

목재 판넬 제조공정의 환경위험성평가

이수길^{*} · 이내우^{*}

호주) 아델라이드 대학교 공중보건학과 · *부경대학교 안전공학부
(2007. 2. 12. 접수 / 2007. 5. 16. 채택)

Environmental Hazardous Assessment on Wood Panel Manufacturing Process

Su-Gil Lee^{*} · Nae-Woo Lee^{*}

Discipline of Public Health, University of Adelaide, South Australia

^{*}Division of Safety Engineering, Pukyong National University, Korea

(Received February 12, 2007 / Accepted May 16, 2007)

Abstract : Personal and static sampling for formaldehyde, wood dust and noise monitoring, in accordance to the equipment running on the day, were carried out throughout wood panel manufacturing process. Even though the exposure level of formaldehyde and wood dust were below than exposure criteria, but the personal protective equipment(PPE) for those should be worn to everyone in the process because of its potential characteristics like carcinogenicity. Also a few local air extraction system above the cutting, grinding sections and organic blending room should be required. Most of the exposures of noise exposure were exceeded permitted exposure criteria, in case of Hopper operators, exposed to maximally 94dB(A) as LAeq 8hr, therefore active controls like PPE, monitoring, isolation etc. are necessary. The main sources of noise were caused on compressed air of the machinery, radio sound and operation noise like running machines, conveying, cutting, sawing, moving vehicles, storing and so on. For the comparison of control criteria in each country, the permitted exposure standards for above hazardous materials and noise in Korea, ACGIH and Australia were discussed. We have recognized that the Korean criteria should be discussed urgently to give the right information to employee and modified, if it is necessary.

Key Words : formaldehyde, noise, wood dust, exposure criteria, PPE

1. 서 론

목재를 취급하는 작업환경에 종사하는 근로자들에게 목재분진이 노출되었을 때 건강에 미치는 영향은 매우 복잡하지만, 특히 경질목재를 사용하는 사람들에게는 코에 대한 발암의 가능성이 매우 높다고 알려져 있다. 그리고 채취된 목재를 보존하기 위하여 포름알데히드를 처리할 뿐만 아니라 MDF (medium density fiberboard)와 같이 목재를 접착시키기 위하여 사용되는 접착제는 포름알데히드가 함유된 메라민수지(melamine resin)를 주로 사용하고 있다. 이러한 포름알데히드는 발암성물질로 잘 알려져 있으며, 작업환경에 노출되는 중요한 인자이

다. 이와 함께 목재를 가공할 때 사용되는 여러 종류의 기계와 설비들에서 발생하는 소음노출도 대단히 중요하다^{1,4)}.

이 연구는 남 호주의 목재판넬 제조회사(Factory A & B)에서 수행된 작업환경 측정결과를 중심으로 검토한 것이며 이러한 작업환경에서 발생하는 유해물질에 대한 검토를 위하여 미국산업위생전문가 협의회(ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienist)에서 발행하는 허용기준⁵⁾, 호주의 산업안전보건협의회(NOHS: National Occupational Health and Safety Commission)에서 제시하는 기준⁶⁾ 및 한국의 노동부고시로 되어 있는 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준⁷⁾에서 제시하는 허용치를 비교하여 검토하였다.

^{*} To whom correspondence should be addressed.
su.lee@adelaide.edu.au

작업환경에 대한 이러한 노출기준은 근로자 개인에게 허용되는 공기중의 화학물질 농도와 물리적인 인자들로 구분할 수 있으며, 이것은 근로자들의 건강을 해치거나 불쾌하게 하는 원인이 되어서는 안 된다는 것이다. 그러나 모든 근로자들의 감수성이나 개인차이가 대단히 크기 때문에 건강보장을 의미하거나, 안전한 작업조건과 위험한 작업수위를 구분하는 명확한 경계를 나타내는 것도 아니다. 만약 단기간 노출허용기준(short-term exposure limit : STEL)을 적용하지 않으면, 주 5일 근무에 8시간으로 평생 근무하는 장기노출에 대한 기준들로서 작업환경 평가의 지침으로 가장 많이 활용된다.

현실적으로 이와 같이 위험물질이나 소음과 같은 물리적인 인자에 대한 허용기준이 각국마다 다르다는 것이 문제이기 때문에 이들의 타당성에 대한 연구가 더욱 필요할 실정이며, 우리나라의 허용기준도 비교, 검토할 필요가 있다⁵⁻⁷⁾.

본 연구에서는 목재판넬을 제조하는 공정 중에 발생하는 오염물질인 포름알데히드와 목재분진 및 물리적인 인자인 소음에 대한 폭로의 정도를 측정·분석하여 작업환경에 대한 위험성 평가를 수행함으로써 작업환경개선을 위한 대책을 제시하고, 우리나라의 허용기준에 대한 적정성을 검토하는데 필요한 자료를 제시하고자 함에 그 목적이 있다.

2. 허용기준의 비교

2.1. 위험물질의 허용기준

본 연구에서 검토된 작업환경 위험물질인 포름알데히드와 목재분진에 대하여 한국, ACGIH 및 호주의 기준을 비교하여 Table 1에 나타내었다. Table 1에 나타낸 목재분진에 대한 기준을 비교하면 대체로 유사하나 ACGIH에서는 밤나무나 참나무와 같은 경질목재는 확실한 발암성물질인 A1으로 규정하고 있고, 연질목재에 대한 허용기준을 다른 나라의 STEL 대신에 Ceiling 기준으로 규정하고 있는 것은 보다 강화되어 있다는 것을 의미한다. 포름알데히드의 경우에는 ACGIH의 기준이 최고치 0.3ppm(0.37mg/m³)로서 발암성물질 A2로 규정하고 있고, 호주도 역시 발암성 2급으로 규정하고 있는 것은 한국기준보다 모두 강화된 기준으로서 이에 대한 관련 연구가 많이 수행되고 있음을 알 수 있다. 이와 같이 공장에서 취급되고 있는 물질이 발암성 물질이라고 하는 사실은 근로자의 감수성이나 개인차이에 의한 잠재적

Table 1. Comparison of exposure criteria on hazardous materials⁵⁻⁷⁾

	Wood dust		Formaldehyde. CAS NO. 50-00-0
Korea	hard wood	TWA 1 mg/m ³	TWA 1ppm(1.5mg/m ³) STEL 2ppm(3mg/m ³)
	soft wood	TWA 5mg/m ³ STEL 10 mg/m ³	
ACGIH	hard wood	TWA 1 mg/m ³ , A1	Ceiling 0.3ppm(0.37mg/m ³), A2
	soft wood	TWA 5mg/m ³ Ceiling 10 mg/m ³	
Australia	hard wood	TWA 1 mg/m ³	TWA 1ppm(1.2mg/m ³) STEL 2ppm(2.5mg/m ³), 2
	soft wood	TWA 5mg/m ³ STEL 10 mg/m ³	

주 1. A1: Confirmed human carcinogen, A2 or 2 : Suspected human carcinogen

인 위험성을 고려할 때 근로자들이 알아야 할 권리를 사업주나 정부에서 충분히 제공하지 못하고 있음을 의미한다.

2.2. 소음의 허용기준

물리적 인자인 소음의 허용기준을 Table 2에 비교하였으며, 한국은 하루 8시간의 정상적인 근무시간만을 대상으로 규정하였고, 노출기준도 90 dB(A)에서 115dB(A)까지로 아주 높게 그리고 간단히 제시하였다. 이것은 근로자들이 야간근무나 추가근무를 하는 경우와 24시간의 철야근무를 하였을 경우에 대한 피로의 누적도 등은 전혀 고려하지 않은 것으로 조속히 이에 대한 대책이 필요하다.

ACGIH에서는 소음의 허용기준을 반복적으로 노출되어도 청취와 대화수행에 영향을 주지 않는 소음압력기준과 폭로시간에 대한 기준으로 제시하였으며, 24시간까지 연속적인 근무를 할 수 있다는 전제하에서 최저 80dB(A)에서 최고 94dB(A)까지 허용하였으며, 정상 8시간근무에 대한 기준도 한국에 비해 5dB(A)이나 낮다. ACGIH에서는 3000Hz와 4000Hz같은 고주파에서도 청력손실을 예방할 수 있고, 근로자의 반이 평균 0.5, 1, 2와 3kHz조건에서 40년을 근무한 후에 2dB(A)의 청력손실을 예방할 수 있다고 전제하였다. 폭로시간에 대한 기준도 한번의 연속노출이나 여러 번의 단기 노출에 상관하지 않고 하루에 노출된 시간의 총합이라고 명확하게 나타내었으며, 만약에 하루의 소음폭로가 2회 이상의 서로 다른 수준의 소음폭로의 합으로 구성되면 그 결합효과가 각각의 효과보다 크다고 간주하며, 만약 각 분율의 합이 1을 초과하면, 혼합된 폭로는 폭로수준에서 허용기준을 초과하였음을 나타낸다.

Table 2. Comparison of noise exposure criteria⁵⁻⁷⁾

Korea	1. 90dB(A) as LAeq 8hr 2. Maximum noise pressure : 140dB(A)
ACGIH	1. 85dB(A) as LAeq 8hr 2. Maximum noise pressure : 140 dB(A)
Australia	1. 85dB(A) as LAeq 8hr 2. Peak sound pressure level : 140dB as Lpeak

이것은 모든 80dB(A) 이상의 노출작업에 대한 계산법이며, 최소 3초 이상의 확고한 소음노출에 사용되며, 소음 교환율이 3dB(A)이고 8시간 기준 85dB(A)로서 표시된 것이 100% 이상이면 그 한계는 초과된다.

$$C_1/T_1 + C_2/T_2 + \dots + C_n/T_n$$

남 호주의 산업안전복지규정(Division 2.10 Noise)에서 제시하는 소음폭로기준은 8시간 가중소음 수준(LAeq 8hr)이 85dB(A)이고 소음의 가중 최고치(Lc.peak)는 140dB(A)을 규정하고 있으므로 ACGIH와 유사하고, 공정설계자, 제품공급자 및 수입자들에게 요구하는 조건도 역시 같은 기준이 적용되어지고 있다. 특히 작업장 주변의 환경소음측정에 대한 기준치도 규정하고 있을 뿐만 아니라 소음보호장구에 관한 호주기준(AS/NZS1269.3)⁸⁾은 소음의 보호등급과 Sound level conversion 80(SLC80)의 관련 특성을 잘 나타내고 있다.

3. 실험

3.1. 호흡성 목재분진

호흡성 분진의 개인폭로에 대한 시료채취는 안면에 착용하는 개방형 IOM헤드와 공기시료 채취용 펌프(SK : Model 224-PCX R3)를 사용하였다. 유량은 2L/min로서 시료 채취 전과 후에 교정용 로타 메타를 사용하여 교정하였다. 이 때 사용된 멤브레인 여과지(Type DM-800, 25mm, 0.8µm)는 무게를 측정하기 24시간 전에 항온이 되도록 하였고, 분진농도는 여과지의 중량으로부터 계산하였다^{9,10)}.

3.2. 포름알데히드

포름알데히드에 대한 시간가중평균농도(TWA ; time weighted average concentration)의 측정은 Levin(1988)이 제시한 수동식 시료채취방법(passive sampling method)¹¹⁾에 의해 수행되었다. 이 시료의 채취를 위

하여 Whatman SG81에 산성화 된 2,4 dinitrophenyl hydrazine을 침적시킨 실리카 겔 여과지를 사용하였으며 이것은 포집과 유도매체로 활용되었다. 또 공기중의 부유하는 물질을 포집하기 위한 능동식 시료채취방법(active sampling method)은 시료채취용 SKC 펌프(Model 224-PCX R3)를 사용하였으며, 이 채취용 뺏지내부에는 포집층이 있으며 효과적인 시료채취를 위하여 그 유속을 1L/min으로 하였다.

수동식 채취방법은 두 부분으로 나누어 지는데 한 부분은 대기에 노출시키지 않고 기준으로 사용되는 부분이고, 다른 부분은 뚜껑을 제거하고 대기에 노출시켜 포름알데히드를 포집하는 방법으로서 유효한 시료 채취율은 28.6mL/min이다.

유리섬유에 침적된 2,4 dinitrophenyl hydrazine을 시료병에 넣은 후에 하이드라진 생성물과 미반응의 하이드라진을 용해시키기 위하여 일정량의 아크릴로 니트릴을 주입하고 잘 흔들어서 용해되면 여과하여 HPLC로서 분석하는 방법¹²⁾이다.

사업장 주변의 일반거주지역에 대한 포름알데히드 노출을 측정하기 위하여 Active Supelco(LPDN PHS10, SKC-226-119 silica gel) 카트리지가 부착된 시료채취 펌프(Gilian, USA, Model HFS S 513 A)를 사용하였으며 유량 0.8L/min로 채취하였다. 이 유량계도 시료채취전과 후에 교정용 로타메타를 사용하여 교정하였다.

3.3. 소음 측정

3.3.1. 음향측정장치(Sound Level Measurement Equipment)

소음에 대한 개인폭로량은 소음측정 뺏지(Casella CEL-350 Noise Dose Badge)을 사용하였으며, 위치폭로의 측정은 소음계(Larson-Davis Model 710 Dosimeter)로서 행하였다. 각각에 대한 판독은 LC.peak가 나타나지 않는 소음계로서 1분간 수행하였다. 이 소음계는 사용전과 후에 교정기(Larson-Davis Model CA250)로서 교정하였고, 소음측정뺏지도 사용하기 전과 후에 음향교정기(CEL-110/2 Acoustic Calibrator)로서 교정하였다.

3.3.2. 환경소음측정장치(Environmental Noise level Equipment)

주간과 야간의 작업 중 공장(Factory A & B)주변의 거주지에 대한 소음측정치의 비교를 위해 환경소음측정이 이루어졌으며, 소음계(Larson-Davis Model

710 Dosimeter Meter)로서 4분에서 10분간 dB(A)로 측정하였으며, 역시 측정하기 전과 후에 교정기(Larson-Davis model CA250)로서 교정하였다.

4. 결과 및 분석

4.1. 포름알데히드 폭로

포름알데히드 폭로에 대한 측정결과를 Table 3, 4, 5에 가중평균농도(TWA 8hr)로 나타내었다. Table 3에 나타낸 개인폭로에 의한 결과는 허용기준치 1 ppm보다 높지는 않았으나, 개인폭로가 가장 심한 근로자는 멜라민수지(melamine resin)로 된 접착제를 처리하는 운전원(treater operator)으로 확인되었고, 그 폭로의 원인은 멜라민수지에 포름알데히드가 많이 포함되어 있기 때문인 것으로 예측된다.

Table 4에는 위치폭로에 대한 측정결과를, Table 5에는 작업장 주변의 환경폭로에 대한 결과를 나타낸 것으로 역시 허용기준을 초과하지는 않았다. 특

히 위치폭로는 아교접착제의 혼합기(PB 4)와 포장 공정(Lam 2) 등에서 높은 폭로값을 나타내었다. 그리고 이러한 기계들의 주변에 있는 분진을 청소하거나, 기계들의 고장때문에 공정을 정지하였을 때와 포장과정에서 주로 방출되었으며 보호장구가 공정내부에 잘 비치되어 있음에도 불구하고 근로자들은 보호구를 착용하고 있지 않았다. 이와 같이 기계와 바닥을 청소하거나, 기계의 고장으로 장치를 정지하는 경우에는 순간적인 폭로의 가능성이 높을 뿐만 아니라 미국의 ACGIH에서는 포름알데히드를 A2에 해당하는 발암성물질로 예측하고 있기 때문에 운전자들은 적절한 보호구를 착용할 필요가 있다.

Table 5에 나타낸 사업장 주변의 폭로상태를 보면 한 곳에서만 발견되었으며, 이것은 공장측에서 바람이 불어올 때에 감지된 것이었고, 다른 곳에서는 포름알데히드의 폭로가 특별히 감지되지는 않았다. 따라서 작업장주변의 포름알데히드의 폭로량은 그렇게 높지는 않은 것으로 보인다.

Table 3. Personal exposure monitoring result of formaldehyde concentrations in breathing zone

Operator	Start/End time (Total: mins)	Average Con. (ppm)	Comments/Observations
Holzma operator	07:55-14:52 (417min)	0.064	No respirator worn
Prod spreader operator	09:55-15:47 (352min)	0.084	No respirator worn
Lam1-3 packer	13:00-15:58 (178min)	0.125	No respirator worn
Treater operator	21:50-07:50 (600min)	0.259	No respirator worn, Stayed over night to operate the treater. Cleaning the floor after shift
Forklift driver	09:10-15:53 (413min)	0.094	No respirator worn
Lam 1 operator	09:21-15:50 (389min)	0.071	No respirator worn
Lam 2 operator	09:23-15:57 (394min)	0.075	No respirator worn
Lam 3 operator	09:18-15:52 (394min)	0.077	No respirator worn
PB 1 operator	09:40-15:47 (367min)	0.122	No respirator worn. Dust released from the machinery
PB 3 operator	09:43-15:43 (360min)	0.127	No respirator worn. Failure of the machinery
MGPB 4 operator	10:28-14:46 (258min)	0.129	No respirator worn. Making up glue (4 times) Cleaning dusts on the machinery. Taking samples
MGPB 2 operator	11:12-15:10 (298min)	0.090	Not often use respirator

Table 4. Static exposure monitoring result of formaldehyde concentrations

Monitoring location	Start/End time (Total: mins)	Average Con. (ppm)	Comments/Observations
Lam 2 gate	10:25-21:20 (655min)	0.145	-
Lam 3 gate (G block)	10:20-21:15 (655min)	0.012	-
Glue blending PB2	10:58-15:30 (272min)	0.063	Glue spillage on the mixer and the floor
Glue blending PB	10:55-15:28 (273min)	0.104	Glue spillage on the mixer and the floor
PB 2 press	11:00-15:04 (244min)	0.055	-
PB 4 press	10:50-15:18 (268min)	0.021	-

Table 5. Ambient exposure monitoring result of formaldehyde concentrations around Factory A

Monitoring location	Start/End time (Total : mins)	Average Con.(ppm)	Comments/ Observations
North East of Factory	08:22-12:22 (240min)	<LOD*	Wind direction : SE → NW
South East of Factory	08:30-12:30 (240min)	<LOD	
South West of Factory	08:42-12:42 (240min)	<LOD	
North West of Factory	08:50-12:50 (240min)	0.007	

* LOD (Limit of Detection): 0.05ppm

4.2. 분진 폭로

호흡성 분진에 대한 개인폭로 및 위치폭로의 측정 결과를 Table 6, 7에 나타내었으나 허용기준보다 높은 결과는 나타나지 않았다. 접착제 혼합기(PB3) 등의 장치는 하루 종일 운전되지는 않았으나, 분진은 대부분의 기계부속품 주변에 쌓여 있었고, 다른 혼합기 PB1과 PB3의 제어판넬 위에는 국소배기시설이 설치되어 있었다. 그러나 연기시험식(smoke tube testing)방법으로 시험한 결과에 의하면, 시스템 자체의 폐쇄로 공기의 흐름이 충분하지 않았고, PB1과

PB3 주변의 또 다른 배기시설은 닫혀진 상태로 배기되지 않았다.

위치폭로를 측정할 여러개의 블록 B, C, D, E, G와 H 작업장에서는 최소 분진 수준인 것으로 나타났다. 유기용제 혼합실이나 Hogger작업실의 분진 농도가 대체로 높은 값을 나타내었다. 그러나 발생된 분진은 기계에서 나오는 압축공기에 의해 방출되었다. 바람이 불 때에는 건물주변에도 상당한 분진이 날리고 있었으며, 호흡보호구(P1급: 일반적으로 10 마이크론 이상의 먼지나 분진제거용)들도 공장 내에 잘 보관되어 있었으나 근무자들은 아무도 보호구를 착용하지 않았다.

이와 같이 분진이 폭로되는 공정에서 허용기준치를 초과하지는 않았으나 공정 전체에 분진이 부유하거나 퇴적되어 있기 때문에 언제든지 다량 노출되어 폭로량이 증가할 가능성이 있고, 미국 ACGIH기준에 의하면 경질목재는 A1에 해당하는 확실한 발암성물질로 규정하고 있기 때문에 보호구착용과 분진제거장치는 절대적으로 필요하다. 이러한 분진제

Table 6. Personal exposure monitoring result of inspirable dust concentrations

Operator	Start/End Time (Total: mins)	Dust Con. (mg/m ³)	Comments/Observations
Packing operator	08:05-13:08 (303min)	0.33	No respirator worn
DET packer	16:15-21:41 (326min)	0.51	No respirator worn
Sender operator	09:30-15:31 (361min)	0.37	No respirator worn
Press operator	09:52-17:43 (471min)	0.35	No respirator worn
Spreader operator	09:58-17:48 (470min)	0.48	No respirator worn during the operation and cleaning up. Failure of the spreader. Significant dust on the motor and floor.
MGPB 4 operator	10:25-14:41 (256min)	0.47	No respirator worn
Sender operator	11:15-14:48 (213min)	0.92	No respirator worn mostly

Table 7. Static exposure monitoring result of inspirable dust concentrations

Monitoring location	Start/End Time (Total: mins)	Dust Con. (mg/m ³)	Comments / Observations
Block G	10:40-21:11 (631min)	0.19	Dust released by compressed air
Treater block	10:50-18:27 (457min)	0.25	-
Press	10:05-21:25 (680min)	0.13	-
Saw room	15:29-19:29 (240min)	0.85	Dust released during sawing
Organic B/room	11:00-15:10 (250min)	1.03	No sufficient air movement. No local duct system
WESP; near chemical storage.	11:20-18:15 (415min)	0.20	-
Wehner X Feed	11:23-14:52 (209min)	0.55	-
Hogger operation room	11:30-14:58 (208min)	1.25	Significant dust from the operation. Dust and wood chips released from the chip preparation building across the Hogger operation room (strong wind E→W)
Arsm room	11:36-15:00 (204min)	0.82	Dust released between PAL shaker and bag house

Table 8. Monitoring result of personal noise exposure

Operator	Start/End Time (Total : mins)	Average noise exposure dB(A)	Peak noise exposure dB(C)	Hearing protection worn	Comments/Observations
Holzma operator	08:00-14:52 (412min)	88.9	134.3	Wore EAR	Radio sound. Hammering to clean up. Sawing timber
Sender operator	09:33-15:33 (360min)	86.6	138.9	Wore EAR	Radio, conveyor system Compressed air from the machinery
Lam1-3 packer	11:00-15:00 (240min)	85.9	130.0	Wore EAR	Radio, dropping damaged board
Hogger operator	11:32-14:55 (203min)	94.0	141.3	No hearing protection worn	Loading wood chips and particles, vibration of Hogger

-EAR : Ear plug, Orange & Green color, Soft, Super fit, SLC80-23,Class4
 -PELTOR : Ear muff, Black color, H7A, Class 5

거를 효과적으로 수행하기 위하여는 첫째, 진공장치를 이용하는 것이 압축공기로 제거하는 방법보다 바람직한 것으로 예측되며 둘째, 분진제거형태는 고정식이나 수동조작이 가능한 분진 주머니 등을 사용할 수 있고 셋째, 보호구착용 및 관련기기의 조작을 위한 철저한 사전교육이 필요할 것이다.

4.3. 소음 폭로

4.3.1. 개인 및 작업환경의 폭로

Table 8은 공정에서 근무하는 근로자에게 폭로되는 소음의 개인폭로를 측정된 결과이며 Table 9는 공정에서 운전되는 중요한 설비에 대한 위치폭로를 측정된 결과이다. 소음의 발생형태는 기계들의 작동 기능에 따라 주기적으로 상당한 차이를 나타내었

나, 대체적으로 공정의 운전시에는 많은 소음을 발생하고 있으며, 특히 높은 소음의 발생은 톱질작업, 공기압축기 및 합판가장자리의 마무리 작업(Strip process) 등에 의하여 발생되었으며, 특히 마무리 작업 주변에는 분진과 소음이 함께 발생되었다.

Table 8에 나타낸 근로자의 개인폭로의 값은 모두 허용치[85dB(A) as LAeq 8hr]를 초과한 상태로 판명되었으며, 특히 Hogger 작업자의 경우는 최고 94dB(A) as LAeq 8hr까지 폭로되었고, 충격소음까지도 허용기준치를 초과하였음에도 보호장구를 착용하지 않은 근로자가 발견되었으며 이러한 현상은 큰 문제점으로 지적된다. Table 9에 나타낸 위치폭로의 경우도 대부분이 허용기준치를 초과하였으며, 특히 압축공기를 사용하는 작업장에서는 대단히 높

Table 9. Monitoring result of static noise exposure

Monitoring location	Start/End Time (Total: mins)	Average noise exposure dB(A)	UWPK*	Comments / Observations
Homag 1	13:40-13:44 (4min)	91.0		Compressed air released from the machinery
DET(cutting room)	17:30-17:40 (10min)	91.1	112.0	Compresses air re-released from air duct system and air pumps. The strip feeder
DET (around the machinery)	17:40-18:00(20min)	89.0	-	Next to the strip feeder
		83.4	-	Around the DET
		87.4	-	Next to the air compressor
Block G	12:50-12:57 (7min)	83.0	-	Turn off the radio
		87.7	-	Turn on the radio
MGML 2(grading station)	13:00-13:03 (3min)	72.1	-	
Spreaders	13:15-13:20 (5min)	87.6	-	Radio, compressed air released from the machinery and the lid of machine was opened
Press	13:30-13:33 (3min)	80.9	-	
PB 2 Loading trays/cage	13:10-13:20 (10min)	82.8	115.0	Deliver trays (foaming line). Compressed air.
Outside Wehner saw cab	13:25-13:29 (4min)	101.7	117.6	Sawing & motor sound, compressed air released from the machinery
Sander between 2 heads	13:45-13:51 (6min)	94.1	112.0	Compressed air released from the two heads

* UWPK: Un-Weighted Peak, Detect more than 110 dB(A).

Table 10(b). Monitoring result of environmental noise exposure around Factory A(Night shift).

Monitoring location	Start/End Time (Total :mins)	Average noise exposure dB(A)	UWPK*	Minimum level#	Comments/Observations
# 1	23:47-00:00 (10min)	60.4	-	58.8	No traffic. Wind blowing in short term
# 2	00:01-00:11 (10min)	64.6	-	59.6	No traffic. Wind blowing in short term
# 3	00:12-00:22 (10min)	65.6	-	65.1	No traffic. Wind blowing in short term
# 4	00:23-00:33 10min)	64.0	-	63.1	No traffic. Wind blowing in short term
# 5	23:10-23:21 10min)	50.6	-	50.0	Avoid traffic. Watering on lawn
# 6	21:55-22:07 10min)	49.7	-	48.9	No traffic
# 7	22:59-23:09 10min)	45.5	-	42.3	No traffic
# 8	22:48-22:58 10min)	39.8	-	38.7	No traffic
# 9	22:25-22:35 10min)	39.6	-	37.4	No traffic. Forklift beep from the site. Shutting roller door.
# 10	22:37-22:47 10min)	38.6	-	37.1	No traffic
# 11	22:10-22:22 10min)	45.0	-	41.0	No traffic. Forklift beep from the site.
# 12	23:34-23:46 10min)	53.6	-	51.3	Avoid traffic. Wind blowing in short term.
# 13	23:23-23:33 10min)	52.9	-	50.4	No traffic. Wind blowing in short term.
# 14	00:45-00:55 10min)	44.8	-	34.7	No traffic. Wind blowing in short term

Minimum level of noise is the lowest level which can possibly be a background noise level

* UWPK : Un-Weighted Peak, Detect more than 110dB(A)

Table 11(a). Monitoring result of environmental noise exposure levels around Factory B (Day shift)

Monitoring location	Start/End Time (Total :mins)	Average noise exposure dB(A)	UWPK*	Minimum level#	Comments/ Observations
# 1	14:02-14:08 (6min)	54.1	-	50.8	No traffic
# 2	14:10-14:14 (4min)	76.7	-	68.1	Approx. 13 vehicles near factory
# 3	14:15-14:25 (4min)	62.4	-	56.6	Avoid traffic. Heavy vehicle, grab loader and forklift beep sound from the site. Compressed air sound from the site
# 4	14:27-14:36 (5min)	61.0	-	57.7	Avoid traffic. Heavy truck and forklift beep from the site. Compressed air sound from the site.

Table 11(b). Monitoring result of environmental noise exposure levels around Factory B(Night shift)

Monitoring location	Start/End Time (Total :mins)	Average noise exposure dB(A)	UWPK*	Minimum level#	Comments/Observations
# 1	22:03-22:14 (10min)	58.3	-	55.8	Avoid traffic. Forklift beep from the site
# 2	22:17-22:30 (10min)	60.6	-	57.9	Avoid traffic. Compressed air sound from the site. Pedestrian crossing beep due to failure of the system.
# 3	22:32-22:45 (10min)	50.8	-	48.4	Avoid traffic. Compressed air sound from the site. Forklift beep from the site. Traffic noise near factory.
# 4	22:46-23:00 (10min)	54.0	-	51.6	Avoid traffic. Compressed air sound from the site. Heavy vehicle, grab loader and forklift beep sound from the site.

Minimum level of noise is the lowest level which can possibly be a background noise level

* UWPK : Un-Weighted Peak, Detect more than 110dB(A)

5. 결 론

목재판넬을 제조하는 공정에서 발생하는 오염물

질 중에서 포름알데히드, 목재분진과 물리적 인자인 소음에 대한 개인폭로와 위치폭로를 측정하여 분석, 평가함으로써 공정의 작업환경을 개선하기 위한 대

책을 제시하고자 하였으며 아울러 관련 허용기준을 비교, 검토한 결과는 다음과 같다.

1) 포름알데히드의 노출상태는 허용기준치를 초과하지는 않았지만 목재를 가공할 때 사용하는 접착제의 혼합작업과 포장과정에서 주로 방출되거나, 작업장 주변에 접착제가 흩어져 있기 때문이므로 이들에 대한 방지대책과 철저한 보호장구의 착용이 필수적이다.

2) 분진의 노출상태도 허용기준치를 초과하지는 않았으나 공정 전체에 부유하거나 퇴적되어 있는 분진 때문에 언제든지 분진노출이 증가할 가능성이 있으므로 분진제거를 효과적으로 하기 위하여는 진공장치를 이용하는 것이 압축공기를 이용하는 제거 방법보다 바람직하다.

3) 소음에 대한 노출상태는 대부분이 허용기준을 초과하였으며, 특히 Hogger작업자의 경우는 최고 94dB(A) as LAeq 8hr까지 폭로되었으며, 충격소음까지도 허용기준치를 초과하였음에도 보호장구를 착용하지 않는 근로자가 발견되었다. 따라서 공정내부의 소음환경관리를 위하여는 보다 정확한 모니터링과 발생원에 대한 격리나 밀폐 등과 같은 적극적인 관리가 필요하다.

4) 위험물질에 대한 한국의 허용기준을 ACGIH나 호주기준과 비교하면 대체적으로 높은 기준으로 되어 있을 뿐만 아니라, 발암특성에 대한 검토가 누락되어 있기 때문에 근로자 보호측면에서 조속히 보완되어야 하며, 정상 8시간 근무에 대한 기준 뿐만 아니라 추가근무, 야간근무를 포함하여 24시간 근무가능성에 대한 부분까지도 검토되어야 한다.

5) 사업장의 공정주변의 환경에 대한 소음의 영향을 고려한 관리기준이 법제화되어야 할 것이며, 주변의 일반 거주지에 대한 소음방지기술과 대책을 강화하는 방안이 고려되어야 할 것이다.

참고문헌

- 1) Pisaniello, D. L., Gun, R. T., Tkaczuk, M. N., Scgulz, M. R., and Stevens, M. W., Nasal Cytology in Australian Furniture Woodworkers, *Aus. J Otology*, 2(2), 137~141, 1995.
- 2) 박희련, 이내우, 김성빈, 디노 피사니엘로, 목재분진의 독성에 의한 환경혼몬적 특성연구, *한국산업위생학회지*, 10(2), 2000.
- 3) 이수길, 이내우, 디노 피사니엘로, 가구산업에 사용되는 이소시아나화물 폭로에 대한 평가, *한국안전학회지*, 21(2), 138~142, 2006.
- 4) 임종욱, 가구공장의 목재분진 폭로에 관한 연구, *부경대학교 대학원 석사논문*, 2001.
- 5) ACGIH, Threshold Limit Values for Chemicals Substances and Physical Agents, Biological Exposure Indices, America, 2006.
- 6) Exposure Standards as listed in the NOHSC(National Occupational Health and Safety Commission), Australia, 1995.
- 7) 노동부, 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(노동부 고시 제97-65호), 1998.
- 8) Australian/New Zealand Standard, Occupational noise management, AS/NTS 1269.3:1998, Part 3: Hearing protector program.
- 9) Australian Standard 3640, Workplace atmosphere Method for sampling and gravimetric determination of inhalable dust, Australian, 2004.
- 10) Australian Standard 2985, Workplace atmosphere Method for sampling and gravimetric determination of respirable dust, Australian, 2004.
- 11) 3M Brand, Organic Vapor Monitor, AIHA Accredited, 1986.
- 12) OSHA, Analytical Methods Manual, Second edition, Part 1 Organic Substance, Volume 3, U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration, 1990.