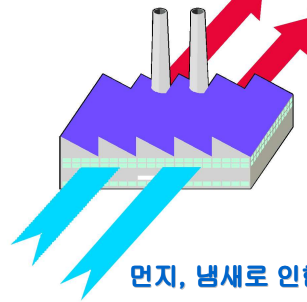
	특징	개선방향
	<p>열환경, 가스 농도 양호 함. 설문 불만족도 높음 ⇒ 측정인자 이외의 먼지, 냄새 등에 불만족 생산 모델에 따른 가스 농도 편차 발생 (가스 건조기 장착 모델) 공조 Duct 설비 노후 됨.</p>	<p>배기, 급기 시설의 개선 및 가동 효율 개선 필요.(검사 공정) -연소가스 배기 덕트를 Test 제품 가까이 위 치 시킴.(예:냉장고 용접공정) 외부로부터 환기 풍량을 증가</p>

Table 2. 세탁기 생산라인 개선방향



현장 환기 풍량 증가



먼지, 냄새로 인한 불만 제거

Fig 16. 세탁기 생산라인 개선도

냉장고 생산라인의 특징은 Table 3. 에서와 같이 실내에 냉동기 Condenser와 에어컨 실외기가 위치함으로서 열 환경이 매우 더운 편으로 조사되었다.

특히 냉장고 우레탄 발포 공정과 검사공정의 제품, 설비의 방열량이 많아 열 환경이 매우 취약하였다.

반면에 급기, 환기 상태는 양호한 것으로 나타났다.

또한 Fig 17. 냉장고 생산라인 개선도와 같이 냉장고 생산라인의 개선사항으로는 냉

방 부하 감소를 위한 냉동기 실외기 연결 덕트를 개선하고, 누설 또는 Exh. Fan가동 및 에어컨 실외기 위치변경 또는 실외기 토출 고온 공기를 실외로 배출시키기 위한 배기덕트 연결과 취약 지역 근무자의 개별공조 시스템을 도입해야 할 것으로 판단된다.

냉장고 생산 라인 특징 및 개선방향


	특징	개선방향
	<p>열환경 더운 편임.(PMV 0.20, 설문결과) 실내에 냉동기 Condenser / 에어컨 실외기 위치함. 제품, 설비의 방열량이 많음.(발포, 검사공정) 급기, 환기 상태 양호함.</p>	<p>냉방 부하 감소 필요. - 냉동기 실외기 연결 덕트 개선 (누설 또는 Exh. Fan가동) - 에어컨 실외기 위치변경 또는 배기덕트 연결 (실외기 토출 고온 공기를 실외로 배출) 취약 지역 근무자 개별공조 시스템 도입</p>

Table 3. 냉장고 생산라인 개선방향



Fig 17. 냉장고 생산라인 개선도

제2절 개선효과 분석

본 연구를 요약해 보면 먼저 S전자 3개 제조현장의 온열환경 및 공기질을 측정하고 문제점을 분석해 본 결과 냉장고 제조현장의 냉방부하 발생에 따라 온열 환경지수 (PMV)가 0.20으로서 개선이 필요하였으며, 에어컨 및 세탁기 제조현장의 PMV지수는 -0.17 ~ -0.07로 온열환경이 우수한 것으로 나타났다. 그러나 에어컨 제조현장의 일부 용접공정의 배기위치 및 작동이 미흡하여 CO2 농도가 높게 나타나 개선이 필요 하였다. 그리고 작업자 설문조사를 통한 공기의 질에 대한 불만족도에서 냉장고 및 세탁기가 각각 52%, 55%로 높게 나타났으며, 이로 인해 최근 2개월 이내에 호흡기 질환을 앓은 작업자가 냉장고 68%, 세탁기 및 에어컨이 36% 이상으로 나타났다. 따라서 제품 조립작업의 특성을 대비하여 PMV 지수와 생산성 향상의 관계식을 분석한 결과 에어컨은 2%, 세탁기 3%, 냉장고 8%의 생산성 손실이 발생되는 것으로 판단되었다.

또한 냉장고의 경우 냉동기 방출열 배기 Fan이 실내에 위치하여 실내 작업현장에 직접적으로 열기가 확산 방출하는 것을 개선하기 위해 실외기 방출열 배기 Fan 상부에 배기덕트를 설치하여 실외로 배출함으로써 열확산을 방지하고, 용접공정의 발열온도가 30℃ 수준으로 작업자의 불쾌감을 유발시키던 것을 발열공정에 개별 공조덕트를 설치하여 Table 4. 와 같이 온열환경이 개선 전 28.9~30.7℃ 였으나 개선 후 25.7~27.1℃ 정도로 평균 2~3℃가 down되어 pmv지수도 전체적으로 좋아졌음을 알 수 있었으며, 습도도 개선 전 60~63 이였으나 개선 후 44~46으로 개선 되었음을 알 수 있었다. 또한 CO2 농도도 10~40ppm이 down 되는 개선효과를 알 수 있었다. 공조덕트 설치 후 현장 측정 중에 작업자 5명 의견 수렴시 모두 아주 좋아졌다고 응답하였다.

❶ 냉장고 C/L 개별 공조덕트 설치 전.후 비교 (외기온도 : 33℃)

장 소	PMV지수		온도(℃)		습도(%)		기류(m/s)		CO(ppm)		CO2(ppm)	
	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後	前	後
1.EVAP용접	1.21	0.63	28.9	26.7	62	45	0.21	0.74	1.2	0	520	510
2.리머카바고정	1.37	0.46	29.2	26.2	63	46	0.17	0.45	0	0	540	530
3.레일삽입	1.42	0.45	29.2	25.7	62	45	0.28	0.42	0	0	530	520
4.탈취기삽입	1.58	0.42	29.3	25.6	61	45	0.17	0.48	0	0	530	510
5.도마거치	1.43	0.46	29.5	25.6	61	46	0.27	0.25	0	0	520	500
6.디스팩스삽입	1.69	0.51	29.8	26.1	63	44	0.18	0.35	0	0	510	490
7.홈바고정	1.82	0.09	30.6	26.5	62	46	0.23	0.6	0	0	510	500
8.핀치용접	1.84	0.37	30.7	26.8	62	45	0.22	0.52	0	0	520	510
9.도머발포	1.79	0.32	30.5	26.7	60	45	0.22	0.5	0	0	520	500
10.용접공정	1.57	0.68	30	27.1	60	46	0.28	0.23	1.2	1.2	550	510

※ 관리기준 : PMV(-0.5<pmv<+0.5), 온도(하계: 25~28℃, 동계:18~20℃), 습도(60%↓), CO(7ppm↓), CO2(700ppm↓)

◆ 결 과 (C/L 냉방 공조덕트 설치 전.후 비교)

- 평균 온도는 2~3℃ DOWN되어 PMV지수도 전체적으로 낮게 나타남(상태 아주 양호)
- 냉방을 작업자 위치에 직접 공급함으로써 기류의 흐름이 높아 작업자가 피부로 느끼는 실제차이는 상당한 효과가 있다고 판단됨 (측정 중 작업자 5명 의견 수렴시 모두 아주 좋아졌다고 응답함.)

Table 4. 개별 공조덕트 설치 전, 후 온도 비교

실질적으로도 Fig 18. 에서 보는 바와 같이 일일 8hr 생산기준 냉장고는 개선 전인 2005년 10월 7,360대에서 개선 후인 2006년 10월 8,000대로 640대, 약 8% 정도의 생산성 효과가 있는 것으로 나타났고, 세탁기는 2005년 10월 3,690대에서 개선 후인 2006년 10월 3,800대로 110대, 약 3%에 접근하는 생산성 향상 효과가 있는 것으로 나타났다. 다만 에어컨은 계절성 상품이므로 여름철 성수기에만 집중 생산되는 관계로 정확한 생산성 비교는 어렵겠으나 대략 2% 정도의 생산성 향상 효과가 있는 것으로 추정된다.

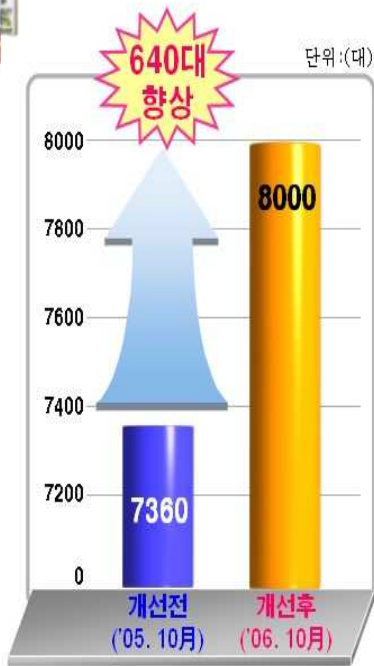
이와 같은 방법에 따라 진행된 본 연구의 결론으로 S전자 제조현장의 생산성을

향상시키기 위해서는

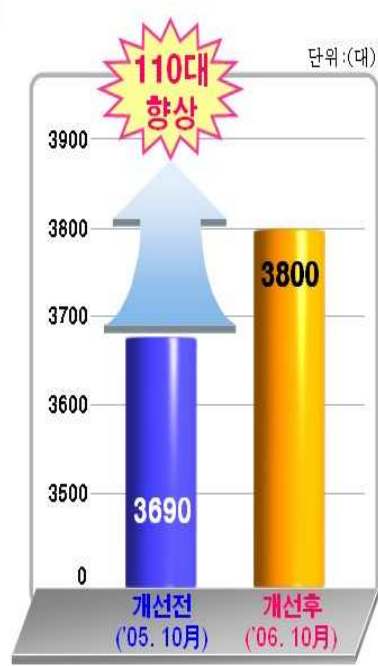
- 1) 제조현장의 온열환경 개선
- 2) 공기질 개선
- 3) 설문에 따른 불만족 요인 개선 등

작업자가 쾌적함을 느낄 수 있는 작업환경 조성에 집중해야 할 것이다

냉장고



세탁기



※ 8Hr 생산기준

※ 생산물량의 변동으로 정확한 생산성 비교는 어렵겠으나

냉장고는 8%, 세탁기는 3% 향상 (에어컨은 계절상품으로 비교가 어려움)

Fig 18. 개선 전·후 생산성 비교

제 5 장 결론

제1절 연구결과의 요약 및 시사점

산업기술의 발달과 더불어 인간은 자신을 둘러싸고 있는 주위환경을 보다 쾌적하게 형성하기 위하여 부단히 노력하여 왔다. 현대인은 대부분의 시간을 실내의 한정된 공간에서 생활하기 때문에 환경조건의 좋고 나쁨은 상당히 중요한 문제로 부각되고 있다. 그중에서도 열 환경과 공기환경은 가장 기본이 되는 사항이며, 과거부터 실내 공간을 쾌적한 환경으로 제어하기 위한 여러 가지 방법들이 고안되고 적용되어 왔다. 아울러, 어떻게 하면 소비되는 에너지 사용을 최소화하면서 최적 환경에 도달하느냐 하는 것이 추구하는 기본 목표라 할 수 있다.

본 연구에서는 S전자 제조현장의 온열환경 및 공기의 질에 대한 현상과 관리실태를 파악하고 작업자가 느끼는 실내 공기의 질에 대한 만족도를 측정하여 개선대안을 제시함으로써 열적으로 쾌적한 환경을 최적화하여 생산성을 향상 시키는 데 목적을 두었다.

본 연구를 통해 실내 생산현장의 온열환경 및 PMV가 작업자의 안전과 건강, 생산성에 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 작업자의 호흡기 질환이 감소하였으며, 실내 작업현장에 직접적으로 열기가 확산 방출하는 것을 개선하여 실외로 배출함으로써 열 확산을 방지하고, 용접공정의 발열온도가 30℃ 수준으로 작업자의 불쾌감을 유발시키던 것을 발열공정에 개별 공조덕트를 설치함으로써 온열환경을 25~27℃ 정도로 개선하는 효과를 가져왔다. 따라서 제조현장 작업자에게 최적의 온열환경을 제공해 줌으로써 작업자의 안전과 건강 확보 및 생산성 향상이 예상되므로 경영자의 적극적인 투자와 실천의지가 무엇보다 더 요구된다고 하겠다.

제2절 연구의 한계 및 향후계획

본 연구를 통해 개선한 결론은 다음과 같다. 설문지 결과 PMV가 생산성에 영향을 주는 것으로 조사 되어 실내 생산현장의 PMV, PPD가 작업자의 안전과 건강에 영향을 주므로 이를 개선하여 작업자의 불만을 없애 주고 쾌적한 환경을 조성하게 되었다. 또한 CO, CO₂가 작업자의 호흡기 질환을 유발하고 불쾌감을 일으키므로 이를 개선하여 생산성을 향상 하였다고 할 수 있다.

본 연구를 통해 전자산업 제조현장에 알맞은 온열환경 및 공기질 개선방안을 제시하려 하였으나 이 번 연구에서 제안된 내용이 전체 전자산업 제조현장의 온열환경 개선에 부합된다고 할 수는 없다 하겠다.

다만 각 제조 현장의 온열환경과 관리의 특성에 맞는 개선안을 제시하기 위해서는 향후 생산현장 작업자에게 적합한 최적의 실내 온열환경을 창출하기 위한 밀폐 공간의 공기의 질 개선 및 온열 환경을 제어 하는 노력이 지속되어야 할 것이다.

Reference

1. 공중위생법 (제45조 1항 관련), 건축법 (제 12조 관련), 지하생활 공간 공기질 관리법
2. William J.Fisk (2002) “How IEQ affect Health, Productivity?”
3. 인간의 열쾌적 환경 (서일대 건축과 백용규 교수)
4. 실내공기질에 대한 사업장 관리방안 (한양대 노영만 교수)
5. Chung, K. S, 2000, A study on the design prototype development of underfloor air-Conditioning system(UFAC) for improving indoor environment, SAREK, Vol. 12.4, pp. 325-336
6. Kum, J. S. etc., 1998. Experimental Study on thermal comfort sensation of korean, Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility, Vol. 1, pp 199-211.
7. Fanger, P.O., 1970, Thermal Comfort, Danish Technical Press, p. 156.
8. ASHARE Standard 62-1989, Ventilation for acceptable indoor air quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc., Atlanta
9. S. Tanabe, K. Kimura, T. Hara Thermal comfort requirements during the summer season in Japan, ASHRE Transactions 93(1)(1987) 564-577
10. ISO 7730, 1995, Moderate thermal environmental-determination of PMV and PPD indices and specification of conditions for thermal comfort

부 록

“전자산업 제조현장 실내 공기질”에 관한 설문조사 안내문

안녕하십니까?

본 설문조사의 목적은 전자산업 제조현장 실내 공기질과 생산성 향상과의 상관 관계를 찾기 위한 연구를 수행하기 위한 것으로 전자산업 제조현장 실내 공기질 조사를 통해 생산현장 d온열환경 지표를 도출시키고자 함에 있습니다. 본 연구를 수행함에 있어 귀 현장의 자료가 절대적으로 필요하여 조사를 실시하게 되었사오니 적극적인 협조를 부탁드립니다.

귀 현장의 협조는 저의 연구에 매우 중요한 역할을 하게 될 것이므로, 첨부한 설문지 양식에 의해 사실대로 솔직하게 답변해 주시면 감사하겠습니다. 아울러 본 조사의 내용은 연구목적 이외에는 어떠한 용도로도 사용치 않을 것임을 약속드립니다.

다소 번거롭더라도 부디 끝까지 읽으시고 설문지를 작성하여 주시면 감사하겠습니다.

2006년 6월 일

설문조사자 : 조선대학교 대학원 석사과정 박 상 만 배상

“전자산업 제조현장 실내 공기질”에 관한 설문조사

■ 공 정 명 :

■ 근무 경력 : 년

■ 성별(남/여) :

1. 귀하가 근무하는 공정의 온도는 적당하다고 생각하십니까?
① 매우 괜찮다 ② 괜찮다 ③ 보통이다 ④ 안 좋다 ⑤ 매우 안 좋다

2. 귀하가 근무하는 공정의 습도는 적당하다고 생각하십니까?
① 매우 괜찮다 ② 괜찮다 ③ 보통이다 ④ 안 좋다 ⑤ 매우 안 좋다

3. 귀하가 근무하는 공정의 환기상태는 어떻습니까?
① 매우 괜찮다 ② 괜찮다 ③ 보통이다 ④ 안 좋다 ⑤ 매우 안 좋다

4. 귀하가 근무하는 공정의 전반적인 공기의 질에 대해 평가를 한다면?
① 매우 괜찮다 ② 괜찮다 ③ 보통이다 ④ 안 좋다 ⑤ 매우 안 좋다

5. 귀하가 근무하는 공정의 CO, CO2의 영향에 대해 평가를 한다면?
① 매우 괜찮다 ② 괜찮다 ③ 보통이다 ④ 안 좋다 ⑤ 매우 안 좋다

6. 귀하가 근무하는 공정은 CO, CO2가 어느 정도 수준이라고 생각하십니까?
① 매우 괜찮다 ② 괜찮다 ③ 보통이다 ④ 안 좋다 ⑤ 매우 안 좋다

설문에 답변해 주셔서 대단히 감사합니다.

감사의 글

온 산에 단풍이 붉게 물드는 가을입니다.

쌓이는 낙엽의 깊이만큼
우리의 생활도 기쁨이 넘치는
하루하루가 되었으면 좋겠습니다.

우리 조선대학교의 교정에
뜨거운 햇빛이 작열하던 한여름에 시작했던
논문 작업이 벌써 만추의 향기가 느껴지는 계절로 바뀌었습니다.

저의 논문이 완성되기까지
바쁘신 가운데에도 마다하지 않으시고 지도해주신
김종래 심사위원장님과 최형일 교수님,
그리고 지도교수님이신 박해천 교수님께 감사드립니다.

그동안 모든 것이 부족한 저를 지도해주신
본대학원 산업안전공학과 교수님들과 이안섭 선배님,
많은 사랑으로 아껴주신 김현수 교수님을 비롯한 선후배 동료들

언제나 바른 길로 이끌어 주시고
가르쳐주시는 노고에
마음 속 깊이 감사드립니다.

또한 설문조사에 적극 협조해 주신
냉장고, 에어컨, 세탁기 생산현장 관리자님들과
환경안전 담당자 여러분들에게 거듭 감사드리며,
항상 건강과 기쁨이 함께 하시기를
기원하면서 감사의 글로 대신합니다.

저작물 이용 허락서

학 과	산업안전공학과	학 번	20057286	과 정	석사
성 명	한글 : 박 상 만 한문 : 朴 相 萬 영문 : Park Sang-man				
주 소	506-302 광주광역시 광산구 월계동 삼능APT 101동 304호				
연락처	E-MAIL : sm3119.park@samsung.com				
논문제목	한글 : 電子産業 生産現場 PMV 改善 및 生産性 向上에 關한 研究 영문 : A Study on PMV Enhancement and Productivity Improvement in the Production Sites of Electronics Industry				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 반대()

2007 년 2 월 일

저작자 : 박 상 만 (인)

조선대학교 총장 귀하